b) Em ①: $H = 5{,}0 \cdot (2{,}0)^2 \therefore H = 20$ m

c) $v = v_0 + gt \Rightarrow v = 0 + 10 \cdot 2{,}0 \therefore v = 20$ m/s

P.107 a) Dados:

$v_0 = 0$; $g = 10$ m/s²

Pela equação de Torricelli, para $\Delta s = 1{,}0$ m, vem:

$v^2 = v_0^2 + 2\alpha\Delta s \Rightarrow v^2 = 2g\Delta s \Rightarrow v^2 = 2 \cdot 10 \cdot 1{,}0 \Rightarrow$

$\Rightarrow v^2 = 20 \therefore v \simeq 4{,}5$ m/s

b) O intervalo de tempo entre a batida de duas gotas consecutivas no solo é igual ao intervalo entre a saída de duas gotas consecutivas da torneira. Como saem 3 gotas por minuto, entre a 1ª e a 2ª, entre a 2ª e a 3ª e entre a 3ª e a 4ª, há 3 intervalos de 20 s, perfazendo 60 s ou 1 min. Observe que, ao sair a 4ª gota, começa a contagem do segundo minuto. Portanto, entre a saída ou entre a chegada de duas gotas consecutivas ao solo, há o intervalo: $\Delta t = 20$ s

P.108 a) Equação de Torricelli:

$v^2 = v_0^2 - 2g\Delta s \Rightarrow$

$\Rightarrow 0 = 15^2 - 2 \cdot 10 \cdot h_{máx.}$

$\therefore h_{máx.} = 11{,}25$ m

Vamos inicialmente calcular o tempo de subida da primeira bolinha:

$v = v_0 - gt \Rightarrow 0 = v_0 - gt_s \Rightarrow 0 = 15 - 10\, t_s$

$\therefore t_s = 1{,}5$ s

A primeira bolinha retorna ao solo no instante $t_{total} = 2t_s = 3{,}0$ s

Portanto, $t = 3{,}0$ s é o instante de lançamento da terceira bolinha.

b) Funções horárias do espaço:

Primeira bolinha: $s = s_0 + v_0 t - \frac{g}{2} t^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow s_1 = 0 + 15t - 5t^2$

Segunda bolinha: $s = s_0 + v_0 (t - 1) - \frac{g}{2} (t - 1)^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow s_1 = 0 + 15(t - 1) - 5(t - 1)^2$

No instante em que a primeira e a segunda bolinha se cruzam, temos:

$s_1 = s_2 \Rightarrow 15t - 5t^2 = 15(t - 1) - 5(t - 1)^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow 15t - 5t^2 = 15t - 15 - 5t^2 + 10t - 5 \Rightarrow$

$\Rightarrow 10t = 20 \therefore t = 2{,}0$ s

Para $t = 2{,}0$ s, temos: $s_1 = s_2 = H \Rightarrow$

$\Rightarrow H = 15 \cdot 2{,}0 - 5{,}0 \cdot (2{,}0)^2 \therefore H = 10$ m

Testes propostos LANÇAMENTO VERTICAL

T.77 Vamos calcular os tempos de queda dos dois objetos. Adotando a origem dos espaços como o ponto onde o objeto foi abandonado, a origem dos tempos nesse instante e orientando a trajetória para baixo, temos:

$$s = s_0 + v_0 t + \frac{g}{2} t^2 \Rightarrow H = 0 + 0 + \frac{g}{2} t_q^2 \Rightarrow t_q = \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

1º objeto: $H = 80 \text{ m} \Rightarrow t_q = \sqrt{\frac{2 \cdot 80}{10}} \therefore t_q = 4{,}0$ s

2º objeto: $H = 20 \text{ m} \Rightarrow t_q = \sqrt{\frac{2 \cdot 20}{10}} \therefore t_q = 2{,}0$ s

Como os objetos colidem simultaneamente com o solo, concluímos que o segundo objeto parte 2,0 s após o primeiro, isto é, $t_1 = 2{,}0$ s.

Resposta: b

T.78 Vamos calcular os tempos de queda de cada gota. Adotando a origem dos espaços como o ponto onde uma gota foi abandonada, a origem dos tempos nesse instante e orientando a trajetória para baixo, temos:

$$s = s_0 + v_0 t + \frac{g}{2} t^2 \Rightarrow H = 0 + 0 + \frac{g}{2} t_q^2 \Rightarrow t_q = \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

Para $H = 45$ cm $= 0{,}45$ m, temos:

$$t_q = \sqrt{\frac{2 \cdot 0{,}45}{10}} \therefore t_q = 0{,}3 \text{ s}$$

A distância entre duas fileiras consecutivas de gotas da massa sobre a esteira é igual a distância que a esteira percorre em 0,3 s:

$\Delta s = v \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta s = 20 \text{ (cm/s)} \cdot 0{,}3 \text{ (s)} \Rightarrow \Delta s = 6$ cm

Resposta: e

T.79 Aplicando a equação de Torricelli, com a trajetória orientada para cima ($\alpha = -g$), temos:

$v^2 = v_0^2 + 2(-g)\Delta s \Rightarrow 0 = v_0^2 - 2 \cdot 10 \cdot 3{,}2$

$\therefore v_0 = 8{,}0$ m/s

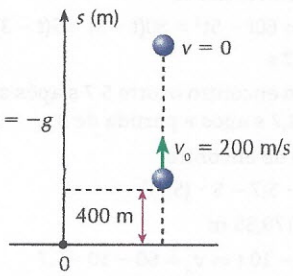
Resposta: d

T.80 $s = s_0 + v_0 t + \frac{\alpha}{2} t^2 \Rightarrow h = 0 + 0 + \frac{50}{2} \cdot 4^2$

$\therefore h = 400$ m

Resposta: e

T.81



No instante $t = 4$ s, a velocidade do foguete vale:

$v = v_0 + \alpha t \Rightarrow v = 0 + 50 \cdot 4 \therefore v = 200$ m/s

Esta é a velocidade inicial do movimento do foguete sob a ação da gravidade:

$v^2 = v_0^2 - 2g(s - s_0) \Rightarrow 0 = 200^2 - 2 \cdot 10(s - 400)$

$\therefore s = 2.400$ m

Resposta: b

T.82 Sendo H a altura do pulo do Super-homem (altura máxima), T o tempo que ele permanece no ar (tempo de subida), v_m a velocidade média entre o instante de partida e o instante em que atinge a altura máxima e v_0 a velocidade inicial, temos:

1º) $v_m = \frac{H}{T} \Rightarrow H = v_m \cdot T$: a altura do pulo é proporcional à velocidade média multiplicada pelo tempo que permanece no ar.

2º) $v = v_0 - gt \Rightarrow 0 = v_0 - gT \Rightarrow T = \frac{v_0}{g}$: o tempo que permanece no ar depende da velocidade inicial.

