Lista de Exercícios

Força e movimento I

Problema 1 (Fundamentos de física - Halliday e Resnick . Vol.1, 9^a Ed.,Cap. 5, p. 112, Prob. 10)
Uma partícula de 0,150 kg se move ao longo de um eixo x de acordo com a equação $x(t) = -13,00 + 2,00t + 4,00t^2 - 3,00t^3$, com x em metros e t em segundos. Qual é, na notação dos vetores unitários, a força que age sobre a partícula no instante $t = 3,40\,s$?

Resolução P1:

Primeiramente vamos extrair os dados que o enunciado da questão nos dá.

$m_p = 0,150\,kg \Rightarrow$ massa da partícula
$x(t) = -13,00 + 2,00t + 4,00t^2 - 3,00t^3 \Rightarrow$ função da posição em relação ao tempo
$t = 3,40\,s \Rightarrow$ instante pedido

Precisamos lembrar que a aceleração é igual a derivada segunda da função da posição, ou seja:

$$a = \frac{d^2x}{dt^2}$$

Como temos a função da posição basta derivarmos duas vezes para que encontremos a aceleração a.
Derivando uma vez:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}\left(-13,00 + 2,00t + 4,00t^2 - 3,00t^3\right)$$

$$\frac{dx}{dt} = 2,00 + 2 \cdot 4,00t - 3 \cdot 3,00t^2$$

$$\frac{dx}{dt} = 2,00 + 8,00t - 9,00t^2$$

Derivando pela segunda vez:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{d}{dt}\left(2,00 + 8,00t - 9,00t^2\right)$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = 8,00 - 18,00t$$

Logo:

$$a(t) = 8,00 - 18,00t$$

Agora vamos encontrar a aceleração a para $t = 3,40\,s$. Basta substituir o valor de t na expressão que acabamos de encontrar para a.

$$a(3,40\,s) = 8,00 - 18,00 \cdot 3,40$$

$$a(3,40\,s) = -53,2\,m/s^2$$

O enunciado nos diz que a partícula se move ao longo do eixo x, logo nossa aceleração em termos dos vetores unitários no instante $t = 3,40\,s$, fica:

$$\vec{a} = \left(-53,2\,m/s^2\right)\,\hat{\imath}$$

Para encontrar a força que atua na partícula no instante ($t = 3,40\,s$), devemos aplicar a 2ª Lei de Newton na forma vetorial.

$$\vec{F}_{res} = m_p \cdot \vec{a}$$

$$\vec{F}_{res} = 0,150\,kg \cdot (-53,2\,m/s)\,\hat{\imath}$$
$$\vec{F}_{res} = (-7,98\,N)\,\hat{\imath}$$

Problema 2 (Fundamentos de física - Halliday e Resnick . Vol.1, 9^a Ed.,Cap. 5, p. 119, Prob. 79)
Uma certa partícula tem um peso de 22 N em um local onde $g = 9,8m/s^2$. Quais são (a) o peso e (b) a massa da partícula em um local onde $g = 4,9m/s^2$? Quais são (c) o peso e (d) a massa da partícula se a ela é deslocada para um ponto do espaço sideral onde $g = 0$?

Resolução P2:

(a) Sabemos que $P = m \cdot g$, então a massa da partícula é:

$$m = P/g = (22N)/(9,8m/s^2) = 2,2kg.$$

Em um local onde a aceleração gravitacional é $g' = 4,9m/s^2$, a massa continua a ser $2,2kg$, mas o peso passa a ser:

$$P' = mg' = (2,2kg)(4,0m/s^2) = 11N.$$

(b)A massa não muda, portanto $m = 2,2kg$.

(c) Se $g = 0$, o peso é zero.

(d) $m = 2,2kg$.

Problema 3 (Fundamentos de física - Halliday e Resnick . Vol.1, 9^a Ed.,Cap. 5, p. 119, Prob. 81)
Uma espaçonave decola verticalmente da Lua, onde $g = 1,6m/s^2$. Se a nave tem uma aceleração vertical para cima de $1,0m/s^2$ no instante da decolagem, qual é o módulo da força exercida pela nave sobre o piloto, que pesa $735N$ na Terra?

Resolução P3:

A massa do piloto é $m = \frac{735}{9{,}8} = 75kg$. Considerando uma força $\vec{F}$ que a nave exerce sobre o piloto (através do assento) e escolhendo o sentido positivo da trajetória como sentido Norte do eixo y , a Segunda Lei de Newton nos dá:

$$F - mg_{Lua} = ma => F = (75kg)(1,6m/s^2 + 1,0m/s^2) = 195N.$$

Problema 4 (Fundamentos de física - Halliday e Resnick . Vol.1, 9^a Ed.,ap. 5, p. 113, Prob. 17)
Na figura a seguir, 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.

