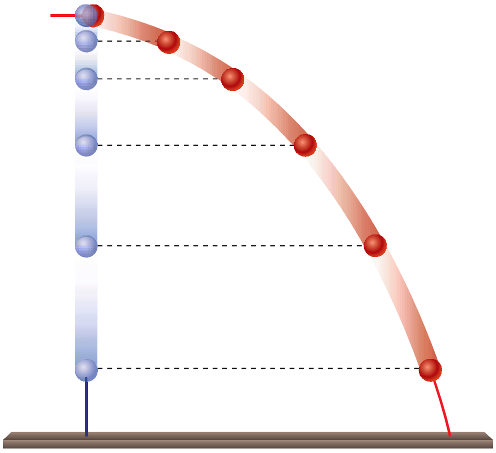
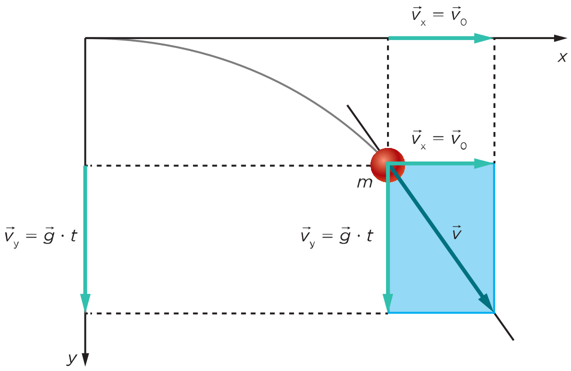
Aula 34

2» Lançamento horizontal



Representação esquemática das sucessivas posições ocupadas por um corpo em queda livre e por outro corpo lançado simultaneamente na horizontal. Como não há forças aplicadas na direção horizontal, pode-se identificar na direção vertical que ambos os corpos percorrem distâncias iguais nos mesmos intervalos de tempo. No lançamento horizontal, o corpo se movimenta em queda livre na direção vertical e, ao mesmo tempo, realiza um movimento uniforme na direção horizontal.

Equações das posições	$x = v_0 \cdot t$	$y = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$
Equações das velocidades	$v_x = v_0$	$v_y = g \cdot t$



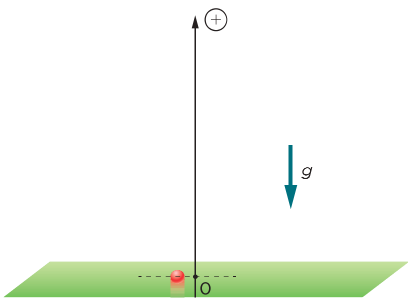
Conhecendo as componentes da velocidade e aplicando o teorema de Pitágoras, podemos determinar o valor da velocidade em cada instante:

$$\boxed{v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}}$$

DESENVOLVENDO » HABILIDADES

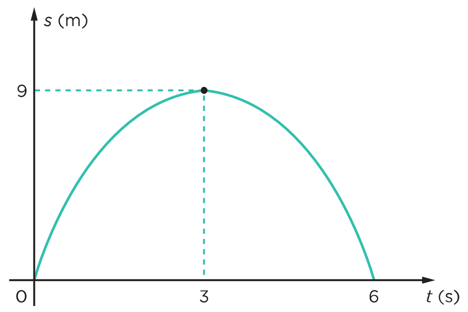
Aula 33

1 Em um experimento científico, um corpo é lançado verticalmente para cima, a partir do solo, em um planeta que não tem atmosfera, como ilustrado a seguir.



DESENVOLVENDO » HABILIDADES

Após algumas medições, foi possível obter o gráfico da posição do corpo em função do tempo, como ilustrado a seguir.