Resposta: e

a) Como $v^2 = v_0^2 + 2\alpha\Delta s$, vem:

$0 = 16^2 - 2 \cdot 10 \cdot h_{máx.}$

$\therefore h_{máx.} = 12{,}8$ m

b) $v = v_0 + \alpha t \Rightarrow 0 = 16 - 10 \cdot t_s$

$\therefore t_s = 1{,}6$ s

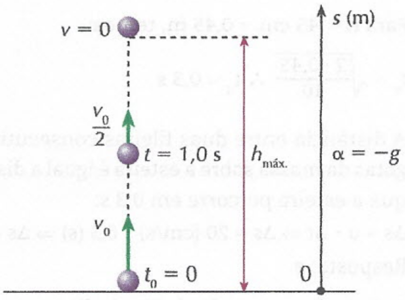
c) $s = 16t - 5t^2 \Rightarrow s = 16 \cdot 3 - 5 \cdot 3^2$

$\therefore s = 3$ m

$v = 16 - 10t \Rightarrow v = 16 - 10 \cdot 3$

$\therefore v = -14$ m/s (descendo)

P.101



De $v = v_0 + \alpha t$, temos:

$\frac{v_0}{2} = v_0 - 10 \cdot 1{,}0$

$\therefore v_0 = 20$ m/s

De $v^2 = v_0^2 + 2\alpha\Delta s$, vem:

$0 = (20)^2 + 2 \cdot (-10) \cdot h_{máx.}$

$\therefore h_{máx.} = 20$ m

P.102 a) $s_A = 60t - 5t^2$ (SI) $\quad s_B = 80(t - 3) - 5(t - 3)^2$ (SI)

No encontro, temos:

$s_A = s_B \Rightarrow 60t - 5t^2 = 80(t - 3) - 5(t - 3)^2$

$\therefore t = 5{,}7$ s

Assim, o encontro ocorre 5,7 s após a partida de A e 2,7 s após a partida de B.

Posição de encontro:

$s_A = 60 \cdot 5{,}7 - 5 \cdot (5{,}7)^2$

$\therefore s_A = 179{,}55$ m

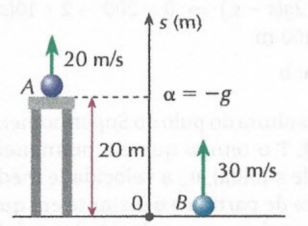
b) $v_A = 60 - 10\,t \Rightarrow v_A = 60 - 10 \cdot 5{,}7$

$\therefore v_A = 3$ m/s $= 10{,}8$ km/h

$v_B = 80 - 10(t - 3) \Rightarrow v_B = 80 - 10 \cdot (5{,}7 - 3)$

$\therefore v_B = 53$ m/s $= 190{,}8$ km/h

P.103



a) $s_A = 20 + 20t - 5t^2$ (SI)

$s_B = 30t - 5t^2$ (SI)

No encontro, temos $s_A = s_B$, então:

$20 + 20t - 5t^2 = 30t - 5t^2$

$\therefore t = 2$ s

b) $s_A = 20 + 20 \cdot 2 - 5 \cdot 2^2$

$\therefore s_A = 40$ m

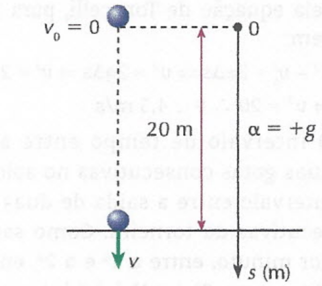
c) $v_A = 20 - 10t \Rightarrow v_A = 20 - 10 \cdot 2$

$\therefore v_A = 0$

$v_B = 30 - 10t \Rightarrow v_B = 30 - 10 \cdot 2$

$\therefore v_B = 10$ m/s

P.104

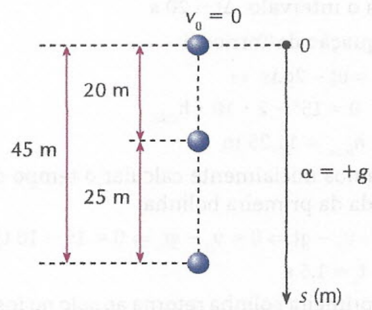


a) Como $v^2 = v_0^2 + 2\alpha\Delta s$, temos:

$v^2 = 0^2 + 2 \cdot 10 \cdot 20 \therefore v = 20$ m/s

b) $v_m = \frac{v_0 + v}{2} = \frac{0 + 20}{2} \therefore v_m = 10$ m/s

P.105



a) $s = \frac{g}{2}t^2 \Rightarrow s = 5{,}0t^2$

$s_1 = 20$ m $\Rightarrow 20 = 5{,}0 \cdot (t_1)^2 \therefore t_1 = 2{,}0$ s

Portanto, o intervalo de tempo para o corpo percorrer os primeiros 20 m é de:

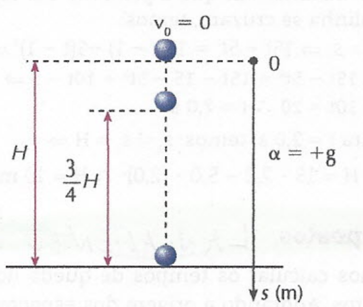
$\Delta t = t_1 - t_0 \therefore \Delta t = 2{,}0$ s

b) $s_2 = 45$ m $\Rightarrow 45 = 5{,}0 \cdot (t_2)^2 \therefore t_2 = 3{,}0$ s

Portanto, o intervalo de tempo para o corpo percorrer os últimos 25 m é de:

$\Delta t = t_2 - t_1 = 3{,}0 - 2{,}0 \therefore \Delta t = 1{,}0$ s

P.106



a) $s = \frac{g}{2}t^2 \Rightarrow s = 5{,}0t^2 \Rightarrow H = 5{,}0t^2$ ①

$\frac{H}{4} = 5{,}0(t - 1)^2$ ②

Dividindo ① por ②, vem:

$\frac{H}{\frac{H}{4}} = \frac{5{,}0t^2}{5{,}0(t - 1)^2} \Rightarrow 4 = \frac{t^2}{(t - 1)^2} \Rightarrow$

$\Rightarrow 2 = \frac{t}{t - 1} \therefore t = 2{,}0$ s

T.90 $s_A = \cancel{s_{0_A}}^{0} + \cancel{v_{0_A}}^{0} \cdot t + \frac{\alpha}{2}t^2$

$s_A = 5t^2$ (SI) ①

$s_B = v_{0_B} \cdot (t - 2) + 5(t - 2)^2$ (SI) ②

Ao atingir o solo, temos: $s_A = s_B = 125$ m

Portanto, em ①: $125 = 5t^2$

$\therefore t = 5$ s

Em ②: $125 = v_{0_B}(5 - 2) + 5 \cdot (5 - 2)^2$

$\therefore v_{0_B} = \frac{80}{3}$ m/s $\simeq 26{,}6$ m/s

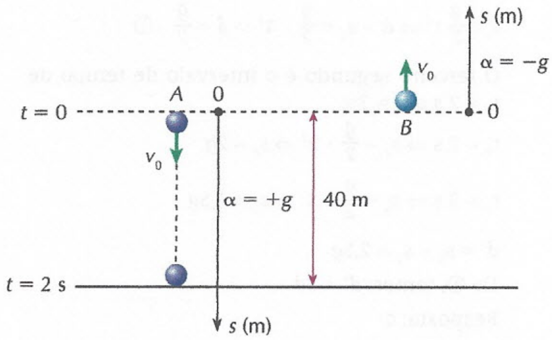
Como v_{0_B} resultou em positivo, seu sentido é o do eixo adotado, isto é, para baixo.

