07 – Movimentos Simples

Exercícios Resolvidos

Exercício Resolvido 7.1

Uma pequena esfera de aço ($R = 2\,mm$) é solta (ou seja, inicialmente estava em repouso) na superfície do óleo de soja contido num cilindro graduado em centímetros (muito comum em laboratórios de Química). Ela afunda no óleo movimentando-se ao longo de uma trajetória retilínea. A tabela registra a coordenada y da esfera em função do tempo após medidas acuradas, tomadas um pouco depois de ela iniciar o movimento na descendente.

$t\,(s)$	0	1,6	3,3	5,0	6,7	8,4
$y\,(cm)$	0	10	20	30	40	50

Determine as equações horárias da velocidade e da coordenada y.

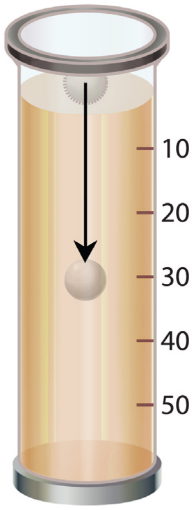

Figura 7.3: Cilindro graduado em centímetros.

Resolução:

Os dados indicam que intervalos de distâncias regulares de $\Delta y = 10\,cm$ são percorridos a intervalos de tempo igualmente regulares de $\Delta t \cong 1{,}7\,s$. Conclui-se, portanto, que o movimento da esfera é uniforme, pois distâncias iguais são percorridas em intervalos de tempos iguais. Infere-se, portanto, que, para o intervalo de tempo considerado, a aceleração da esfera é nula.

Nas circunstâncias acima, as equações horárias da velocidade e da coordenada y (adotando-se o eixo $0y$ vertical para baixo e com origem na superfície do óleo) são:

$$v(t) = 6\,cm/s$$

e, portanto, de 7.5, tem-se:

$$y = 6.t\,(s;\,cm)$$

Exercício resolvido 7.2

Retomando o exemplo resolvido 7.1, explique, com base em considerações dinâmicas, por que a velocidade da esfera se torna constante decorrido certo intervalo de tempo.

Resolução:

Vamos analisar as forças sobre a esfera em movimento dentro do óleo. Sobre a esfera agem três forças, as quais são ilustradas na Figura 7.4 e explicadas a seguir:

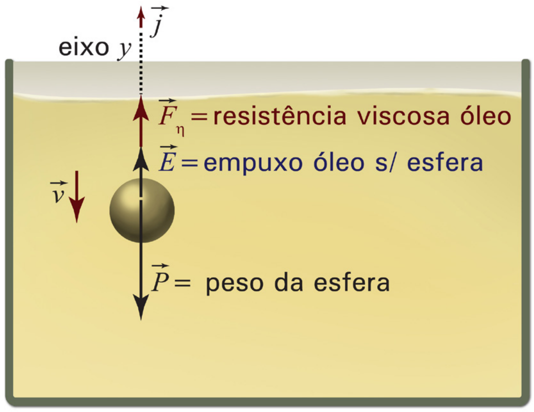

Figura 7.4: Forças agindo sobre a esfera de óleo.

1. Força gravitacional, ou força peso designada $\vec{P}$. Seu módulo é $P = mg$.

2. Força de empuxo, designada por $\vec{E}$. Ela tende a movimentar a esfera para cima.

De acordo com o princípio de Arquimedes, o módulo dessa força, E, é tal que E = peso do volume de líquido deslocado. Nesse caso, o empuxo é menor do que o peso da esfera: $E < P$.

3. Força viscosa, dignada por $\vec{F}_\eta$. Essa força resiste ao movimento. A componente dessa força na direção do movimento é dada por:

$$F_\eta = -bv$$

onde v é a velocidade da esfera. Ela sempre se opõe ao movimento. Tem sentido oposto ao da velocidade $\vec{v}$. Para objetos esféricos de raios pequenos: $b = 6\pi\eta R$, onde η é o coeficiente de viscosidade do fluido.

