Física Geral
21048

Tema 1, parte 4/7

Orientações de resposta aos exercícios propostos

Livro de texto (Halliday), capítulos 5 e 6

Capítulo 5

Problema 3

Há várias maneiras de resolver o problema. Aqui apresentamos uma resolução baseada na decomposição das forças no referencial *xy*, que é

$$\vec{F}_1 = (9{,}0\ \mathrm{N}) \cdot \hat{\mathbf{i}} \quad ; \quad \vec{F}_2 = (8{,}0\ \mathrm{N}) \cdot [\cos(118^{\mathrm{o}})\,\hat{\mathbf{i}} + \mathrm{sen}(118^{\mathrm{o}})\,\hat{\mathbf{j}}]$$

Somando as duas forças temos, calculando os valores numéricos explicitamente,

$$\Sigma\vec{F} = (5{,}244\ \mathrm{N})\hat{\mathbf{i}} + (7{,}064\ \mathrm{N})\hat{\mathbf{j}}$$

A magnitude desta força resultante é $\left|\Sigma\vec{F}\right| = \Sigma F = \sqrt{5{,}244^2 + 7{,}064^2}\ \mathrm{N} = 8{,}798\ \mathrm{N}$. Aplicando a 2ª lei de Newton temos então uma aceleração de módulo

$$a = \frac{\Sigma F}{m} = \frac{8{,}798\ \mathrm{N}}{3{,}0\ \mathrm{kg}} = 2{,}933\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \quad \left(2{,}9\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right)$$

É importante saber distinguir aqui aceleração e força resultante (quantidades *vetoriais*) das suas magnitudes (quantidades *escalares*). Importa também referir que a 2ª lei de Newton é, na sua versão original, uma lei *vetorial*: $\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$. É apenas quando queremos a *magnitude* da aceleração (ou da força resultante) que usamos a versão escalar dessa lei, $\Sigma F = ma$.

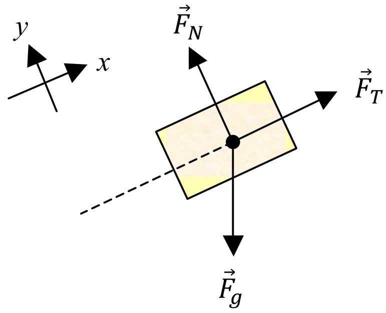
Note-se que é sempre preciso fazer a soma vetorial das forças antes de se aplicar a versão escalar da 2ª lei de Newton. Se fizermos ao contrário (calcular módulos e somá-los) iremos frequentemente obter um resultado final errado.

Problema 13

O problema é muito simples. Estando o salame estático, a tensão na corda que o sustenta tem de ser igual ao seu peso, que é $F_g = mg = (11\ \mathrm{kg}) \cdot \left(9{,}8\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right) = 107{,}8\ \mathrm{N}$. Este resultado é igual para todos os casos. No caso a) é imediato perceber isso. O caso b) é igual ao a), sendo que a roldana na ponta da mesa apenas muda a direção da força de tensão e não o seu módulo. O caso c) é o que poderá gerar mais confusão mas, se pensarmos bem, vemos que no caso b) a tensão no ponto de união com a parede tenta simplesmente puxar esta parede. Ora no caso c) temos exatamente a mesma tensão, só que agora esta não tenta puxar nenhuma parede: é apenas redirecionada pela roldana para puxar e sustentar um segundo salame!

Problema 19

Façamos o diagrama de corpo livre para o bloco, tratando este como pontual um corpo pontual e escolhendo um referencial ortonormado conveniente para a resolução do resto do problema.



O referencial mostrado é o mais indicado para obter uma decomposição simples das três forças indicadas. Qualquer outro referencial serviria, mas neste duas das forças só têm uma componente, o que nos simplifica a tarefa.