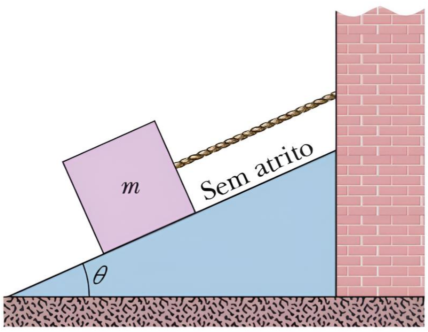

Figura 1: Autor

Resolução P4:

Para resolver o problema, faremos um diagrama para identificar as forças que agem sobre o sistema e em seguida podemos aplicar a segunda lei de Newton.

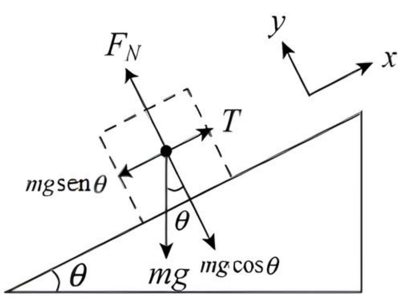

Figura 2: Diagrama de forças que agem no bloco

Como o bloco está preso à uma parede, a aceleração é zero. Aplicando a segunda lei de Newton, temos:

$$T - mgsen\theta = 0$$
$$F_N - mgcos\theta = 0$$

em que T é a força de tração da corda e F_N é a força normal.

(a) A primeira equação nos dá:

$$T = mgsen\theta = (8,5\ kg)(9,8\ m/s^2)sen30° = 42\ N$$

(b) A segunda equação nos dá:

$$F_N = mgcos\theta = (9,8\ m/s^2)cos30° = 72\ N$$

(c) Quando a corda é cortada, ela deixa de execer uma força sobre o bloco, e o bloco começa a escorregar. Como a componente x da segunda lei de Newton passa a ser $-mgsen\theta = ma$, a aceleração do bloco é dada por:

$$a = -gsen\theta = -(9,8\ m/s^2)sen30° = -4,9\ m/s^2$$

O sinal negativo apenas mostra que o sentido da aceleração é para baixo.

Problema 5 (Fundamentos de física - Halliday e Resnick . Vol.1, 9^a Ed.,Cap. 5, p. 115, Prob. 35)
A velocidade de uma partícula de 3,00 kg é dada por $\vec{v} = (8,00t\hat{\imath} + 3,00t^2\hat{\jmath}$ m/s, com o tempo t em segundos. No instante em que a força resultante que aage sobre a partícula tem um módulo de 35,0 N, quais são as orientações (em relação ao sentido positivo do eixo x) (a) da força resultante e (b) do movimento da partícula?

Resolução P5:

Podemos calcular a aceleração a partir da velocidade, usando a derivada.

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d}{dt}(8,00t\ \hat{\imath} + 3,00t^2\ \hat{\jmath})m/s = (8,00\ \hat{\imath} + 6,00t\ \hat{\jmath})m/s^2.$$

(a) O módulo da força que age sobre a partícula é:

$$F = ma = m|\vec{a}| = (3,00)\sqrt{(8,00)^2 + (6,00t)^2} = (3,00)\sqrt{64,0 + 36,0t^2}\ N.$$

Assim, $F = 35,0N$ corresponde a $t = 1,415\ s$ e o vetor aceleração nesse instante será:

$$\vec{a} = [8,00\ \hat{\imath} + 6,00(1,415)\ \hat{\jmath}]m/s^2 = (8,00\ m/s^2)\hat{\imath} + (8,49\ m/s^2)\hat{\jmath}.$$

O ângulo que o vetor $\vec{a}$ faz com o semieixo x positivo é:

$$\theta_a = tg^{-1}(\frac{a_y}{a_x}) = tg^{-1}(\frac{8,49\ m/^2}{8,00\ m/s^2}) = 47,7°.$$

(b) O vetor velocidade no instante $t = 1,415\ s$ é:

$$\vec{v} = [8,00(1,415)\hat{i} + 3,00(1,415)^2\hat{j}]m/s = (11,3\ m/s)\hat{i} + (6,01\ m/s)\hat{j}.$$

O ângulo que o vetor $\vec{v}$ faz com o semieixo x positivo será:

$$\theta_v = tg^{-1}(\frac{v_y}{v_x}) = tg{-}1(\frac{6,01\ m/s}{11,3\ m/s}) = 28,0°.$$

Força e movimento II

Problema 6 (Fundamentos de física - Halliday e Resnick . Vol.1, 9^a Ed.,Cap. 6, p. 137, Prob. 27)
O bloco A da Fig. 3 pesa 102 N e o bloco B pesa 32 N. Os coeficientes de atrito entre A e a rampa são $\mu_e = 0,56$ e $\mu_c = 0,25$. 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 ?

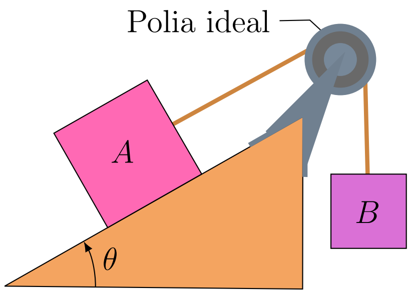

Figura 3: autor

Resolução P6:

Para resolver o problema vamos extrair os dados que o enunciado nos dá.