Aplicando-se a 2ª Lei de Newton à esfera, escrevemos:

$$m\vec{a} = \sum_{i=1}^{3} \vec{F}^i$$

Onde $\vec{F}^i$ representa uma das 3 forças que agem sobre a esfera. Utilizando-se agora o referencial cartesiano da Figura 7.4, escrevemos a equação acima como:

$$\left(E - P + F_\eta\right)\vec{j} = \left(ma\right)\vec{j}$$

Assim, em termos da componente y, escrevemos:

$$E - P + F_\eta = m \cdot a$$

A contribuição da força viscosa, $F_\eta = -k.v$, aumenta linearmente com a velocidade. Esse termo cresce à medida que a velocidade aumenta. Existe, no entanto, um limite para esse crescimento, um valor máximo da velocidade, portanto. Ela cresce até o ponto em que a força viscosa se equilibra com o termo [E – P].

Assim, a aceleração tende a se anular com o aumento da velocidade v. Existe um valor máximo de v, denominado v_{Limite}, para o qual a aceleração se anula:

$$E - P - kv_{\text{Limite}} = m \cdot a = 0$$

Assim, quando a velocidade da esfera atingir o valor limite − o valor máximo −, a aceleração torna-se nula e o movimento passa a ser uniforme a partir daí. É esse comportamento que é refletido no quadro acima. A velocidade limite é dada, portanto, pela expressão:

$$v_{\text{Limite}} = \frac{[P-E]}{k}$$

Fato semelhante ocorre com qualquer objeto que se movimente num fluido gasoso ou líquido.

As gotas de chuva e as pessoas que saltam com paraquedas abertos atingem, ao cair, uma velocidade limite. Na maioria dos casos, essa velocidade limite é muito menor do que a que elas teriam se a queda fosse livre.

Exercício Resolvido 7.3:

Um carro (massa total $m = 800\,kg$) move-se com velocidade escalar constante, $v = 72\,km/h$, em uma pista horizontal e plana. Num determinado ponto da pista, ele atinge um trecho descrito por um arco de circunferência de raio $R = 800\,m$, mantendo, no entanto, a sua velocidade escalar constante. Depois de algum tempo, ele sai desse percurso em outro ponto da pista.

a) Qual a aceleração do carro assim que ele adentra a parte curva da pista?

b) Qual é o comprimento do arco de circunferência percorrido pelo carro se a curva é finalizada em 20 segundos?

c) Qual a soma vetorial das forças ($\bullet\ \vec{F}_{\text{carro}}$) sobre o carro?

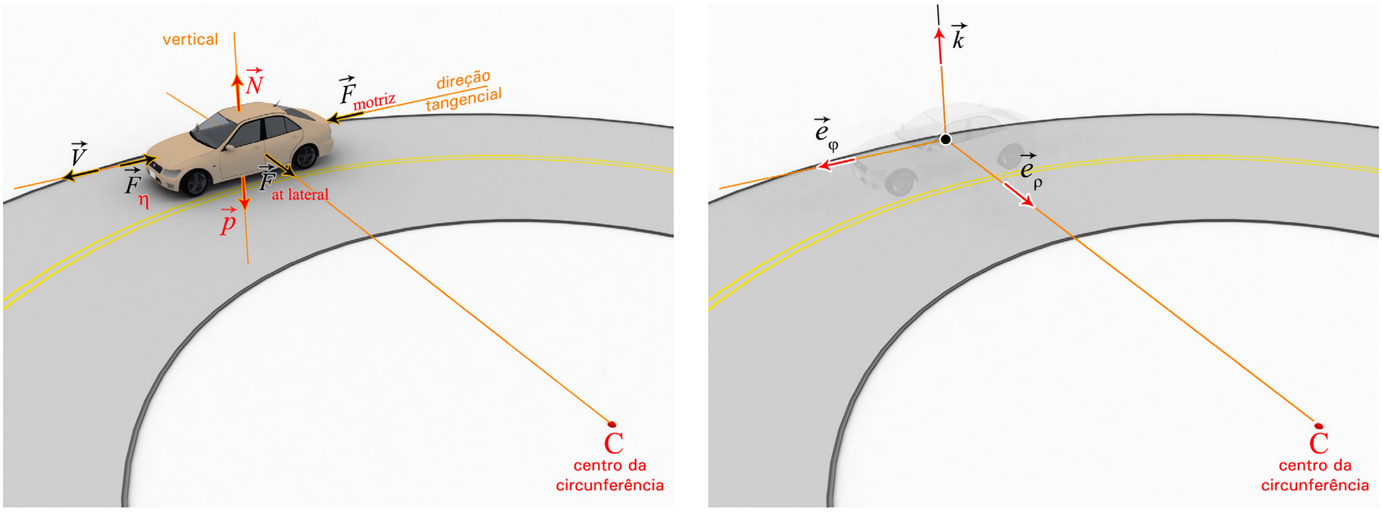

Figura 7.5: Diagrama do corpo livre do carro e o referencial polar utilizado.