Estando o bloco em repouso a aceleração é nula e a 1ª lei de Newton dá-nos, decompondo-a nas suas duas componentes e aplicando trigonometria,

$$\Sigma\vec{F} = 0 \Leftrightarrow \begin{cases}\Sigma F_x = 0 \\ \Sigma F_y = 0\end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases}F_T - F_g \operatorname{sen} 30º = 0 \\ F_N - F_g \cos 30º = 0\end{cases}$$

Substituindo valores do enunciado temos

$$\begin{cases} F_T - (8{,}5\ \mathrm{kg}) \cdot \left(9{,}8\,\dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right) \cdot \dfrac{1}{2} = 0 \\ F_N - (8{,}5\ \mathrm{kg}) \cdot \left(9{,}8\,\dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right) \cdot \dfrac{\sqrt{3}}{2} = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases}F_T = 41{,}65\ \mathrm{N} \quad (42\ \mathrm{N}) \\ F_N = 72{,}12\ \mathrm{N} \quad (72\ \mathrm{N})\end{cases}$$

Se a corda for cortada desaparece a força de tensão. O movimento dá-se obviamente ao longo do plano inclinado (se não se desse o bloco estaria a levantar voo ou a enterrar-se no plano!) e temos, novamente da 2ª lei de Newton,

$$\Sigma\vec{F} = m\vec{a} \Leftrightarrow \begin{cases}\Sigma F_x = ma_x \\ \Sigma F_y = 0\end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases}-F_g \operatorname{sen} 30º = (8{,}5\ \mathrm{kg}) \cdot a_x \\ ---\end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases}a_x = -4{,}9\ \mathrm{m/s^2} \\ ---\end{cases}$$

Lembremo-nos que a_x é a *componente* da aceleração segundo o eixo dos *xx*. Uma componente pode ter valor negativo (é o caso aqui) e fisicamente isso quer apenas dizer que a aceleração se dá no sentido *negativo* desse eixo.

Problema 41

No elevador atuam duas forças: peso e tensão. Escolhemos o sentido positivo do movimento como para cima. A massa do elevador é $m = \frac{F_g}{g} = 2837$ kg e, aplicando a 2ª lei de Newton temos, para o caso da subida,

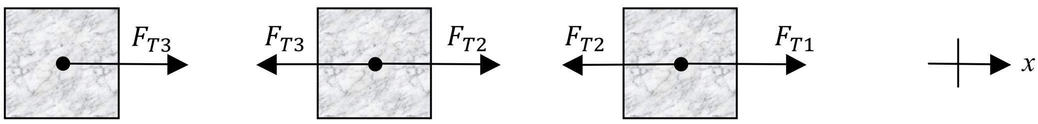
$$\Sigma\vec{F} = m\vec{a} \Leftrightarrow F_T - F_g = ma \Leftrightarrow F_T - (27\,800\text{ N}) = (2837\text{ kg}) \cdot \left(1{,}22\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) \Leftrightarrow F_T = 31{,}26\text{ kN} \quad (31\text{ kN})$$

No caso da descida a única coisa que muda é o sentido da aceleração, que agora é negativo porque o elevador diminui de velocidade. Temos então

$$F_T - F_g = ma \Leftrightarrow F_T - (27\,800\text{ N}) = (2837\text{ kg}) \cdot \left(-1{,}22\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) \Leftrightarrow F_T = 24{,}34\text{ kN} \quad (24\text{ kN})$$

Problema 51

Fazendo o diagrama de corpo livre para os três blocos temos (as magnitudes das forças não estão à escala)



A aceleração dos três corpos é, devido às cordas que as ligam, a mesma. Chamemos-lhe a. Aplicando a 2ª lei de Newton aos três corpos obtemos, no referencial indicado e da esquerda para a direita,

$$\begin{cases} F_{T3} = (12\text{ kg}) \cdot a \\ -F_{T3} + F_{T2} = (24\text{ kg}) \cdot a \\ -F_{T2} + F_{T1} = (31\text{ kg}) \cdot a \end{cases}$$

Substituindo $F_{T1} = 65$ N e somando as três equações obtemos $65\text{ N} = (67\text{ kg}) \cdot a \Leftrightarrow a = 0{,}97\text{ m/s}^2$. Substituindo este valor na 1ª e 3ª equações obtemos $F_{T3} = 11{,}64$ N e $F_{T2} = 65\text{ N} - (31\text{ kg}) \cdot \left(0{,}97\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) = 34{,}93$ N. À precisão de 2 alg.sig. vem $F_{T3} = 12$ N e $F_{T2} = 35$ N.