$P_A = 102\,N \Rightarrow$	peso do bloco A	$\mu_e = 0,56 \Rightarrow$	coeficiente de atrito estático
$P_B = 32\,N \Rightarrow$	peso do bloco B	$\mu_c = 0,25 \Rightarrow$	coeficiente de atrito cinético
		$\theta = 40° \Rightarrow$	ângulo do plano inclinado

(a) Se o bloco A está em repouso o bloco B também estará, pois estão ligados pela corda. Supondo que a força de atrito f_{at} que age em A seja para cima, vamos colocar todas as forças que agem no bloco A e no bloco B, como mostrado na figura abaixo.

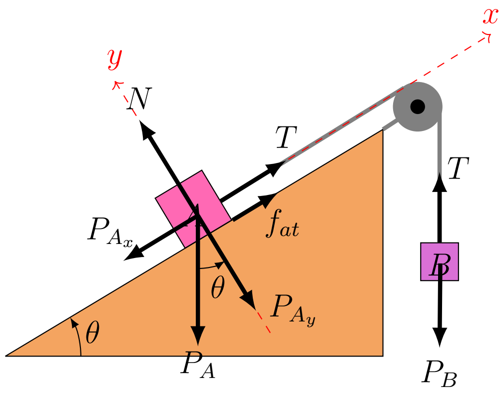

figura 4: Diagrama de forças que agem sobre os blocos A e B.

Decompondo P_A em uma componente x e outra componente y, temos:

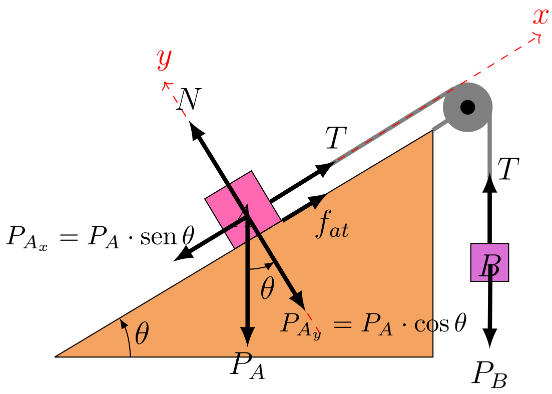

Figura 5: Diagrma de forças que agem sobre os blocos A e B.

Segundo a 1ª Lei de Newton, para que um corpo permaneça em repouso, a força resultante sobre ele deve ser nula, ou seja, $F_{res} = 0$.

- Estudando o bloco A:

Aplicando a 1ª Lei de Newton em x:

$$F_{res_x} = 0$$
$$T + f_{at} - P_{A_x} = 0, \text{ mas } P_{A_x} = P_A \cdot \operatorname{sen}\theta$$
$$T + f_{at} - P_A \cdot \operatorname{sen}\theta = 0$$
$$f_{at} = P_A \cdot \operatorname{sen}\theta - T$$
$$f_{at} = 102 \cdot \operatorname{sen} 40^\circ - T$$
$$f_{at} = 102 \cdot 0,64 - T$$
$$\boxed{f_{at} = 65,56 - T} \quad (i)$$

Aplicando a 1ª Lei de Newton em y:

$$F_{res_y} = 0$$
$$N - P_{A_y} = 0$$
$$N = P_{A_y}, \text{ mas } P_{A_y} = P_A \cdot \cos\theta$$
$$N = P_A \cdot \cos\theta$$
$$N = 102 \cdot \cos 40^\circ$$
$$N = 102 \cdot 0,76$$
$$\boxed{N = 78,13\,N} \quad (ii)$$

- Estudando obloco B.

Aplicando a 1ª Lei de Newton em B:

$$F_{res} = 0$$

$$P_B - T = 0$$

$$T = P_B \text{ , mas } P_B = 32\, N$$

$$T = 32\, N \quad (iii)$$

Substituindo (iii) em (i), temos:

$$f_{at} = 65,56 - 32$$

$$f_{at} = 33,56\ N$$

Precisamos calcular a força de atrito que age no bloco A quando ele estiver em eminência de movimento, que é chamado de força de atrito estático máxima $f_{e_{\text{máx}}}$ e pode ser calculada pela fórmula $f_{e_{\text{máx}}} = \mu_e \cdot N$, assim:

$$f_{e_{\text{máx}}} = \mu_e \cdot N$$

$$f_{e_{\text{máx}}} = 0,56 \cdot N \text{ , de } (ii) \text{ sabemos que } N = 78,13\, N$$

$$f_{e_{\text{máx}}} = 0,56 \cdot 78,13$$

$$f_{e_{\text{máx}}} = 43,75\, N$$

A força de atrito que age no bloco A (f_{at}) é menor que a força de atrito estático máxima $(f_{e_{\text{máx}}})$, logo tanto o bloco A como o bloco B permanecem em repouso. Dessa forma, a aceleração do bloco A é $a = 0$.