Resolução:

O esquema da Figura 7.5 representa um diagrama do corpo livre do carro. São nela apresentados o sistema cartesiano e as coordenadas utilizadas.

Inferimos que:

1. Na direção vertical, ao longo do eixo z, atuam duas forças de sentidos opostos: o peso $\vec{P}$, e a reação normal $\vec{N}$ exercida pela pista sobre o carro (é, na realidade, a soma das normais).

Essas forças podem ser escritas, vetorialmente, como:

$$\vec{P} = m\vec{g} = -mg\vec{k} \qquad \vec{N} = N\vec{k}$$

Assim, a soma das forças na direção vertical é dada por:

$$\vec{F}_{\text{vertical}} = F_z\vec{k} = (-mg + N)\vec{k}$$

2. Na direção tangencial à trajetória circular, perpendicular à vertical e na direção da velocidade vetorial, usualmente definida como a direção azimutal, atuam duas forças, também de sentidos opostos:

a) A força $\vec{F}_{\text{motriz}}$ motriz é aquela que resulta do atrito estático entre a roda e a pista. Essa força impulsiona o carro no sentido do movimento.

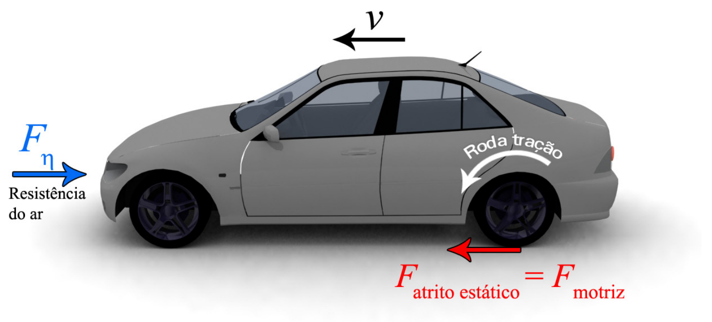

Figura 7.6: Forças na direção do movimento.

b) A força de resistência do ar surge devido ao atrito viscoso do veículo com o ar. A reação a essa força leva ao deslocamento do ar à frente do veículo. Assim, essa força resultante da colisão do veículo com as moléculas do ar atua sempre no sentido de reduzir a velocidade desse veículo. A intensidade dessa força depende da velocidade, de tal forma que, acima de $20\,m/s$, ela é bem descrita pela expressão:

$$F_\eta = F(v) = F_v = C \cdot v^2$$

onde C depende do formato aerodinâmico do carro. Ela aumenta com o quadrado da velocidade do veículo.

Assim, na direção tangencial escrevemos ($\vec{e}_\varphi$ = versor na direção tangente à curva):

$$\vec{F}_{\text{tan}} = (F_{\text{motriz}} - F_\eta)\vec{e}_\varphi$$

c) Na direção radial atua a força de atrito lateral $\vec{F}_{\text{at lateral}}$; essa força age lateralmente e resulta do contato dos pneus com a pista. Seu efeito é "segurar" o carro, mantendo-o na trajetória circular, evitando assim que o carro escape (derrape) para fora da curva. Devido à inércia (1ª Lei de Newton), o carro tende a conservar a sua velocidade, que é tangencial à curva. Assim, se a intensidade dessa força não for suficiente, o carro "sai" pela tangente. Portanto, na direção radial existe apenas uma força, e ela será escrita como:

$$\vec{F}_{\text{radial}} = -(F_{\text{at. lateral}})\vec{e}_\rho = -\mu N\vec{e}_\rho$$

onde μ é o coeficiente de atrito cinético entre a pista e os pneus do carro e $\vec{e}_\rho$ = versor na direção radial.