Considerando a aceleração da gravidade constante, determine:

a) a aceleração da gravidade do planeta;

Em um lançamento vertical, o corpo realiza um MUV segundo as equações:

$s = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$ e $v = v_0 - g \cdot t$

De acordo com o gráfico, o corpo atinge a altura máxima no instante $t = 3$ s; portanto a velocidade nesse ponto da trajetória é nula. Desse modo, substituindo-se os valores nas equações anteriores, tem-se:

$9 = v_0 \cdot 3 - g \cdot \frac{3^2}{2}$ (I)

$0 = v_0 - g \cdot 3 \Rightarrow v_0 = 3g$ (II)

Substituindo-se II em I, obtemos:

$9 = 3g \cdot 3 - g \cdot \frac{3^2}{2}$

$\therefore\ g = 2\,m/s^2$

b) a equação do espaço;

Com o resultado do item anterior, é possível determinar a velocidade inicial v_0:

$0 = v_0 - g \cdot 3 \Rightarrow 0 = v_0 - 2 \cdot 3$

$\therefore\ v_0 = 6$ m/s

Desse modo, podemos determinar a equação do espaço:

$s = 6 \cdot t - t^2$

c) a velocidade no instante 3 s;

De acordo com o gráfico, a velocidade no instante 3 s é nula. Além disso, podemos chegar a essa conclusão pela equação da velocidade:

$v = v_0 - g \cdot t \Rightarrow v = 6 - 2 \cdot 3 \therefore v = 0$

d) a velocidade ao chegar ao solo.

De acordo com o gráfico, o corpo chega ao solo no instante 6 s. Assim, utilizando a equação da velocidade, obtemos:

$v = v_0 - g \cdot t \Rightarrow v = 6 - 2 \cdot 6$

$\therefore\ v = 6$ m/s

2 (Unesp-SP) Para analisar a queda dos corpos, um estudante abandona, simultaneamente, duas esferas maciças, uma de madeira e outra de aço, de uma mesma altura em relação ao solo horizontal. Se a massa da esfera de aço fosse maior do que a massa da esfera de madeira e não houvesse resistência do ar, nesse experimento

a) a esfera de madeira chegaria ao solo com menor velocidade do que a de aço.

b) as duas esferas chegariam ao solo com a mesma energia mecânica.

c) a esfera de madeira cairia com aceleração escalar menor do que a de aço.

▶ **d)** a esfera de aço chegaria ao solo com mais energia cinética do que a de madeira.

e) a esfera de aço chegaria primeiro ao solo.

Na ausência da resistência do ar, a resultante das forças que agem sobre as esferas é a força peso:

$R = P \Rightarrow \cancel{m} \cdot \gamma = \cancel{m} \cdot g \Rightarrow \gamma = g$

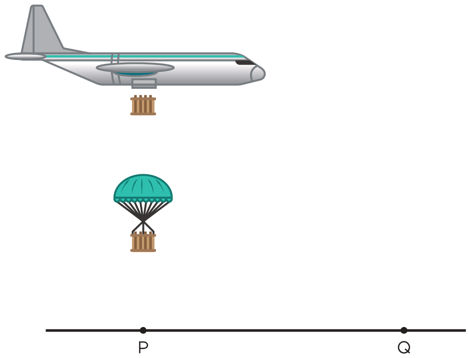
Desse modo, as esferas caem com as mesmas acelerações, independentemente de suas massas. Partindo do repouso e percorrendo as mesmas distâncias, as esferas chegam ao solo no mesmo instante e com as mesmas velocidades.

Entretanto, as energias cinéticas finais são distintas. Apesar de as esferas atingirem o solo com as mesmas velocidades, a esfera de aço, que tem massa maior que a da esfera de madeira, terá uma energia cinética maior. Como o plano horizontal de referência escolhido foi o solo, as energias potenciais gravitacionais finais das esferas são nulas e, consequentemente, suas energias mecânicas também serão diferentes.

DESENVOLVENDO » HABILIDADES

Aula 34

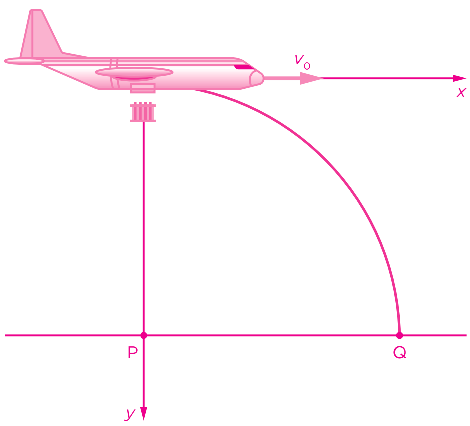
3 Um avião utilizado para ajuda humanitária viaja a uma velocidade de 360 km/h sobre uma região praticamente horizontal. À altura de 180 m do solo, libera pacotes de alimentos presos a paraquedas, quando, por causa de um defeito de fabricação, o paraquedas de um dos pacotes não abre.