(b) Nesse caso como o bloco está subindo a rampa, a força de atrito que age no bloco A será contrária ao movimento do bloco. Além disso, o conjunto terá uma aceleração no mesmo sentido do movimento, tal que $a_A = a_B = a$. Analisemos a configuração das forças nos dois blocos para este caso na figura a seguir:

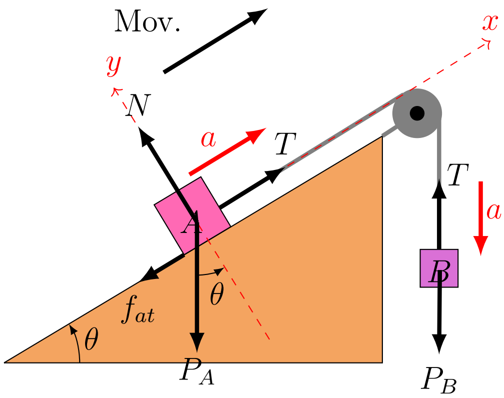

Figura 6: Diagrma de forças que agem sobre os blocos A e B.

Decompondo P_A em uma componente x e outra componente y, temos:

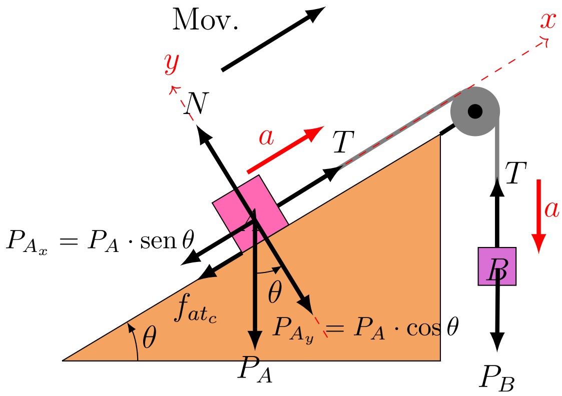

Figura 7: Diagrma de forças que agem sobre os blocos A e B.

Lembre-se que, neste caso, por está em movimento, a força de atrito que agirá em A será cinética e é calculada por $f_{at_c} = \mu_c \cdot N$.

- Estudando o bloco A.

Aplicando a 2ª Lei de Newton em x:

$$F_{res_x} = m_A \cdot a$$
$$T - P_{A_x} - f_{at_c} = m_a \cdot a$$
$$\text{mas } P_{A_x} = P_A \cdot \operatorname{sen}\theta$$
$$T - P_A \cdot \operatorname{sen}\theta - f_{at_c} = m_A \cdot a$$
$$\text{porém } f_{at_c} = \mu_c \cdot N$$
$$T - P_A \operatorname{sen}\theta - \mu_c \cdot N = m_A \cdot a$$
$$\text{mas } P_A = m_A \cdot g \Rightarrow m_A = \frac{P_A}{g}$$
$$T - P_A \cdot \operatorname{sen}\theta - \mu_c \cdot N = \frac{P_A}{g} \cdot a$$
$$\boxed{T = \frac{P_A}{g} \cdot a + P_A \cdot \operatorname{sen}\theta + \mu_c \cdot N} \quad (iv)$$

Aplicando a 2ª Lei de Newton em y:

$$F_{res_y} = m_A \cdot a_y$$
$$\text{Não há movimento em } y\text{, logo } a_y = 0$$
$$F_{res_y} = m_A \cdot 0$$
$$F_{res_y} = 0$$
$$N - P_{A_y} = 0$$
$$N = P_{A_y}$$
$$\text{mas } P_{A_y} = P_A \cdot \cos\theta$$
$$N = P_A \cdot \cos\theta$$
$$N = 102 \cdot \cos 40°$$
$$N = 102 \cdot 0,76$$
$$\boxed{N = 78,13, N} \quad (v)$$

- Estudando obloco B.
  Como o bloco A está subindo a rampa, logo B está descendo verticalmente, já que estão ligados pela corda.

Aplicando a 2ª Lei de Newton em B:

$$F_{res} = m_B \cdot a$$

$$P_B - T = m_B \cdot a \,, \text{ mas } P_B = m_B \cdot g \Rightarrow m_B = \frac{P_B}{g}$$

$$P_B - T = \frac{P_B}{g} \cdot a$$

$$T = P_B - \frac{P_B}{g} \cdot a \quad (vi)$$

Substituindo (vi) em (iv).

$$P_B - \frac{P_B}{g} \cdot a = \frac{P_A}{g} \cdot a + P_A \cdot \operatorname{sen}\theta + \mu_c \cdot N$$

$$P_B = \frac{P_A}{g} \cdot a + P_A \cdot \operatorname{sen}\theta + \mu_c \cdot N + \frac{P_B}{g} \cdot a$$

$$P_B - P_A \cdot \operatorname{sen}\theta - \mu_c \cdot N = \frac{P_A}{g} \cdot a + \frac{P_B}{g} \cdot a$$

$$\frac{P_A}{g} \cdot a + \frac{P_B}{g} \cdot a = P_B - P_A \cdot \operatorname{sen}\theta - \mu_c \cdot N$$