Assim, a força total que age sobre o carro é dada pela soma das forças já aludidas:

$$\sum_{i=1}^{5}\vec{F}_i = F_\rho\vec{e}_\rho + F_\varphi\vec{e}_\varphi + F_z\vec{e}_z = -\mu N\vec{e}_\rho + (F_{motriz} - F_\eta)\vec{e}_\varphi + \left(-mg + N\right)\vec{k}$$

a) Qual a aceleração do carro que se movimenta na curva?

A aceleração vetorial, na notação vetorial, pode ser escrita como:

$$\vec{a} = \vec{a}_\rho + \vec{a}_\varphi + \vec{a}_z = a_\rho\vec{e}_\rho + a_\varphi\vec{e}_\varphi + a_z\vec{e}_z$$

onde os termos acima podem ser identificados, respectivamente, como as componentes radial, azimutal (ou tangencial) e vertical.

De acordo com a 2ª Lei de Newton, temos:

$$\vec{F} = m\left(\vec{a}_\rho + \vec{a}_\varphi + \vec{a}_z\right) = ma_\rho\vec{e}_\rho + ma_\varphi\vec{e}_\varphi + ma_z\vec{e}_z$$

Utilizando 7.20 na equação 7.22, obtemos componentes da aceleração:

$$a_\rho = -\frac{\mu N}{m}$$

$$a_\varphi = \frac{F_{\text{motriz}} - F_\eta}{m}$$

$$a_z = \left(-g + \frac{N}{m}\right)$$

I. Na direção vertical, a aceleração é nula (o carro não sobe nem desce). Isso implica que a força peso é equilibrada pela força normal ($N = mg$).

II. Considerando-se que o carro mantém a velocidade escalar de 20 *km/h*, sem alterações, a aceleração tangencial é nula: $a_\varphi = 0$. Donde concluímos, utilizando a expressão 7.23, que, em virtude de as forças (motriz e da resistência do ar) terem direções iguais, seus módulos também são iguais $\left|\vec{F}_{\text{motriz}}\right| = \left|\vec{F}_\eta\right|$, mas têm sentidos opostos.

III. No que diz respeito à direção radial, podemos escrever, de 7.23 e 7.20, que:

$$a_\rho = -\frac{v^2}{R} = -\frac{\mu N}{m}$$

Para os valores da velocidade e do raio dados ($v = 72\,km/h = 20\,m/s$ e $R = 800\,m$), obtemos:

$$\frac{v^2}{R} = \frac{(20\ \text{m/s})^2}{800\ \text{m}} = 0{,}5\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Assim, a aceleração centrípeta, adotando-se o sistema mks ou SI, é dada por:

$$\vec{a} = -0{,}5\vec{e}_\rho$$

b) Qual é o comprimento do arco de circunferência percorrido pelo carro.

Como o movimento é uniforme, temos a variação de espaços percorridos igual ao intervalo de tempo decorrido:

$$\Delta S = v\Delta t$$

Sendo nesse caso $\Delta t = 20\,s$ e $v = 20\,m/s$ $(72\,km/h) \rightarrow \Delta s = v.\Delta t = (20\,m/s)(20\,s) = 400\,m$, ou seja, a distância percorrida no intervalo de 20 segundos é de $400\,m$.

Qual a soma vetorial das forças sobre o carro? De 7.20 e 7.23, segue que:

$$\sum_{i=1}^{5} \vec{F}_i = F_\rho \vec{e}_\rho + F_\varphi \vec{e}_\varphi + F_z \vec{e}_z = -\mu N \vec{e}_\rho$$

Em qualquer objeto que se movimente ao longo de uma trajetória circular com velocidade tangencial constante, a somatória das forças que agem sobre ele é, necessariamente, radial. Ou seja, nesse caso apontando sempre para o centro da circunferência.

Exercício resolvido 7.4

Estima-se em 300 sextilhões (300×10^{21}) a quantidade de estrelas existentes no universo observável. Com exceção do Sol, a estrela mais próxima da Terra é aquela localizada na da constelação de Centauro, denominada Próxima Centauri – uma anã vermelha distante de nós, terráqueos, cerca de 40 trilhões de quilômetros (40×10^{12} *km*).

a) A luz responsável pela imagem de "Próxima Centauri" capturada por um telescópio aqui na Terra, neste instante, foi emitida nessa estrela, há quanto tempo?

b) O que significa "anos-luz"?