Note-se que as duas forças indicadas como F_{T3}, apesar de terem a mesma magnitude e direção e sentidos opostos, *não são* pares ação-reação. O par da força F_{T3} à esquerda está na extremidade esquerda da corda. Mesma coisa para F_{T3} à direita: o seu par está na extremidade direita da corda. Na verdade, se considerássemos a massa da corda nos cálculos, veríamos que F_{T3} à direita seria ligeiramente maior que F_{T3} à esquerda. Iguais considerações se podem pôr para as forças F_{T2}.

Capítulo 6

Problema 7

Como o bloco desliza na horizontal, a força normal terá de compensar o peso do bloco e a componente vertical da força aplicada. Ou seja, a normal é de

$$F_N = F_g + F_y \Leftrightarrow F_N = mg + (15\ \mathrm{N}) \cdot \sin 40º = 43{,}94\ \mathrm{N} \quad (44\ \mathrm{N})$$

Sabendo a magnitude da força normal podemos calcular a magnitude da força de atrito cinético, que é então

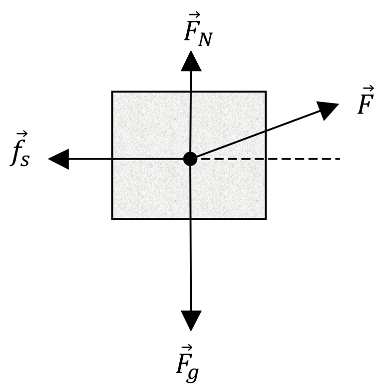
$$f_k = \mu_k F_N = 10{,}99\ \mathrm{N}$$

Por ser uma força de atrito esta força aponta no sentido contrário ao movimento. Assim, a magnitude da aceleração é, da 2ª lei de Newton e com *x* positivo para a direita,

$$\Sigma F_x = ma_x \Leftrightarrow (15\ \mathrm{N}) \cdot \cos 40º - 10{,}99\ \mathrm{N} = (3{,}5\ \mathrm{kg}) \cdot a_x \Leftrightarrow a_x = 0{,}143 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \quad \left(0{,}14 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right)$$

Problema 13

O problema é semelhante ao acima, só que agora a força não empurra para baixo mas puxa para cima. Desenhemos ao lado as quatro forças que atuam no caixote, considerando este como um corpo pontual.



Para que o caixote se mova é preciso vencer a força de atrito estático, f_s . Na iminência de movimento esta força tem a sua magnitude máxima, $f_s^{max} = \mu_s F_N$. Decompondo as forças num referencial *xy* usual e aplicando a 1ª lei de Newton com $a = 0$ temos

$$\Sigma \vec{F} = 0 \Leftrightarrow \begin{cases} -f_s + F_x = 0 \\ F_N + F_y - F_g = 0 \end{cases}$$

Substituindo valores do enunciado obtemos um sistema de duas equações com duas incógnitas:

$$\begin{cases} -0{,}50 \cdot F_N + F \cos 15º = 0 \\ F_N + F \operatorname{sen} 15º - (68\ \mathrm{kg}) \cdot \left(9{,}8 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right) = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} -0{,}50 \cdot F_N + F \cdot 0{,}966 = 0 \\ F_N + F \cdot 0{,}259 - 666{,}4\ \mathrm{N} = 0 \end{cases}$$

Para encontrar *F* necessitamos apenas de multiplicar a equação de cima por 2 e somá-la à de baixo. Obtemos com isto

$$2F \cdot 0{,}966 + F \cdot 0{,}259 = 666{,}4\ \mathrm{N} \Leftrightarrow F = 304{,}2\ \mathrm{N} \quad (300\ \mathrm{N})$$

Esta é então a menor força para a qual o caixote se começa a mover. Note-se que não precisámos de calcular nem F_N nem f_s explicitamente.