O ponto P está situado no solo, na vertical que passa pelo avião no instante em que ele abandona o pacote, enquanto Q é o ponto em que o pacote toca o solo. Desprezando a resistência do ar durante a queda do pacote e considerando $g = 10$ m/s², determine:

a) as equações do movimento na direção vertical e na direção horizontal;

O lançamento horizontal é a composição de um movimento retilíneo horizontal com velocidade v_0 e uma queda livre vertical. Nesse caso, a velocidade de lançamento é igual à velocidade do avião.



Velocidade do avião (v_a):

$v_a = 360$ km/h $= 100$ m/s

Equações do movimento:

$x = v_0 \cdot t \Rightarrow x = 100 \cdot t$

$y = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \Rightarrow y = 5 \cdot t^2$

b) o instante em que o pacote chega ao solo;

No instante em que o pacote chega ao solo, $y = 180$ m. Assim, a equação do movimento fica:

$180 = 5 \cdot t^2$

$\therefore\ t = 6$ s

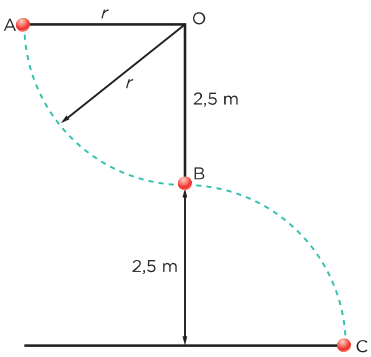
c) a distância PQ, em metros.

Substituindo o tempo de queda (calculado no item anterior) na equação do movimento na direção horizontal, obtemos:

$x = 100 \cdot 6$

$\therefore$ PQ $= x = 600$ m

4 A figura a seguir representa uma esfera de massa m presa ao ponto fixo O por meio de um fio de comprimento 2,5 m. A esfera é abandonada do repouso na posição A, em que o fio está esticado horizontalmente, e inicia um movimento circular até atingir um ponto B, situado na mesma vertical do ponto O. Nesse ponto, o fio se rompe. Com isso, a esfera fica sob ação exclusiva do seu peso até atingir o ponto C, que fica 2,5 m abaixo de B, como mostra a figura.



Desprezando eventuais dissipações de energia, determine:

a) a velocidade do corpo ao atingir o ponto B;

Como eventuais dissipações são desprezadas, a energia mecânica é constante. Assim, podemos escrever:

$$(E_P + E_C)_A = (E_P + E_C)_B \Rightarrow \left(\cancel{m} \cdot g \cdot h_A + \frac{1}{2} \cdot \cancel{m} \cdot v_A^2\right) = \left(\cancel{m} \cdot g \cdot h_B + \frac{1}{2} \cdot \cancel{m} \cdot v_B^2\right)$$

Colocando o referencial da energia potencial no plano horizontal que passa por B, vem:

$$(g \cdot 2{,}5 + 0) = \left(0 + \frac{1}{2} \cdot v_B^2\right)$$

Da expressão anterior, obtemos:

$v_B = \sqrt{2 \cdot g \cdot 2{,}5}$

$\therefore\ v_B = \sqrt{50}$ m/s (na direção horizontal, para a direita)

DESENVOLVENDO » HABILIDADES

b) a velocidade do corpo ao atingir o ponto C;

Como eventuais dissipações são desprezadas, a energia mecânica é constante. Logo, podemos escrever:

$$(E_P + E_C)_A = (E_P + E_C)_C$$

$$\left(\cancel{m} \cdot g \cdot h_A + \frac{1}{2} \cdot \cancel{m} \cdot v_A^2\right) = \left(\cancel{m} \cdot g \cdot h_C + \frac{1}{2} \cdot \cancel{m} \cdot v_C^2\right)$$