Resolução:

A luz se propaga em linha reta no espaço intergaláctico considerado como euclidiano, com velocidade aproximada de $c = 300.000\,km/s$; o movimento dos fótons de luz é retilíneo e uniforme. Logo:

$$c = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta x}{c}$$

Substituindo-se os dados na expressão acima, obtemos:

$$\Delta t = \frac{40 \cdot 10^{12}\,\cancel{\text{km}}}{300.000\,\frac{\cancel{\text{km}}}{\text{s}}} = \frac{40 \cdot 10^{12}}{3 \cdot 10^{5}}(\text{s}) \cong 13{,}3 \cdot 10^{7}\,\text{s}$$

Como 1 ano $\cong 31{,}54 \times 10^6\,s$, o intervalo de tempo $\Delta t = 13{,}3.10^7\,s$ pode ser convertido em anos, por uma regra de três simples:

$$\Delta t = \left(13{,}3 \cdot 10^7\,\text{s}\right) / \left(31{,}54 \times 10^6\ \text{s/ano}\ \cong 4{,}2\ \text{anos}\right)$$

Isso significa que, hoje, estamos vendo uma imagem de algo que aconteceu na Próxima Centauri num passado não muito remoto: meros 4,2 anos atrás.

O termo anos-luz corresponde a uma unidade de distância; 1 ano-luz equivale à distância percorrida pela luz durante um intervalo de tempo de 1 ano. Assim,

$$d_{\text{ano-luz}} = ct_{\text{ano}}$$

Donde inferimos que um ano-luz é a distância, expressa em quilômetros, dada por:

$$d_{\text{ano luz}} = 300 \cdot 10^5\left(\text{km}/\cancel{\text{s}}\right) \cdot 31{,}54 \cdot 10^6\left(\cancel{\text{s}}\right) = 946{,}2 \cdot 10^{11}\,\text{km}$$

Nessa unidade, a distância entre a Próxima Centauri e a Terra é de 4,2 anos-luz.

O telescópio Hubble obteve uma imagem de uma galáxia espiral distante 17 milhões de anos-luz. É onde ela se encontra hoje? Certamente, não. Essa luz originou-se num passado remoto, muito remoto. Ao longo desse tempo, a galáxia observada já mudou de posição, pois tudo no céu está em movimento.

Exemplo 7.5:

Em uma pista asfaltada na qual existe um trecho plano e sem curvas, um carro de massa total $m = 800\,kg$ é freado bruscamente quando o velocímetro acusa uma velocidade escalar de $90\,km/h$. Devido ao travamento das rodas, os contatos entre os pneus e o asfalto fazem surgir uma força total de atrito ($F_{at} = \mu.N$), a qual, como sabemos, atua no sentido contrário ao do movimento. Sendo μ o coeficiente de atrito entre o pneu e o asfalto dado por $\mu = 0{,}6$ e considerando-se $g = 10\,N/kg$, determinar:

a) A aceleração do carro durante a frenagem.

b) As equações horárias do espaço e da velocidade.

c) O espaço percorrido até o carro parar.

Resolução:

a) A aceleração do carro durante a frenagem.

Na Figura 7.10, o bloco representa o DCL do carro; nele estão desenhadas as forças que atuam sobre o carro durante o processo de frenagem.

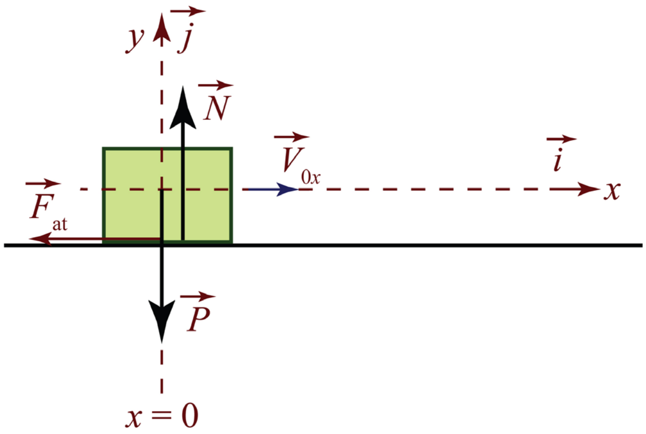

Figura 7.10: DCL do carro brecando.