A partir do instante em que o movimento se inicia, a força de atrito passa de estática (f_s) a cinética (f_k). No nosso caso isso significa que o coeficiente de atrito baixa de 0,50 para 0,35 e passamos a ter movimento segundo o eixo dos *xx*. Aplicando de novo a 2ª lei de Newton temos

$$\Sigma\vec{F} = m\vec{a} \Leftrightarrow \begin{cases} -f_k + F_x = ma_x \\ F_N + F_y - F_g = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} -0{,}35 \cdot F_N + 293{,}8\text{ N} = (68\text{ kg}) \cdot a_x \\ F_N + 78{,}73\text{ N} - 666{,}4\text{ N} = 0 \end{cases}$$

Voltamos a precisar só de uma das incógnitas, a_x. Para a encontrar basta multiplicar a equação de baixo por 0,35 e somá-la à de cima. O resultado é

$$293{,}8\text{ N} + 0{,}35 \cdot (78{,}73 - 666{,}4)\text{ N} = (68\text{ kg}) \cdot a_x \Leftrightarrow a_x = 1{,}296\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad \left(1{,}3\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$$

Problema 23

Para a situação ser estática, no ponto de confluência das três cordas as tensões têm de se anular. É fácil de ver que decompondo esta condição num referencial *xy* usual se obtém

$$\begin{cases} -F_{TB} + F_{T\theta x} = 0 \\ -F_{TA} + F_{T\theta y} = 0 \end{cases}$$

onde designámos por F_{TA}, F_{TB} e $F_{T\theta}$ respetivamente as magnitudes das tensões nas cordas ligadas aos blocos A e B e na corda oblíqua.

Agora, se o bloco B repousa horizontalmente a sua normal é igual ao peso. Do enunciado e da definição de força de atrito estático máxima temos $f_s^{max} = 0{,}25 \cdot (711\text{ N}) = 177{,}8\text{ N}$. Esta é a força máxima que o atrito consegue fornecer para compensar a tração provocada pela tensão F_{TB}. Por outras palavras, podemos considerar que $F_{TB} = f_s^{max} = 177{,}8\text{ N}$. Com isto temos

$$\begin{cases} -177{,}8\text{ N} + F_{T\theta} \cdot \dfrac{\sqrt{3}}{2} = 0 \\ -F_{TA} + F_{T\theta} \cdot \dfrac{1}{2} = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} -177{,}8\text{ N} + F_{T\theta} \cdot \dfrac{\sqrt{3}}{2} = 0 \\ -F_{TA} + F_{T\theta} \cdot \dfrac{1}{2} = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} --- \\ F_{TA} = 102{,}7\text{ N} \end{cases}$$

Para o bloco A estar em repouso esta tensão tem de compensar exatamente o peso. Conclui-se portanto que o peso máximo do bloco A para que o bloco B não deslize é de 102,7 N (100 N), o que corresponde a uma massa de cerca de 10 kg.

Problema 41

Para o ciclista dar a curva sem derrapar a força de atrito estático terá de ser capaz de provocar a aceleração centrípeta necessária a um MCU com o raio pretendido. Juntando a magnitude da aceleração normal do ciclista, $a = \frac{v^2}{R}$, com a força de atrito estático máxima, $f_s^{max} = \mu_s F_N$, na expressão da 2ª lei de Newton temos

$$\Sigma F = ma \Leftrightarrow f_s^{max} = m\frac{v^2}{R} \Leftrightarrow \mu_s mg = m\frac{v^2}{R} \Leftrightarrow R = \frac{v^2}{\mu_s g} = \frac{\left(29\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}\right)^2}{0{,}32\cdot\left(9{,}8\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right)} = \frac{\left(29\cdot\frac{1000\ \mathrm{m}}{3600\ \mathrm{s}}\right)^2}{3{,}136\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}} \Leftrightarrow R$$

$$= 20{,}69\ \mathrm{m}\quad (21\ \mathrm{m})$$

Este é o raio de curvatura mínimo. Se a curva for mais apertada, o ciclista entrará em derrapagem. Se for maior, a força de atrito não estará a atuar ao seu valor máximo, mas sim a um valor inferior.