Resposta: b

T.91 Móvel A:

$s = s_0 + v_0 t + \frac{\alpha}{2}t^2 \Rightarrow 40 = 0 + v_0 \cdot 2 + \frac{10}{2} \cdot 2^2$

$\therefore v_0 = 10$ m/s



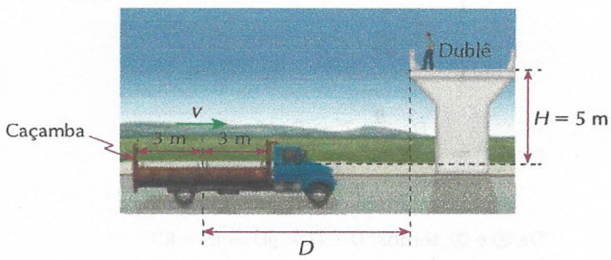
O intervalo de tempo Δt com que o móvel B chega ao solo depois de A corresponde ao intervalo de tempo que ele demora para subir e retornar ao ponto de partida:

Móvel B: $v = v_0 + \alpha t \Rightarrow 0 = 10 - 10 \cdot t_s \Rightarrow t_s = 1$ s

Portanto: $\Delta t = 2t_s = 2$ s

Resposta: b

T.92



A velocidade ideal do caminhão é aquela em que o dublê cai bem no centro da caçamba. Para o cálculo da velocidade ideal (v_{ideal}), devemos dividir a distância D, percorrida pelo caminhão, pelo tempo de queda do dublê (T):

$v_{ideal} = \frac{D}{T}$

Cálculo do tempo de queda T.

Adotando a origem dos espaços como o ponto onde o dublê se larga, a origem dos tempos nesse instante e orientando a trajetória para baixo, temos:

$s = s_0 + v_0 t + \frac{g}{2}t^2 \Rightarrow H = 0 + 0 + \frac{g}{2}T^2 \Rightarrow T = \sqrt{\frac{2H}{g}} \Rightarrow$

$\Rightarrow T = \sqrt{\frac{2 \cdot 5}{10}} \therefore T = 1$ s

As velocidades máxima e mínima do caminhão são, respectivamente:

$v_{máx.} = \frac{D + 3}{T}$ e $v_{mín.} = \frac{D - 3}{T}$

Para que o dublê caia dentro da caçamba, v pode diferir da velocidade ideal, em módulo:

$v_{máx.} - v_{ideal} = \frac{D + 3}{T} - \frac{D}{T} = \frac{3 \text{ m}}{1 \text{ s}}$

$\therefore v = 3$ m/s

$v_{ideal} - v_{mín.} = \frac{D}{T} - \frac{D - 3}{T} = \frac{3 \text{ m}}{1 \text{ s}}$

$\therefore v = 3$ m/s

A velocidade v do caminhão pode diferir da velocidade ideal no máximo de 3 m/s.

Resposta: b

T.93 Tempo de queda do vaso até o homem:

$s = s_0 + v_0 t_1 + \frac{\alpha}{2}t_1^2 \Rightarrow 18 = \frac{10}{2}t_1^2$

$\therefore t_1 \simeq 1{,}9$ s

Tempo para o alerta sonoro chegar ao homem ($v_{som} = 340$ m/s; $x = 34$ m):

$x = v_{som} \cdot t_2 \Rightarrow 34 = 340 \cdot t_2$

$\therefore t_2 = 0{,}1$ s

Tempo de reação do homem após ouvir o alerta: $t_3 = 0{,}05$ s

Tempo até a pessoa emitir o alerta: $t_4 = 1{,}5$ s

Tempo para o homem sair do lugar:

$t = t_2 + t_3 + t_4 = 0{,}1 + 0{,}05 + 1{,}5$

$\therefore t = 1{,}65$ s

Portanto, o homem sai do lugar antes de ser atingido, pois $t < t_1$.

Quando o homem sai do lugar em $t = 1{,}65$ s, a posição do vaso será dada por:

$s' = s_0 + v_0 t + \frac{\alpha}{2}t^2 \Rightarrow s' = \frac{10}{2} \cdot (1{,}65)^2$

$\therefore s' \simeq 13{,}6$ m

A posição do vaso em relação ao solo, nesse instante, será:

$H = 20 - 13{,}6$

$\therefore H = 6{,}4$ m

Resposta: d

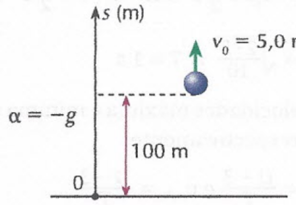
Capítulo 6

Gráficos do MU e do MUV

Para pensar

Para a construção de outros gráficos que permitissem a análise do movimento do atleta, poderíamos relacionar as grandezas físicas espaço (s) e tempo (t), aceleração (a) e tempo (t), força (F) e tempo (t); entre outras. Os exemplos a seguir se baseiam em dados do atleta Usain Bolt em uma prova de 100 m rasos.

T.83 No instante em que o parafuso escapa, sua velocidade é a mesma do foguete ($v_0 = 5{,}0$ m/s).



$s = s_0 + v_0t + \frac{\alpha}{2}t^2 \Rightarrow s = 100 + 5{,}0t - 5{,}0t^2$

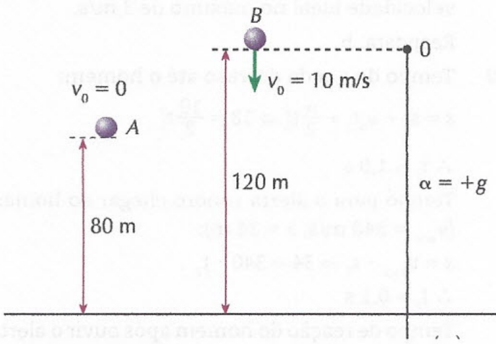
No instante em que o parafuso atinge o solo, temos: $s = 0$

Portanto: $0 = 100 + 5{,}0t - 5{,}0t^2$

$t^2 - t - 20 = 0 \therefore \begin{cases} t = 5{,}0 \text{ s} \\ \text{ou} \\ t = -4{,}0 \text{ s (não serve)} \end{cases}$

Resposta: d

T.84



Instante em que o móvel A atinge o solo:

$s_A = s_{0_A} + v_{0_A}t + \frac{g}{2}t^2$

$80 = 0 + 0 + \frac{10}{2}t_A^2$

$\therefore t_A = 4{,}0$ s

Instante em que o móvel B atinge o solo:

$s_B = s_{0_B} + v_{0_B}t + \frac{g}{2}t^2$

$120 = 0 + 10t_B + 5t_B^2$

$t_B^2 + 2t_B - 24 = 0$

$t_B = \frac{-2 \pm \sqrt{4 - 4 \cdot 1 \cdot (-24)}}{2}$

$\therefore t_B = 4{,}0$ s ou $t_B = -6{,}0$ s (não serve)

Conclusão: A e B chegam ao solo no mesmo instante.

Resposta: a

T.85 Adotando a origem dos espaços como o ponto onde as esferas foram lançadas, a origem dos tempos nesse instante e orientando a trajetória para baixo, temos:

$s = s_0 + v_0t + \frac{g}{2}t^2 \Rightarrow H = v_0t + \frac{g}{2}t^2 \Rightarrow v_0 = \frac{H}{t} - \frac{gt}{2}$

As esferas de chumbo e de vidro chegam juntas ao solo (mesmo t). Logo, suas velocidades de lançamento (representadas por v_0) são iguais, isto é, $v_1 = v_3$. A esfera de alumínio é a primeira a alcançar o solo (menor valor de t). Portanto, sua velocidade de lançamento (v_2) é a maior: $v_1 = v_3 < v_2$

Resposta: b

T.86 De $v^2 = v_0^2 + 2\alpha\Delta s$ e sendo $v_0 = 0$ e $\alpha = g$, temos:

$v^2 = 2g\Delta s \Rightarrow v^2 = 2gh$ ①

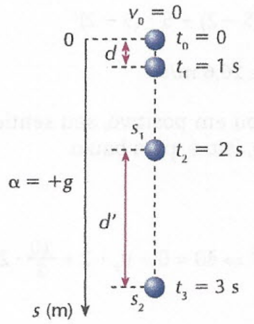
e

$(3v)^2 = 2gh_1 \Rightarrow 9v^2 = 2gh_1$ ②

De ① e ②, temos: $9 \cdot 2gh = 2gh_1 \Rightarrow h_1 = 9h$

Resposta: e

T.87



$s = \frac{g}{2}t^2 \Rightarrow d = s_1 = \frac{g}{2} \cdot 1^2 \Rightarrow d = \frac{g}{2}$ ①

O terceiro segundo é o intervalo de tempo de $t_2 = 2$ s a $t_3 = 3$ s.