Verificamos então que, considerando-se o sistema cartesiano da Figura 7.10, as componentes da força resultante sobre o carro são dadas por:

$$F_x = \left(F_{at}\right)_x = -\mu N$$
$$F_y = N - mg$$

Da segunda lei de Newton, inferimos que:

$$ma_x = F_x = -\mu N$$
$$ma_y = F_y = N - mg$$

Como não existe movimento na direção vertical (a direção do eixo y), a componente vertical da aceleração é nula. Escrevemos $ay = 0$. Portanto, de 7.45, concluímos que a força peso tem o mesmo módulo e direção da soma das forças normais, mas sentido oposto à força normal. Escrevemos:

$$N = P = mg = 8.000 \text{ Newtons}$$

Desprezando-se a resistência do ar, a única força que atua sobre o carro na direção horizontal (a direção do eixo x) é a força de atrito, cujo modulo é F_{at} = µ.N = (0,5)(8.000 Newtons) = 4.000 Newtons. Esta força de atrito tem o sentido oposto ao da velocidade. Ademais, ela não é motriz. Vetorialmente, escrevemos $\vec{F}_{at} = -(4.000)\vec{i}$ (o sinal negativo é necessário para indicar que esta força tem sentido oposto ao da orientação do eixo $0x$). De 7.45 segue-se que:

$$\sum \vec{F}_x = -\left(4.000\right)\vec{i} = m.\vec{a}_x = 800\left(a_x\right)\vec{i}$$
$$-4.000 = 800 \cdot a_x \rightarrow a_x = -5 \ \text{m/s}^2$$

A aceleração do carro, durante a frenagem, é $ax = (d_{vx})/(dt) = -5\, m/s^2$; o sinal negativo indica que a variação da velocidade é negativa e que a velocidade escalar diminui durante o tempo de frenagem.

b) As equações horárias do espaço e da velocidade.

Para escrever as equações horárias, é necessário conhecer as condições iniciais no instante $t = 0$ (que vamos considerar como o instante em que o motorista aciona os freios). Então, temos os seguintes dados:

$$x_0 = 0;\ v_{0x} = 90\ km/h = 25\ m/s;\ a_{0x} = a_x = -5\ m/s^2$$

Como o movimento é uniformemente acelerado, as equações são obtidas a partir de 7.42. Substituindo-se os valores acima para as condições iniciais e a aceleração, obtemos com todas as unidades no sistema SI ou MKS:

$$x\left(t\right) = 25t - 2{,}5t^2$$
$$v_x\left(t\right) = 25 - 5t$$

c) O espaço percorrido até o carro parar.

Formalmente, o carro para quando sua velocidade se anula, ou seja, $v_x = 0$. Assim, o instante em que isso ocorre é obtido a partir de:

$$0 = 25 - 5t \rightarrow t = 5 \text{ s}$$

Substituindo-se o valor $t = 5\,s$ na equação horária do espaço, encontramos o valor de x quando o carro para:

$$x(t = 5\ s) = 25(5) - 2{,}5(5)^2 = 62{,}5m$$

Portanto, até parar, o carro percorre uma distância de 62,5 metros. Essa é a distância mais segura visando a evitar um acidente com um animal que, repentinamente, atravessa a pista quando viajamos a essa velocidade. Deve-se levar em conta, no entanto, que em dias de chuva o coeficiente de atrito se reduz. Portanto, a distância segura em dias chuvosos é ainda maior.

Exercício resolvido 7.6:

A castanheira do Pará é uma árvore que pode alcançar mais de $30\,m$ de altura e pode viver mais de 500 anos. Imaginando-se que um fruto dessa árvore, de massa $m = 2\,kg$, se solta de um galho a $25\,m$ de altura, qual é o tempo de queda e com que velocidade o fruto atinge o solo?

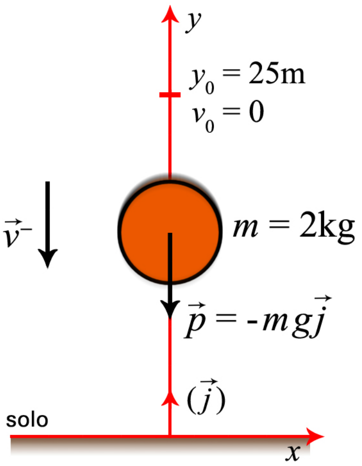

Figura 7.12: DCL da castanha-do-Pará.