Colocando a em evidência, temos:

$$\left(\frac{P_A}{g} + \frac{P_B}{g}\right) \cdot a = P_B - P_A \cdot \operatorname{sen}\theta - \mu_c \cdot N$$

$$a = \frac{P_B - P_A \cdot \operatorname{sen}\theta - \mu_c \cdot N}{\frac{P_A}{g} + \frac{P_B}{g}}$$

$$a = \frac{P_B - P_A \cdot \operatorname{sen}\theta - \mu_c \cdot N}{\frac{P_A + P_B}{g}}$$

Já que conhecemos os valores de $P_B, P_A, \theta, \mu_c \, \text{e} \, N$, agora podemos substituir na epressão acima e descobrir a. Lembrando que a aceleração da gravidade é $g = 9,81 \, m/s^2$.
Vamos lá!

$$a = \frac{32 - 102 \cdot \operatorname{sen} 40^\circ - 0,25 \cdot 78,13}{\frac{102 + 32}{9,81}}$$

$$a = \frac{32 - 65,56 - 19,53}{\frac{134}{9,81}}$$

$$a = -\frac{53,09}{13,66}$$

$$a = -3,88 \, m/s^2 \approx -3,9 \, m/s^2$$

O sinal negativo significa que a aceleração tem sentido contrário a que foi adotada para os blocos A e B na figura , ou seja, a aceleração em A vai ser para baixo. Sendo assim, o vetor aceleração terá sentido oposto ao sentido positivo de x, logo:

$$\boxed{\vec{a} = (-3,9\,m/s^2)\ \hat{i}}$$

(c) Nesse último caso no qual o bloco está descendo a rampa, a força de atrito que age no bloco A será contrária ao movimento do bloco, ou seja, para cima. Como no item anterior o conjunto também terá uma aceleração no mesmo sentido do movimento dos blocos, tal que $a_A = a_B = a$. Vejamos a figura abaixo.

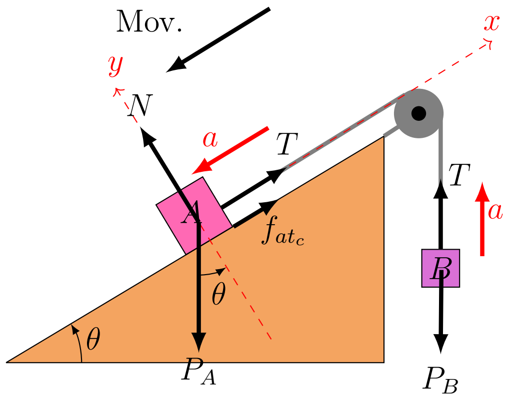

Figura 8: Diagrma de forças que agem sobre os blocos A e B.

Lembre-se que, por está em movimento, a força de atrito que agirá em A será cinética e calculada por $f_{at_c} = \mu_c \cdot N$. Agora vamos decompor P_A em uma componente x e outra componente y.

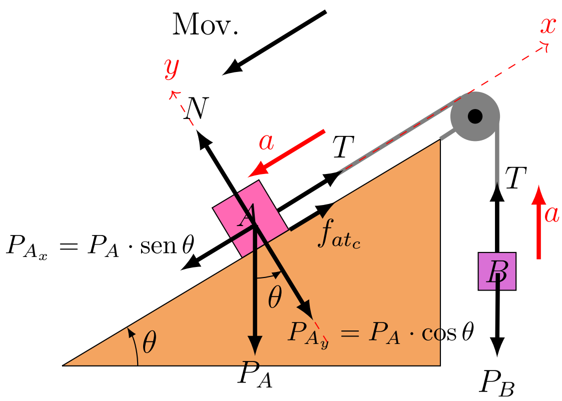

Figura 9: Diagrma de forças que agem sobre os blocos A e B.

- Estudando o bloco A.

Aplicando a 2ª Lei de Newton em x:

$$F_{res_x} = m_A \cdot a$$
$$P_{A_x} - T - f_{at_c} = m_A \cdot a$$
$$\text{mas } P_{A_x} = P_A \cdot \operatorname{sen}\theta$$
$$P_A \cdot \operatorname{sen}\theta - T - f_{at_c} = m_A \cdot a$$
$$\text{porém } f_{at_c} = \mu_c \cdot N$$
$$P_A \operatorname{sen}\theta - T - \mu_c \cdot N = m_A \cdot a$$
$$\text{mas } P_A = m_A \cdot g \Rightarrow m_A = \frac{P_A}{g}$$
$$P_A \operatorname{sen}\theta - T - \mu_c \cdot N = \frac{P_A}{g} \cdot a$$
$$P_A \operatorname{sen}\theta - \mu_c \cdot N = \frac{P_A}{g} \cdot a + T$$
$$P_A \operatorname{sen}\theta - \mu_c \cdot N - \frac{P_A}{g} \cdot a = T$$
$$\boxed{T = P_A \operatorname{sen}\theta - \mu_c \cdot N - \frac{P_A}{g} \cdot a} \quad (vii)$$