$t_2 = 2 \text{ s} \Rightarrow s_2 = \frac{g}{2} \cdot 2^2 \Rightarrow s_2 = 2g$

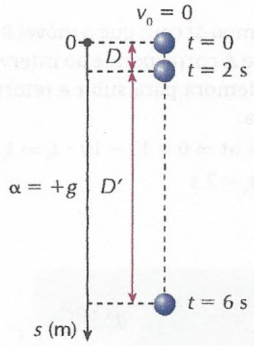
$t_3 = 3 \text{ s} \Rightarrow s_3 = \frac{g}{2} \cdot 3^2 \Rightarrow s_3 = 4{,}5g$

$d' = s_3 - s_2 = 2{,}5g$

De ①, temos: $d' = 5d$

Resposta: c

T.88



$s = \frac{g}{2}t^2 \Rightarrow \begin{cases} D = \frac{g}{2} \cdot 2^2 \Rightarrow D = 2g \text{ ①} \\ D + D' = \frac{g}{2} \cdot 6^2 \Rightarrow D + D' = 18g \text{ ②} \end{cases}$

De ① e ②, temos: $D + D' = 9D \Rightarrow D' = 8D$

Resposta: d

T.89 Vamos indicar os instantes t_1, t_2, t_3 e t_4, respectivamente, por T, 2T, 3T e 4T

$s_3 - s_2 = \frac{g}{2} \cdot (3T)^2 - \frac{g}{2} \cdot (2T)^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow 6{,}25 = \frac{5gT^2}{2} \Rightarrow \frac{gT^2}{2} = \frac{6{,}25}{5}$ ①

$h = \frac{g}{2} \cdot (4T)^2 \Rightarrow h = 16 \cdot \frac{gT^2}{2}$

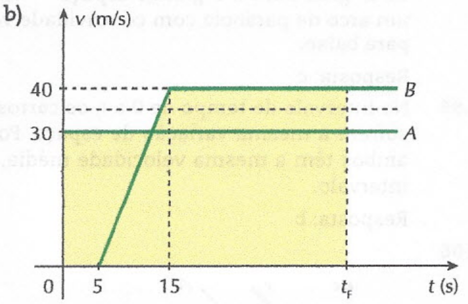
De ①, vem: $h = 16 \cdot \frac{6{,}25}{5} \therefore h = 20$ m

Resposta: e

Logo:

$d = \Delta s_A - \Delta s_B = 450\ \text{m} - 200\ \text{m} \Rightarrow$
$\Rightarrow d = 250\ \text{m}$

b)



$\Delta s_A = \Delta s_B$

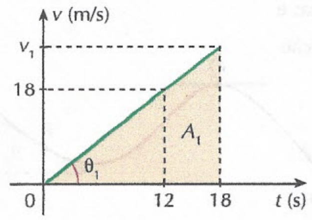
$30 \cdot t_E = \dfrac{10 \cdot 40}{2} + 40 \cdot (t_E - 15)$

$30t_E = 200 + 40t_E - 600$

$\therefore t_E = 40\ \text{s}$

O veículo B alcança o veículo A 40 s após A passar pelo posto policial.

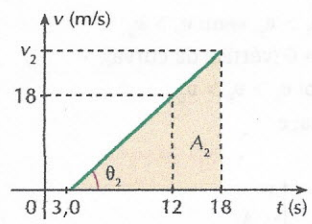
P.125 a) Móvel 1:



$\alpha_1 \overset{N}{=} \text{tg}\ \theta_1$

$\text{tg}\ \theta_1 = \dfrac{18}{12} = 1{,}5 \therefore \alpha_1 = 1{,}5\ \text{m/s}$

Móvel 2:



$\alpha_2 \overset{N}{=} \text{tg}\ \theta_2$

$\text{tg}\ \theta_2 = \dfrac{18}{9{,}0} = 2{,}0 \therefore \alpha_2 = 2{,}0\ \text{m/s}^2$

b) Móvel 1:

$v_1 = \alpha_1 \cdot t \Rightarrow v_1 = 1{,}5 \cdot 18 \therefore v_1 = 27\ \text{m/s}$

De 0 a 18 s, o móvel 1 percorreu:

$\Delta s_1 \overset{N}{=} A_1 \Rightarrow \Delta s_1 = \dfrac{18 \cdot 27}{2} \therefore \Delta s_1 = 243\ \text{m}$

Móvel 2:

$v_2 = \alpha_2(t - 3{,}0) \Rightarrow v_2 = 2{,}0 \cdot (18 - 3{,}0) \therefore v_2 = 30\ \text{m/s}$

De 3,0 s a 18 s, o móvel 2 percorreu:

$\Delta s_2 \overset{N}{=} A_2 \Rightarrow \Delta s_2 = \dfrac{15 \cdot 30}{2} \therefore \Delta s_2 = 225\ \text{m}$

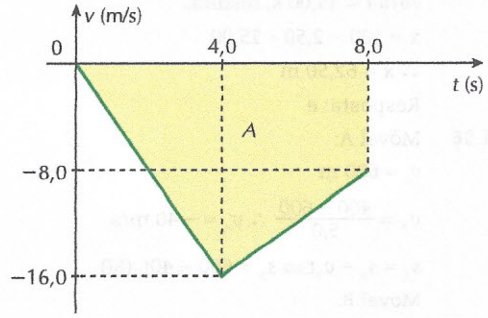
Logo, até o instante 18 s, o móvel 2 não conseguiu alcançar o móvel 1.

P.126 No gráfico $\alpha \times t$, $A \overset{N}{=} \Delta v$. Portanto,

$A_1 = 4{,}0 \cdot 4{,}0 = 16{,}0 \therefore \Delta v_1 = -16{,}0\ \text{m/s} \Rightarrow$
$\Rightarrow v_4 - v_0 = -16{,}0\ \text{m/s} \Rightarrow v_4 = -16{,}0\ \text{m/s}$

$A_2 = 4{,}0 \cdot 2{,}0 = 8{,}0 \therefore \Delta v_2 = 8{,}0\ \text{m/s} \Rightarrow$
$\Rightarrow v_8 - v_4 = 8{,}0\ \text{m/s} \Rightarrow v_8 = -8{,}0\ \text{m/s}$

O gráfico da velocidade será:



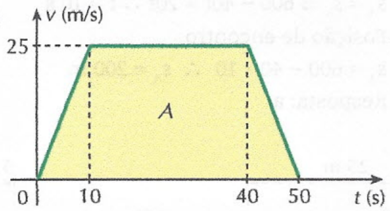
No gráfico $v \times t$, $A \overset{N}{=} \Delta s$. Então:

$A = \dfrac{4{,}0 \cdot 16{,}0}{2} + \dfrac{(16{,}0 + 8{,}0) \cdot 4{,}0}{2} \therefore \Delta s = -80\ \text{m} \Rightarrow$

$\Rightarrow s - s_0 = -80\ \text{m} \Rightarrow s - 100\ \text{m} = -80\ \text{m}$

$\therefore s = 20\ \text{m}$

P.127 a)



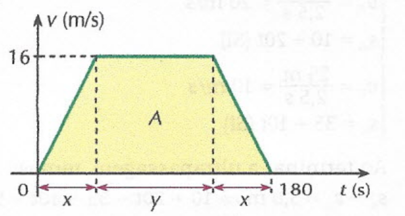
b) $\Delta s \overset{N}{=}$ Área

Área $= \dfrac{50 + 30}{2} \cdot 25 = 1.000$

Portanto: $\Delta s = 1.000\ \text{m}$

P.128 a) $v_m = \dfrac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow v_m = \dfrac{2.520\ \text{m}}{180\ \text{s}} \Rightarrow v_m = 14\ \text{m/s}$

b)



$\Delta s \overset{N}{=} A \Rightarrow 2.520 = \left(\dfrac{180 + y}{2}\right) \cdot 16 \therefore y = 135\ \text{s}$

Pelo gráfico acima, temos:

$x + y + x = 180 \Rightarrow 2x + 135 = 180 \therefore x = 22{,}5\ \text{s}$

O tempo gasto para o trem alcançar a velocidade máxima será de 22,5 s.

Testes propostos

GRÁFICOS DO MU E MUV

T.94 Comparando os trechos (1) e (2), notamos que (2) é mais inclinado do que (1), em relação ao eixo horizontal ou eixo dos tempos. Logo, a velocidade no trecho (2) é maior do que no trecho (1). Portanto, a pessoa andou (1), correu (2), parou (3) e novamente andou (4).

Resposta: a

T.95 De $x = x_0 + vt$, sendo $v = -2{,}50$ m/s e $x = 25{,}00$ m para $t = 30{,}00$ s, vem:

$25{,}00 = x_0 - 2{,}50 \cdot 30{,}00$

$\therefore x_0 = 100{,}0$ m

Logo:

$x = 100{,}0 - 2{,}50 \cdot t$ (SI)

Para $t = 15{,}00$ s, resulta:

$x = 100 - 2{,}50 \cdot 15{,}00$

$\therefore x = 62{,}50$ m

Resposta: e

T.96 Móvel A:

$s_0 = 600$ m

$v_A = \dfrac{400 - 600}{5{,}0} \therefore v_A = -40$ m/s

$s_A = s_0 + v_A t \Rightarrow s_A = 600 - 40t$ (SI)

Móvel B:

$s_0 = 0$

$v_B = \dfrac{100 - 0}{5{,}0} \therefore v_B = 20$ m/s

$s_B = s_0 + v_B t \Rightarrow s_B = 20t$ (SI)

Instante de encontro:

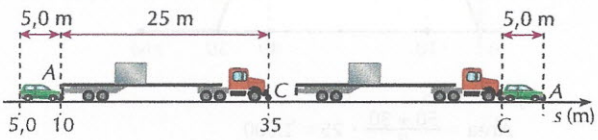
$s_A = s_B \Rightarrow 600 - 40t = 20t \therefore t = 10$ s

Posição de encontro:

$s_A = 600 - 40 \cdot 10 \therefore s_A = 200$ m

Resposta: a

T.97



Início da ultrapassagem   Término da ultrapassagem

Do gráfico, temos:

$$\begin{cases} v_A = \dfrac{50\text{ m}}{2{,}5\text{ s}} = 20\text{ m/s} \\ s_A = 10 + 20t\text{ (SI)} \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_C = \dfrac{25\text{ m}}{2{,}5\text{ s}} = 10\text{ m/s} \\ s_C = 35 + 10t\text{ (SI)} \end{cases}$$

Ao terminar a ultrapassagem, temos:

$s_A - s_C = 5{,}0\text{ m} \Rightarrow 10 + 20t - 35 - 10t = 5{,}0 \Rightarrow$

$\Rightarrow 10t = 30 \therefore t = 3{,}0$ s

Em 3,0 s, o automóvel percorre:

$v_A = \dfrac{\Delta s_A}{\Delta t} \Rightarrow 20 = \dfrac{\Delta s_A}{3{,}0} \therefore \Delta s_A = 60$ m

Resposta: e

T.98 1º trecho: A locomotiva parte do repouso com aceleração constante. O movimento é uniformemente acelerado, a função horária do espaço é do 2º grau em t e o gráfico espaço × tempo é um arco de parábola com concavidade voltada para cima.

2º trecho: A velocidade escalar é constante e o movimento é uniforme. A função horária do espaço é do 1º grau em t e o gráfico espaço × tempo é um segmento de reta inclinado em relação aos eixos e crescente.

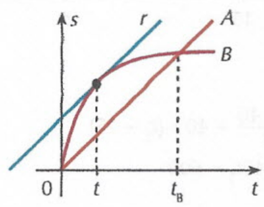
3º trecho: A locomotiva reduz a velocidade com aceleração constante. O movimento é uniformemente retardado, a função horária do espaço é do 2º grau em t e o gráfico espaço × tempo é um arco de parábola com concavidade voltada para baixo.

Resposta: c

T.99 No intervalo de tempo de 0 a t, os carros A e B sofrem a mesma variação de espaço. Por isso, ambos têm a mesma velocidade média, nesse intervalo.

Resposta: b

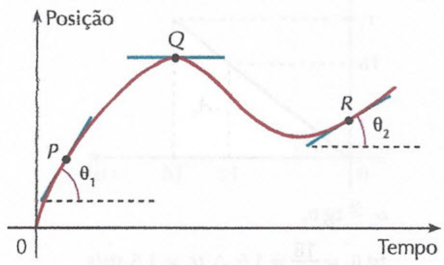
T.100



No instante *t* assinalado na figura, a reta *r* tangente à curva *B* é paralela à reta *A*. Significa que, nesse instante, a velocidade do trem *B* é igual à velocidade do trem *A*.

Resposta: e

T.101



$v_P \overset{N}{=} \text{tg } \theta_1$

$v_R \overset{N}{=} \text{tg } \theta_2$

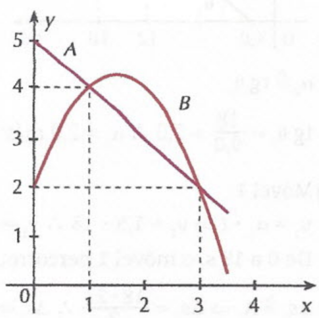
Sendo $\theta_1 > \theta_2$, vem: $v_P > v_R$

Mas $v_Q = 0$ (vértice da curva).

Portanto: $v_P > v_R > v_Q$

Resposta: c

T.102



O veículo A realiza um MU: $s_A = s_{0_A} + v_A t$

Do gráfico: $s_{0_A} = 5$ m e $v_A = \dfrac{\Delta s}{\Delta t} = \dfrac{2 - 5}{3 - 0}$

$\therefore v_A = -1$ m/s

Portanto: $s_A = 5 - t$ (SI)

O veículo B realiza um MUV: $s_B = s_{0_B} + v_B t + \dfrac{\alpha}{2}t^2$

Do gráfico:

$s_{0_B} = 2$ m

Para $t = 1$ s $\Rightarrow s_B = 4$ m $\Rightarrow$

$\Rightarrow 4 = 2 + v_B \cdot 1 + \frac{\alpha}{2} \cdot (1)^2 \Rightarrow 2 = v_B + \frac{\alpha}{2}$ ①

Para $t = 3$ s $\Rightarrow s_B = 2$ m $\Rightarrow$

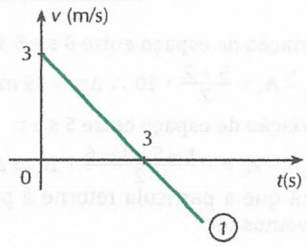
$\Rightarrow 2 = 2 + v_B \cdot 3 + \frac{\alpha}{2} \cdot 3^2 \Rightarrow 0 = 3v_B + 9\frac{\alpha}{2}$ ②

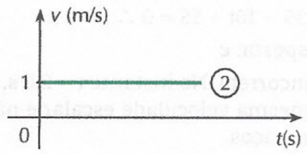
De ① e ②: $v_B = 3$ m/s e $\alpha = -2$ m/s²

Portanto: $s_B = 2 + 3t - t^2$ (SI)

Resposta: d

T.103





①: $v_0 = 3$ m/s

$\alpha = \frac{0-3}{3}$ m/s² $= -1$ m/s²

$s_1 = 3t - \frac{1}{2}t^2$ (SI)

②: $v = 1$ m/s

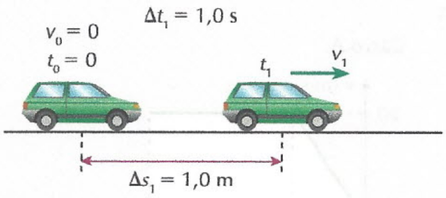
$s_2 = 1t$ (SI)

A condição para que os carrinhos voltem a ficar lado a lado é:

$s_1 = s_2 \Rightarrow 3t - \frac{1}{2}t^2 = 1t \Rightarrow \frac{1}{2}t^2 - 2t = 0 \therefore \begin{cases} t = 0 \\ \text{ou} \\ t = 4 \text{ s} \end{cases}$

Resposta: d

T.104



$v_m = \frac{\Delta s_1}{\Delta t_1} = \frac{v_0 + v_1}{2}$

$\frac{1,0}{1,0} = \frac{0 + v_1}{2}$

$\therefore v_1 = 2,0$ m/s

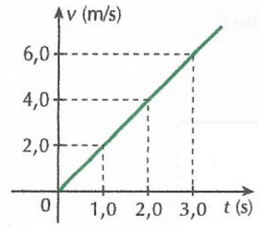
Substituindo v_0 e v_1 na função horária da velocidade, temos:

$v_1 = v_0 + \alpha t \Rightarrow$

$\Rightarrow 2,0 = 0 + \alpha \cdot 1,0$

$\therefore \alpha = 2,0$ m/s²

Função horária da velocidade: $v = 2,0t$ (SI)



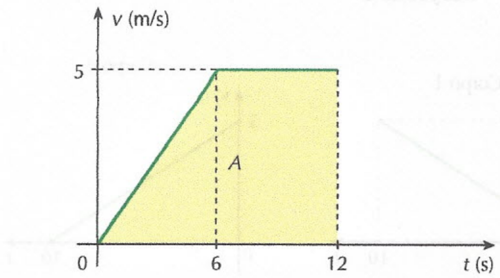
Resposta: a

T.105 Cálculo do tempo que o pavio demora para queimar até atingir o barril:

$s = s_0 + v \cdot t$

$0,6 = 0 + 5 \cdot 10^{-2} \cdot t$

$\therefore t = 12$ s



Cálculo da distância da rocha até o ponto em que o pavio foi aceso:

$\Delta s \overset{N}{=} A_{\text{trapézio}} \Rightarrow$

$\Rightarrow \Delta s = \frac{12 + 6}{2} \cdot 5$

$\therefore \Delta s = 45$ m

Resposta: e

T.106 $v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow 8,0 = \frac{100}{t - 0} \therefore t = 12,5$ s

$\Delta s \overset{N}{=} A \Rightarrow$

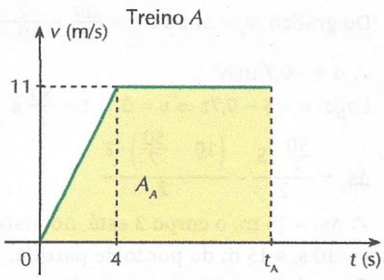
$\Rightarrow 100 = \frac{5,5 \cdot 12}{2} + 3,0 \cdot 12 + \frac{12 + v}{2} \cdot (12,5 - 8,5) \Rightarrow$

$\Rightarrow 100 = 33 + 36 + 24 + 2v$

$\therefore v = 3,5$ m/s

Resposta: b

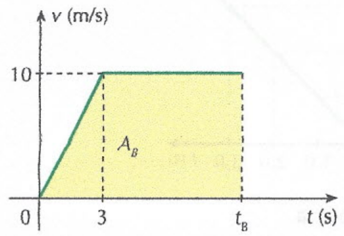
T.107



$A_A = \frac{t_A + (t_A - 4)}{2} \cdot 11 = 100$

$\therefore t_A \simeq 11,1$ s

Treino *B*



$$A_B = \frac{t_B + (t_B - 3)}{2} \cdot 10 = 100$$

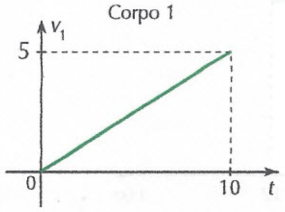
$\therefore t_B = 11{,}5$ s

No treino A, o atleta levou 0,4 s (11,5 s − 11,1 s) a menos que no B.

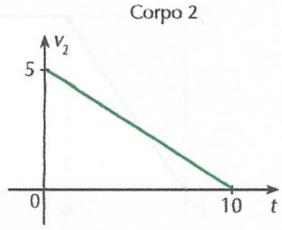
Resposta: **b**

T.108

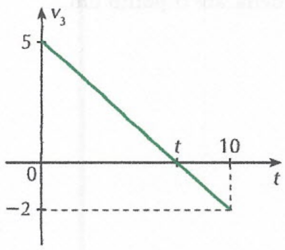
Corpo 1



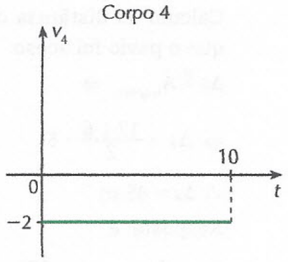
Corpo 2



Corpo 3



Corpo 4



Em cada caso, vamos calcular a variação do espaço pela propriedade da área.

Corpo 1: $\Delta s_1 = \frac{10 \cdot 5}{2} \therefore \Delta s_1 = 25$ m; o corpo 1 está no instante t = 10 s a 25 m do ponto de partida.

Corpo 2: $\Delta s_2 = \frac{10 \cdot 5}{2} \therefore \Delta s_2 = 25$ m; o corpo 2 está no instante t = 10 s a 25 m do ponto de partida.

Corpo 3: Cálculo do instante t

Função horária da velocidade: $v = v_0 + \alpha t$

Do gráfico: $v_0 = 5$m/s e $\alpha = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-2-5}{10-0}$

$\therefore \alpha = -0{,}7$ m/s²

Logo: $v = 5 - 0{,}7t \Rightarrow v = 0 \therefore t = \frac{50}{7}$ s

$$\Delta s_3 = \frac{\frac{50}{7} \cdot 5}{2} - \frac{\left(10 - \frac{50}{7}\right) \cdot 2}{2}$$

$\therefore \Delta s_3 = 15$ m: o corpo 3 está, no instante t = 10 s, a 15 m do ponto de partida.

Corpo 4: $\Delta s_4 = -10 \cdot 2 \Rightarrow \Delta s_4 = -20$ m; o corpo 4 está no instante t = 10 s a 20 m do ponto de partida.

Observação:

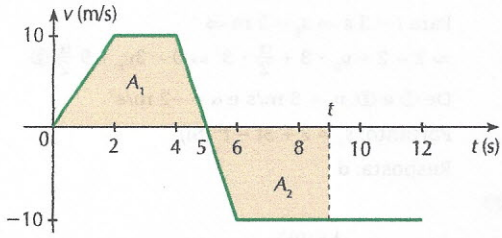
O valor de Δs_3 poderia ser calculado pela função horária dos espaços:

$$\Delta s_3 = v_0 t + \frac{\alpha}{2} t^2 \Rightarrow \Delta s_3 = 5 \cdot 10 + \frac{-0{,}7}{2} \cdot 10^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta s_3 = 50 - 35 \therefore \Delta s_3 = 15 \text{ m}$$

Resposta: **d**

T.109



Variação de espaço entre 0 s e 5 s:

$$\Delta s_1 \overset{N}{=} A_1 = \frac{5+2}{2} \cdot 10 \therefore \Delta s_1 = 35 \text{ m}$$

Variação de espaço entre 5 *s* e t:

$$\Delta s_2 \overset{N}{=} -A_2 = -\frac{t-5+t-6}{2} \cdot 10 \Rightarrow \Delta s_2 = -10t + 55$$

Para que a partícula retorne à posição inicial, devemos ter:

$\Delta s_1 + \Delta s_2 = 0 \Rightarrow A_1 - A_2 = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow 35 - 10t + 55 = 0 \therefore t = 9$ s

Resposta: **c**

T.110 a) Incorreta. No instante t = 2,0 s, os carros têm mesma velocidade escalar e não os mesmos espaços.

b) Correta.

Carro 1: $\Delta s_1 = \frac{4{,}0 \cdot 20}{2} \therefore \Delta s_1 = 40$ m

Carro 2: $\Delta s_2 = 4{,}0 \cdot 10 \therefore \Delta s_2 = 40$ m

Como os carros percorrem a mesma trajetória retilínea e passam pela mesma posição em t = 0 s, concluímos que, no instante t = 4,0 s, seus espaços são iguais.

c) Incorreta. O carro I percorre 30 m nos primeiros 2,0 s de movimento.

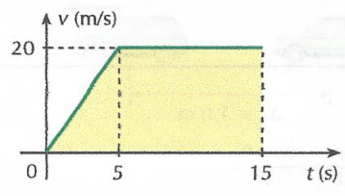
d) Incorreta. O carro II percorre 20 m nos primeiros 2,0 s de movimento.

e) Incorreta. O carro II percorre 40 m nos primeiros 4,0 s de movimento.

Resposta: **b**

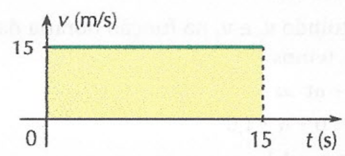
T.111

Carro A:



$$\Delta s_A = \frac{15 \text{ s} + 10 \text{ s}}{2} \cdot 20 \text{ m/s} = 250 \text{ m}$$

Carro B:

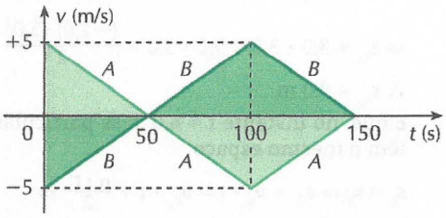


$\Delta s_B = 15$ m/s · 15 s = 225 m

Até o instante 15 s, o carro A percorreu 250 m e o *B*, 225 m. Logo, *A* está, nesse instante, 25 m na frente de *B*.

Resposta: d

T.112



$$\Delta s_A = \frac{50 \cdot 5}{2} - \frac{100 \cdot 5}{2} \therefore \Delta s_A = -125 \text{ m}$$

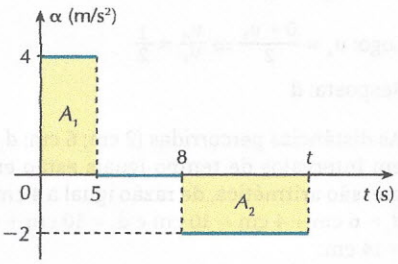
$$\Delta s_B = -\frac{50 \cdot 5}{2} + \frac{100 \cdot 5}{2} \therefore \Delta s_B = 125 \text{ m}$$

A distância *d* entre os dois trens é dada por:

$d = |\Delta s_A| + \Delta s_B \therefore d = 250$ m

Resposta: d

T.113



$A_1 = 5 \cdot 4 = 20$

$A_2 = (t - 8) \cdot 2$

$\Delta v = 20 - (t - 8) \cdot 2$

$v_{inicial} = v_{final} = 0$

Logo:

$\Delta v = 0 \Rightarrow 20 - (t - 8) \cdot 2 = 0 \therefore t = 18$ s

Resposta: e

T.114 O pequeno objeto realiza MUV. Nessas condições, o gráfico posição × tempo é uma parábola; o gráfico velocidade × tempo é uma reta inclinada em relação aos eixos e o gráfico aceleração × tempo é uma reta paralela ao eixo dos tempos. Temos duas possibilidades:

1ª) Orientando a trajetória para cima: a aceleração é negativa; a reta representativa do gráfico velocidade × tempo é decrescente (com velocidade inicial positiva e nula no instante t e a parábola tem concavidade voltada para baixo, cujo vértice corresponde ao instante t).

2ª) Orientando a trajetória para baixo: a aceleração é positiva; a reta representativa do gráfico velocidade × tempo é crescente (com velocidade inicial negativa e nula no instante t e a parábola tem concavidade voltada para cima, cujo vértice corresponde ao instante t. Encontramos a situação descrita nesta possibilidade na alternativa d).

Resposta: d

Exercícios especiais

Exercícios propostos

P.129 b) $v_m = \dfrac{\Delta s}{\Delta t} = \dfrac{v + v_0}{2} \Rightarrow \dfrac{9}{3} = \dfrac{0 + v_0}{2} \therefore v_0 = 6 \text{ m/s}$

a) $v = v_0 + \alpha t \Rightarrow 0 = 6 + \alpha \cdot 3 \therefore \alpha = -2 \text{ m/s}^2$

Como $\alpha = -g$, temos: $g = 2 \text{ m/s}^2$

P.130 As distâncias percorridas (1,0 cm; 4,0 cm; 7,0 cm; ...), em intervalos de tempo iguais e sucessivos, estão em progressão aritmética, de razão igual a 3,0 cm. Assim, no quarto segundo, a partícula percorre 10 cm e, no quinto segundo, 13 cm.

P.131 a) Os espaços s_0, s_1, s_2 e s_3 nos instantes t = 0, *T*, 2*T* e 3*T* são, respectivamente:

$s_0 = 0, s_1 = \frac{\alpha}{2}T^2, s_2 = \frac{\alpha}{2}(2T)^2 = \frac{\alpha}{2}4T^2,$

$s_3 = \frac{\alpha}{2}(3T)^2 = \frac{\alpha}{2}9T^2$

$\Delta s_1 = s_1 - s_0 \Rightarrow$

$\Rightarrow \Delta s_1 = \frac{\alpha}{2}T^2$

$\Delta s_2 = s_2 - s_1 \Rightarrow \Delta s_2 = \frac{\alpha}{2}4T^2 - \frac{\alpha}{2}T^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow \Delta s_2 = \frac{\alpha}{2}3T^2$

$\Delta s_3 = s_3 - s_2 \Rightarrow \Delta s_3 = \frac{\alpha}{2}9T^2 - \frac{\alpha}{2}4T^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow \Delta s_3 = \frac{\alpha}{2}5T^2$

b) $\Delta s_2 - \Delta s_1 = \frac{\alpha}{2}3T^2 - \frac{\alpha}{2}T^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow \Delta s_2 - \Delta s_1 = \alpha T^2$

$\Delta s_3 - \Delta s_2 = \frac{\alpha}{2}5T^2 - \frac{\alpha}{2}3T^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow \Delta s_3 - \Delta s_2 = \alpha T^2$

As diferenças são iguais, pois no MUV as distâncias percorridas, em intervalos de tempo iguais e sucessivos, estão em progressão aritmética.

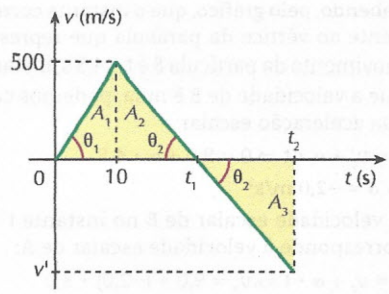
As diferenças representam a razão *r* da progressão aritmética:

$r = \alpha T^2$

c) $\Delta s_4 = \Delta s_3 + r \Rightarrow \Delta s_4 = \frac{\alpha}{2}5T^2 + \alpha T^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow \Delta s_4 = \frac{\alpha}{2}7T^2$

P.132



a) $\alpha \overset{N}{=} \text{tg}\, \theta_1$

$\text{tg}\, \theta_1 = \dfrac{500}{10} = 50 \therefore \alpha = 50 \text{ m/s}^2$

b) $h \overset{N}{=} A_1$

$A_1 = \dfrac{10 \cdot 500}{2} = 2.500 \therefore h = 2.500 \text{ m}$

c) $tg\ \theta_2 = \dfrac{500}{t_1 - 10} \Rightarrow \dfrac{500}{t_1 - 10} = g \Rightarrow$

$\Rightarrow \dfrac{500}{t_1 - 10} = 10 \therefore t_1 = 60\ s$

d) $A_2 = \dfrac{(60 - 10) \cdot 500}{2} = 12.500$

$h_{máx.} \overset{N}{=} A_1 + A_2 \therefore h_{máx.} = 15.000\ m$

e) e f) $tg\ \theta_2 = \dfrac{|v'|}{t_2 - t_1} \Rightarrow \dfrac{|v'|}{t_2 - t_1} = 10 \Rightarrow$

$\Rightarrow |v'| = 10 \cdot (t_2 - t_1)$ ①

$A_3 = \dfrac{(t_2 - t_1) \cdot |v'|}{2} \Rightarrow \dfrac{(t_2 - t_1) \cdot |v'|}{2} = 15.000$ ②

Substituindo ① em ②:

$\dfrac{(t_2 - t_1) \cdot 10 \cdot (t_2 - t_1)}{2} = 15.000 \Rightarrow$

$\Rightarrow (t_2 - 60)^2 = 3.000 \therefore t_2 \simeq 114{,}8\ s$ ③

Substituindo ③ em ①, temos:

$|v'| \simeq 10 \cdot (114{,}8 - 60) \Rightarrow |v'| \simeq 548\ m/s$

$\therefore v' \simeq -548\ m/s$

Testes propostos

T.115 $v_m = \dfrac{\Delta s}{\Delta t} = \dfrac{v + v_0}{2} \Rightarrow \dfrac{20 - 15}{1 - 0} = \dfrac{0 + v_0}{2}$

$\therefore v_0 = 10\ m/s$

$v = v_0 + \alpha t \Rightarrow 0 = 10 + \alpha \cdot 1$

$\therefore \alpha = -10\ m/s^2$

$s = s_0 + v_0 t + \frac{\alpha}{2} t^2 \Rightarrow s = 15 + 10\,t - 5t^2$ (SI)

Para t = 0,5 s, temos:

$s = 15 + 10 \cdot 0{,}5 - 5 \cdot (0{,}5)^2$

$\therefore s = 18{,}750\ m$

E a função da velocidade é dada por:

$v = v_0 + \alpha t \Rightarrow v = 10 - 10t$ (SI)

Resposta: a

T.116 $v_m = \dfrac{\Delta s}{\Delta t} = \dfrac{v + v_0}{2} \Rightarrow \dfrac{-1 - 3}{2 - 0} = \dfrac{0 + v_0}{2}$

$\therefore v_0 = -4\ m/s$

$v = v_0 + \alpha t \Rightarrow 0 = -4 + \alpha \cdot 2$

$\therefore \alpha = 2\ m/s^2$

Resposta: c

T.117 Sabendo, pelo gráfico, que o instante correspondente ao vértice da parábola que representa o movimento da partícula B é t = 4,5 s, instante em que a velocidade de B é nula, podemos calcular sua aceleração escalar:

$v = v_0 + \alpha \cdot t \Rightarrow 0 = 9{,}0 + \alpha \cdot 4{,}5$

$\therefore \alpha = -2{,}0\ m/s^2$

A velocidade escalar de B no instante t = 3,0 s corresponde à velocidade escalar de A:

$v = v_0 + \alpha \cdot t \Rightarrow v_A = 9{,}0 + (-2{,}0) \cdot 3{,}0$

$\therefore v_A = 3{,}0\ m/s^2$

Da mesma forma, a velocidade escalar de B no instante t = 6,0 s corresponde à velocidade escalar de C:

$v = v_0 + \alpha \cdot t \Rightarrow v_C = 9{,}0 + (-2{,}0) \cdot 6{,}0$

$\therefore v_C = -3{,}0\ m/s$

Assim, podemos obter os espaços iniciais de A e C sabendo que, no instante t = 3,0 s, as partículas A e B têm o mesmo espaço:

$s_A = s_B \Rightarrow s_{0_A} + v_A \cdot t = v_{0_B} \cdot t + \dfrac{\alpha \cdot t^2}{2} \Rightarrow$

$\Rightarrow s_{0_A} + 3{,}0 \cdot 3{,}0 = 9{,}0 \cdot 3{,}0 + \dfrac{(-2{,}0) \cdot 3{,}0^2}{2}$

$\therefore s_{0_A} = 9{,}0\ m$

E que, no instante t = 6,0 s, as partículas C e B têm o mesmo espaço:

$s_C = s_B \Rightarrow s_{0_C} + v_C \cdot t = v_{0_B} \cdot t + \dfrac{\alpha \cdot t^2}{2} \Rightarrow$

$\Rightarrow s_{0_C} + (-3{,}0) \cdot 6{,}0 = 9{,}0 \cdot 6{,}0 + \dfrac{(-2{,}0) \cdot 6{,}0^2}{2}$

$\therefore s_{0_C} = 36\ m$

Resposta: c

T.118 Móvel B: $v_{m_B} = \dfrac{v_0 + v_B}{2}$

Mas: $v_{m_B} = v_{m_A} = v_A$ e $v_0 = 0$

Logo: $v_A = \dfrac{0 + v_B}{2} \Rightarrow \dfrac{v_A}{v_B} = \dfrac{1}{2}$

Resposta: d

T.119 As distâncias percorridas (2 cm; 6 cm; d_1; d_2; ...) em intervalos de tempo iguais estão em progressão aritmética, de razão igual a 4 cm. Logo, d_1 = 6 cm + 4 cm = 10 cm e d_2 = 10 cm + 4 cm = = 14 cm.

Resposta: e

Capítulo 7
Vetores

Para pensar

A distância entre a embarcação E_1 e o radar é igual a: 2 · 50 km = 100 km. A embarcação E_2 está a uma distância de 250 km (5 · 50 km) da embarcação onde o radar está instalado.

Nesse caso, as trajetórias das embarcações se encontrarão dentro do alcance do radar (ponto R na figura a seguir).