Resolução:

Desprezando-se a força de resistência do ar, a única força que atua sobre o fruto em queda é o seu peso. Portanto, de acordo com a lei de Newton, podemos escrever:

$$\vec{F} = m\vec{g} = m\vec{a}$$

Utilizando o referencial da Figura 7.12, escrevemos:

$$m\vec{g} = -mg\vec{j} = m\vec{a} = ma_y\vec{j}$$

E, portanto, admitindo-se a aceleração da gravidade como constante, a componente da aceleração na direção vertical é constante e dada por $ay = -g = -9{,}8\,m/s^2$ (o sinal negativo indica que a aceleração de queda tem sentido vertical para baixo). Observe que a aceleração de queda livre não depende da massa do objeto que cai. Todos os corpos caem com a mesma aceleração.

A equação geral para a queda livre é da forma 7.47. Assim, adotando-se o instante de tempo inicial $t = 0$ como aquele no qual o fruto se desprende da árvore, as condições iniciais são: $v_{0y} = 0; y_0 = 25\,m$. Ademais, $ay = -g$ (para facilitar os cálculos, vamos considerar $g = 10\,m/s^2$). Temos, assim, as seguintes equações horárias do movimento em unidades do SI:

$$y(t) = 25 - 5t^2$$
$$v(t) = -10t$$

Para determinar a velocidade com que o fruto atinge o solo, é necessário conhecer o tempo t de queda. Impondo $y = 0$ ($0 = 25 - 5t^2$), o valor de t fisicamente aceitável é aquele que satisfaz esta equação e tem o valor positivo. O resultado é $t = \sqrt{5} \cong 2,24s$.

Substituindo-se esse valor na equação da velocidade, temos:

$$v = -10(2,24) = 22,4 \ \ m/s \approx 80 \ \ km/h$$

A conclusão, portanto, é a de que o fruto atinge o solo aproximadamente $2,24\,s$ após se soltar do galho com velocidade de, aproximadamente, $80\,km/h$.

Exercício resolvido 7.7:

É costume, em condições especiais, um pedreiro (A) lançar uma telha para outro (B), que se encontra no telhado. Com que velocidade v_{0y} o pedreiro A deve lançar uma telha verticalmente de forma que ela chegue com velocidade nula às mãos do pedreiro B?

Admita que a diferença de altura entre as mãos dos pedreiros seja de $3,2\,m$. Ademais, desprezar a resistência do ar e considerar $g = 10\,m/s^2$.

Figura 7.13: Lançamento na vertical.

Resolução:

Após o lançamento, e desprezando-se a resistência do ar, o movimento da telha ocorre unicamente sob a ação do seu peso. Adotando-se o referencial da Figura 7.13, podemos escrever:

Adotamos o instante de tempo inicial como aquele no qual a telha é lançada. Ademais, escolhemos o eixo de referência 0y na vertical orientado para cima, e com origem na posição em que a telha é lançada. Assim, só a condição iniciais é especificada. Pretende-se determiner a outra condição inicial .

As equações horárias da componente y da velocidade e da coordenada y são, no SI:

Quando a telha atinge as mãos do pedreiro B, sua velocidade se anula (v = 0); mediante a equação da velocidade, obtemos o tempo de voo da telha:

Observe que, se v0y fosse conhecido, o instante de tempo determinado acima seria o instante em que a telha atinge as mãos do pedreiro B.

Substituindo-se o resultado para o tempo 7.52, na equação horária da coordenada y, teremos uma equação quadrática envolvendo apenas uma incógnita:

ou seja:

Dessa equação segue-se que, aparentemente, temos duas alternativas para a velocidade inicial:

Qual delas escolher? Como se trata da velocidade inicial de lançamento vertical para cima e, portanto, no mesmo sentido do eixo 0y, devemos escolher o sinal positivo para a velocidade. Assim, a velocidade de lançamento é .

Em resumo: a telha deve ser lançada verticalmente para cima com velocidade aproximadamente igual a 29 km/h (8 m/s).