Aplicando a 2ª Lei de Newton em y:

$$F_{res_y} = m_A \cdot a_y$$
Não há movimenta em y, logo $a_y = 0$
$$F_{res_y} = m_A \cdot 0$$
$$F_{res_y} = 0$$
$$N - P_{A_y} = 0$$
$$N = P_{A_y}$$
$$\text{mas } P_{A_y} = P_A \cdot \cos\theta$$
$$N = P_A \cdot \cos\theta$$
$$N = 102 \cdot \cos 40°$$
$$N = 102 \cdot 0,76$$
$$\boxed{N = 78,13, N} \quad (viii)$$

- Estudando obloco B.
  Agora o bloco A está descendo a rampa, logo B está subindo verticalmente, já que estão ligados pela corda.

Aplicando a 2ª Lei de Newton em B:

$$F_{res} = m_B \cdot a$$
$$T - P_B = m_B \cdot a\,, \text{ mas } P_B = m_B \cdot g \Rightarrow m_B = \frac{P_B}{g}$$
$$T - P_B = \frac{P_B}{g} \cdot a$$
$$T = \frac{P_B}{g} \cdot a + P_B \quad (ix)$$

Substituindoix em vii:

$$\frac{P_B}{g} \cdot a + P_B = P_A \operatorname{sen}\theta - \mu_c \cdot N - \frac{P_A}{g} \cdot a$$
$$\frac{P_B}{g} \cdot a + P_B + \frac{P_A}{g} \cdot a = P_A \cdot \operatorname{sen}\theta - \mu_c \cdot N$$
$$\frac{P_B}{g} \cdot a + \frac{P_A}{g} \cdot a = P_A \cdot \operatorname{sen}\theta - \mu_c \cdot N - P_B$$

Colocando a em evidência, temos:

$$\left(\frac{P_B}{g} + \frac{P_A}{g}\right) \cdot a = P_A \cdot \operatorname{sen}\theta - \mu_c \cdot N - P_B$$

$$a = \frac{P_A \cdot \operatorname{sen}\theta - \mu_c \cdot N - P_B}{\frac{P_B}{g} + \frac{P_A}{g}}$$

$$a = \frac{P_A \cdot \operatorname{sen}\theta - \mu_c \cdot N - P_B}{\frac{P_B + P_A}{g}}$$

Como conhecemos os valores de P_B, P_A, θ, μ_c e N, agora podemos substituí-los na epressão acima e descobrir a. Lembrando que a aceleração da gravidade é $g = 9,81\, m/s^2$.

$$a = \frac{102 \cdot \operatorname{sen} 40^\circ - 0,25 \cdot 78,13 - 32}{\frac{32 + 102}{9,81}}$$

$$a = \frac{102 \cdot 0,64 - 19,53 - 32}{\frac{134}{9,81}}$$

$$a = \frac{65,28 - 51,53}{13,65}$$

$$a = \frac{13,75}{13,65}$$

$$a = 1\, m/s^2$$

Observe que, diferente da item anterior, não apareceu o sinal negativo no módulo da aceleração. Isso significa que o sentido adotado para aceleração dos blocos na figura está correto. Assim, a aceleração do bloco A será para baixo. Dessa forma, o vetor aceleração terá sentido oposto ao sentido positivo de x, que foi adotado como sendo para cima. Logo:

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

Problema 7 (Fundamentos de física - Halliday e Resnick . Vol.1, 9^a Ed.,Cap. 6, p. 135, Prob. 7)
Uma pessoa empurra horizontalmente um caixote de $55kg$ com uma força de $220N$ para deslocá-lo em um piso plano. O coeficiente de atrito cinético é $0,35$. (a) Qual é o módulo da força de atrito? ?(b)Qual é o módulo da aceleração do caixote?

Resolução P7:

Dados do problema:

- Massa do caixote $(m) = 55kg$
- Força aplicada $(F) = 220N$
- Coeficiente de atrito cinético $(\mu k) = 0.35$

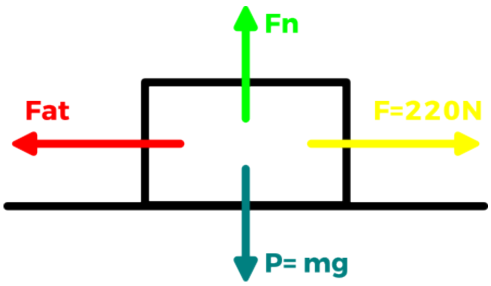

Figura 10: Diagrma de forças que agem sobre o bloco

(a) A força de atrito cinético (fk) é dada pela fórmula:

$$fk = \mu k \cdot N$$

onde N é a força normal. Em um piso plano e sem inclinação, a força normal é igual ao peso do objeto: $N = m \cdot g$, onde g é a aceleração da gravidade $(g \approx 9,8m/s^2)$.

Calculando a força Normal:

$$N = 55kg \cdot 9,8m/s^2$$
$$N = 339N$$

Agora podemos calcular a força de atrito:

$$fK = 0,35 \cdot 339N$$
$$fK = 188,65N$$

Portanto, o módulo da força de atrito é aproximadamente $188,65N$.

(b) A aceleração (a) pode ser encontrada usando a segunda lei de Newton:

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

A força resultante pode ser calculada subtraindo a força aplicada pela força de atrito:

$$F_{resultante} = F - fK$$

Substituindo os valores:

$$F_{resultante} = 220N - 188,65N$$
$$F_{resultante} = 31,35N$$

Agora, usando a segunda lei de Newton para encontrar a aceleração:

$$a = \frac{F_resultante}{m}$$
$$a = \frac{31,35N}{55kg}$$
$$a \approx 0,57m/s^2$$

Portanto, o módulo da aceleração do caixote é aproximadamente $0,57m/s^2$.

Problema 8 (Fundamentos de física - Halliday e Resnick . Vol.1, 9^a Ed.,Cap. 6, p. 139, Prob. 48)
Um carro de montanha-russa tem massa de 1200 kg quando está lotado. Quando o carro passa pelo alto de uma elevação circular com 18 m de raio, a velocidade escalar se mantém constante. Nesse instante, quais são: (a) o módulo F_N e (b) o sentido (para cima ou para baixo) da força normal exercida pelo trilho sobre o carro se a velocidade do carro é $v = 11\,\mathrm{m/s}$? Quais são (c) F_N e (d) o sentido da força normal se $v = 14\,\mathrm{m/s}$?

Resolução P8:

A figura abaixo ilustra o enunciado do problema com suas componentes já traçadas. As forças que atuam sobre o carro no ponto mais alto da montanha-russa, são: a força peso $\vec{P}$ vertical para baixo, cujo o módulo é $p = m \cdot g$, e a força de reação normal $\vec{F_N}$, vertical para cima. A soma dessas forças deve ser igual a força centrípeta $\vec{F_C}$ que aponta para o centro da trajetória, necessária para que o movimento seja circular uniforme.

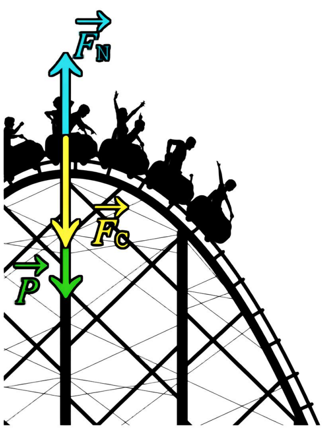

Figura 11: autor.

Assim:

$$F_N - P = -F_C$$

OBS: F_C representa o módulo da força centrípeta e o sinal negativo aparece porque ela aponta no sentido vertical para baixo.
(a) Sabendo que $P = m \cdot g$ e $F_C = m \cdot \frac{v^2}{r}$, podemos encontrar o módulo de F_N:

$$F_N - m \cdot g = -m \cdot \frac{v^2}{r}$$

Passando mg para o outro lado, temos:

$$F_N = m \cdot g - m \cdot \frac{v^2}{r}$$

Colocando m em evidência:

$$F_N = m \cdot \left(g - \frac{v^2}{r}\right)$$

Substituindo os valores que a questão fornece:

$$F_N = 1200 \cdot \left(9,8 - \frac{11^2}{18}\right) = 1200 \cdot 3,0778$$

Logo, o módulo F_N será:

$$F_N = 3,7 \cdot 10^3 \, \text{N}.$$

(b) Como o valor da força normal é positivo, significa que ela tem orientação vertical para cima.
(c) O valor de F_N quando a velocidade $v = 14 \, \text{m/s}$ é:

$$F_N = 1200 \times \left(9,8 - \frac{14^2}{18}\right) = 1200 \times (-1,0889)$$

Assim, o módulo de F_N será:

$$F_N = 1,3 \times 10^3 \, \text{N}$$

(d) Como o valor calculado para a força normal é negativo, isso significa que F_N tem orientação vertical para baixo.

Problema 9 (Fundamentos de física - Halliday e Resnick . Vol.1, 9^a Ed., Cap. 6, p. 139, Prob. 44)
Durante uma corrida de trenós nas Olimpíadas de Inverno, a equipe jamaicana fez uma curva de $7,6m$ de raio a uma velocidade de $96,6km/h$. Qual foi a aceleração em unidades de g?

Resolução P9:

Para resolver o problema, precisamos identificar os dados Fornecidos e o que a questão deseja. os dados são: Raio $r = 7,6m$ e Velocicadade $v = 96,6km/h$.

De acordo com o enunciado, queremos determinar quantas vezes a acelereação da gravidade é igual à aceleração centrípeta. Para isso, faremos a conversão de unidades de $\frac{km}{h}$ para $\frac{m}{s}$.
Sabemos que $1km = 1000m$ e que $1h = 3600s$, então fazendo a conversão, teremos:

$$v = 96,6 \cdot \frac{km}{h} = 96,6 \cdot \frac{1000m}{3600s} = 26,83m/s$$

Como os trenós fazem a curva com velocidade constante, temos uma movimento circular uniforme, então podemos usar a equação da aceleração centrípeta:

$$a_r = \frac{v^2}{R}$$

Substituindo os dados fornecidos na equação da acerelação centrípeta:

$$a_r = \frac{(26,83)^2}{7,6}$$
$$a_r = 94,7m/s^2.$$

Por fim, precisamos converter essa aceleração para unidades de g:

$$1g \rightarrow 9,8m/s^2$$
$$a_r \rightarrow 94,71m/s^2$$

Fazendo a regra de três:

$$a_r \cdot 9,8m/s^2 = 94,71m/s^2 \cdot g$$
$$a_r = \frac{94,71}{9,8}g = 9,7g\ .$$

Problema 10 (Fundamentos de física - Halliday e Resnick . Vol.1, 9^a Ed., Cap. 6, p. 139, Prob. 51)
Um avião está voando em uma circunferência horizontal com uma velocidade de 480 km/h (Fig. 6-41). Se as asas estão inclinadas de um ângulo $\theta = 40°$ com a horizontal, qual é o raio da circunferência? Suponha que a força necessária para manter o avião nessa trajetória resulte inteiramente de uma "sustentação aerodinâmica"perpendicular à superfície das asas.

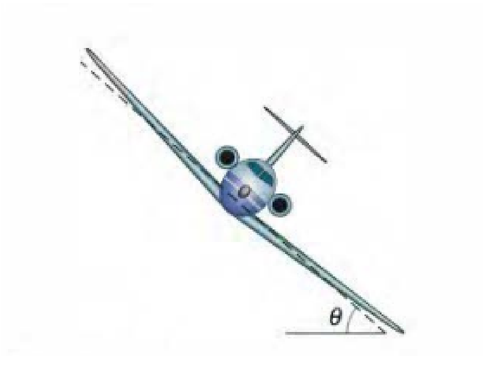

Figura 12: 6-51.

Resolução P10:

Para resolver o problema, precisamos identificar os dados Fornecidos e o que a questão deseja. Os dados são: ângulo $\theta = 40°$ e Velocicadade $v = 480km/h$;

Queremos determinar o raio da circunferência feita pelo avião. Para isso, podemos identificar as forças que agem sobre ele.

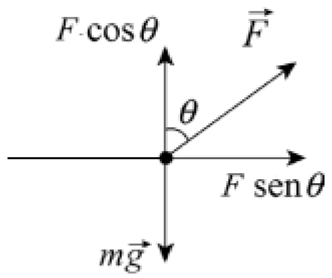

Figura 13: Diagrama de corpo livre do avião.

A figura mostra o diagrama de corpo livre do avião, onde estão presentes, a força peso $\vec{P} = m\vec{g}$ e a força de sustentação aerodinâmica $\vec{F}$.

O ângulo θ em relação ao eixo x será o mesmo ângulo entre a asa do avião e a horizontal. Como os eixos x e y são perpendiculares, o ângulo entre o semi eixo positivo y e a inclinação das asas é igual a $90 - \theta$. O vetor $\vec{F}$ é perpendicular às asas, então o ângulo que ele forma com o semi eixo $+y$ também é igual a θ.

A partir do diagrama, podemos determinar o $\sin\theta$ usando as medidas do triângulo retângulo formado pela força de sustentação e suas componentes:

$$\sin\theta = \frac{F_x}{F}$$

Onde F_x é o cateto oposto e F é a hipotenusa. Logo:

$$F_x = \sin\theta F$$

E para determinar o $\cos\theta$, temos:

$$\cos\theta = \frac{F_y}{F}$$

Onde F_y é o cateto adjacente. Assim:

$$F_y = \cos\theta F$$

.

Sabemos que a trajetória do avião é apenas horizontal (x), ou seja, ele não se move na direção vertical (y). De acordo com a lei da inércia, a soma das forças na direção y, na qual o avião não se move, deve ser nula, portanto:

$$F_y - P = 0$$

Como $P = mg$ e $F_y = \cos\theta F$, temos:

$$F\cos\theta = mg$$

Observamos que a única força que atua na direção horizontal é a componente F_x, e essa componente é igual à força centrípeta (F_c), que é a força necessária para que o objeto descreva a trajetória circular. Assim, $F_x = F_c$. Sabemos que $F_c = m\frac{v^2}{r}$. Portanto:

$$F\sin\theta = m\frac{v^2}{r}$$

$$F\sin\theta r = mv^2$$

Para encontrar r, podemos dividir uma equação pela outra:

$$\frac{F\sin\theta r}{F\cos\theta} = \frac{mv^2}{mg}$$

Como $\frac{\sin\theta}{\cos\theta} = \tan\theta$, então:

$$\tan\theta r = \frac{v^2}{g}$$

$$r = \frac{v^2}{\tan\theta g}$$

Substituindo os valores fornecidos:

$$r = \frac{(133,3)^2}{\tan(40^\circ)9,8}$$

$$r = 2,2 \times 10^3 \text{ m}$$

Assim, o raio da circunferência é de $2,2 \times 10^3$ m.