Colocando o referencial da energia potencial no plano horizontal que passa por C, temos:

$$(g \cdot 5 + 0) = \left(0 + \frac{1}{2} \cdot v_C^2\right)$$

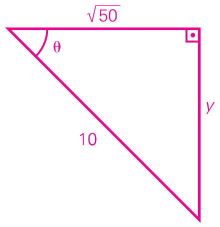
Da expressão anterior, obtemos:

$$v_C = \sqrt{2 \cdot g \cdot 5}$$

$\therefore\ v_C = 10\,\text{m/s}$ (na direção tangente à trajetória, para baixo)

c) o ângulo que o vetor velocidade forma com a direção horizontal quando o corpo atinge o ponto C.

Por se tratar de um lançamento horizontal, no trecho BC a componente horizontal da velocidade é constante ($v_x = v_B = \sqrt{50}$ m/s). Além disso, ao chegar ao ponto C, o corpo tem velocidade $v_C = 10$ m/s. Desse modo, pode-se concluir que o ângulo formado é de 45°, como ilustrado a seguir.



$$10^2 = \left(\sqrt{50}\right)^2 + y^2$$
$$y^2 = 100 - 50$$
$$y = \sqrt{50}$$
$$\therefore\ \theta = 45°$$

EXTRAS!

Aula 33

1 **ENEM**

No seu estudo sobre a queda dos corpos, Aristóteles afirmava que, se abandonarmos corpos leves e pesados de uma mesma altura, o mais pesado chegaria mais rápido ao solo. Essa ideia está apoiada em algo que é difícil de refutar, a observação direta da realidade baseada no senso comum.

Após uma aula de física, dois colegas estavam discutindo sobre a queda dos corpos, e um tentava convencer o outro de que tinha razão:

Colega A: "O corpo mais pesado cai mais rápido que um menos pesado, quando largado de uma mesma altura. Eu provo, largando uma pedra e uma rolha. A pedra chega antes. Pronto! Tá provado!".

Colega B: "Eu não acho! Peguei uma folha de papel esticado e deixei cair. Quando amassei, ela caiu mais rápido. Como isso é possível? Se era a mesma folha de papel, deveria cair do mesmo jeito. Tem que ter outra explicação!".

HÜLSENDEGER, M. Uma análise das concepções dos alunos sobre a queda dos corpos. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, n. 3, dez. 2004 (adaptado).

O aspecto físico comum que explica a diferença de comportamento dos corpos em queda nessa discussão é o(a)

a) peso dos corpos.

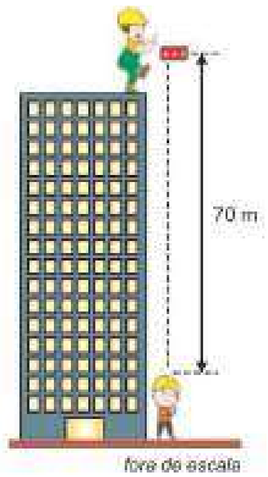
b) resistência do ar.

c) massa dos corpos.

d) densidade dos corpos.

e) aceleração da gravidade.

2 (Unifesp) Do alto de um edifício em construção, um operário deixa um tijolo cair acidentalmente, a partir do repouso, em uma trajetória vertical que passa pela posição em que outro operário se encontra parado, no solo. Um segundo depois do início da queda do tijolo, o operário no alto grita um alerta para o operário no solo.



Reprodução/Unifesp, 2019.

Considerando o dado da figura, a resistência do ar desprezível, $g = 10\ \text{m/s}^2$, a velocidade do som no ar igual a 350 m/s e $\sqrt{1400} = 37$, calcule:

a) a distância percorrida pelo tijolo entre os instantes $t = 1$ s e $t = 3$ s após o início de sua queda;

b) o intervalo de tempo, em segundos, que o operário no solo terá para reagir e se movimentar, depois de ter ouvido o grito de alerta emitido pelo operário no alto, e não ser atingido pelo tijolo.