Exercício resolvido 7.08:

Um bloco de massa m, apoiado em roletes sem atrito, solto em A, desliza num plano inclinado, de acordo com a Figura 7.15.

a- Determinar a aceleração do bloco como função do ângulo do plano inclinado.

b- Calcular θde modo que a aceleração do bloco tenha intensidade de 1 m/s².

Resolução:

a- Como o atrito é considerado inexistente nos roletes, e não considerando a resistência do ar, as forças que atuam no bloco são duas: o seu peso e a reação normal do plano sobre o bloco (veja Figura 7.16).

Figura 7.16: DCL do bloco. O referencial xy é tal que o eixo x é paralelo à calha. O peso é decomposto em componentes e .

Figura 7.17: Os triângulos rosa e amarelo são retângulos e semelhantes. O ângulo entre a vertical e o eixo y é θ, igual ao formado pela direção da calha com a horizontal.

a) Aceleração do bloco.

Para determinar a aceleração do bloco, vamos aplicar a 2ª Lei de Newton nas direções x e y, conforme o DCL acima, e levando-se em conta o referencial escolhido, temos:

- Direção y. As forças nesta direção são e . Assim, nesta direção, a 2ª Lei de Newton adquire a forma:
.

Substituindo-se e por suas expressões cartesianas, temos:

O bloco não se movimenta nesta direção . Portanto ; isso implica:

- Direção . A única força resultante que atua nesta direção é a componente . Portanto, na direção x, escrevemos:

Em resumo: uma vez que , o bloco desliza calha abaixo com uma aceleração tal que sua componente ao longo da superfície, ou seja do eixo , é:

b) Determinação de θque resulta numa aceleração do bloco igual a 1 m/s².

Do item anterior temos que a aceleração do bloco depende linearmente com senθ Quando

θ= 90°, a sua aceleração é máxima, pois para esse valor do ângulo a função senθassume valor máximo (sen90° = 1). Para θ= 0° a aceleração é nula, pois sen0° = 0.

Para que ângulo a aceleração do bloco calha abaixo é ax = 1 m/s²?

De 7.57, e adotando-se g = 10 m/s², temos:

Donde obtemos

Exercício resolvido 7.09:

Um bloco de massa m, apoiado em roletes, solto no ponto A, desliza sobre uma calha. Admita g = 10 m/s² e que existe atrito entre a calha e o bloco. O coeficiente de atrito dinâmico é μ = 0,3.

Figura 7.18: DCL do bloco.

a) Determinar a aceleração do bloco para θ= 37° (sen37° = 0,60 e cos37° = 0,80).

b) Com que velocidade o bloco atinge o ponto B se AB = 2 m?

Resolução:

a) Determinar a aceleração do bloco para θ= 37°

Figura 7.19: Referencial e projeções das forças.

Consideramos o DCL da Figura 7.18 e o referencial igual ao do Exemplo 7. Devemos considerar o sentido da força de atrito como oposta ao sentido do movimento e com componente apenas na direção x. Assim, em termos de componentes, escrevemos a segunda lei de Newton como:

Como não existe movimento na direção y, obtemos da primeira equação:

Levando-se em conta que a força de atrito pode ser expressa como Fat = μN, e substituindo-se essa expressão bem como a expressão 7.60 em 7.59, obtemos:

e, portanto, nesse caso, a aceleração é dada por:

Levando-se em conta os dados do problema, ou seja, θ= 37°; g = 10 m/s² e μ = 0,3, obtemos:

Observe que, se não tivéssemos o atrito (nesse caso, μ = 0 na equação 7.62), a aceleração seria

b) Com que velocidade o bloco atinge o ponto B se AB = 2 m?

O movimento do bloco plano abaixo é uniformemente acelerado (ax = 3,6 m/s²). Adotando-se o instante inicial (t = 0) quando o bloco inicia o seu movimento, as condições iniciais são: e . Assim, as equações horárias do espaço e da velocidade (adotando a origem do eixo 0x no ponto A),

O bloco atinge o ponto B distante 2 m da origem (o ponto B) quando a coordenada x do móvel for igual a esse valor. Esse instante , que é o instante em que o bloco chega ao ponto B, é dado, de acordo com 7.63, pela raiz positiva da expressão quadrática:

Nesse instante de tempo, a velocidade do bloco será: