ESCOLA BÁSICA E SECUNDÁRIA C/PE DA CALHETA

Física e Química A – 11.º Ano

Ficha de trabalho de consolidação F1.3 – n.º 3

Nome: _____ N.º: _____ Turma: _____

Unidade 1: Mecânica - Subunidade 1.3: Forças e movimentos
1.3.1. A resultante das forças e as condições iniciais
- Lançamentos e quedas na vertical.
- Quedas com resistência do ar apreciável.
- Movimentos retilíneos em planos horizontais e inclinados

1.3.1. A resultante das forças e as condições iniciais
- Lançamentos e quedas na vertical.

1. Numa câmara de vácuo, largou-se uma bola de ténis de uma altura de 2,00 m. A figura indica as posições da bola ao longo do tempo. Cada posição foi marcada em intervalos de 0,16 s. Considere g = 10 m s^{-2}.

1.1. Determine as leis do movimento da bola.

1.2. Calcule o módulo da velocidade da bola a meio da altura de queda, usando:

1.2.1. Considerações energéticas:

1.2.2. As leis do movimento.

1.3. Outros objetos foram largados na mesma camara e as suas posições foram registadas também em intervalos de 0,16 s. A barra de plástico tinha a mesma massa da bola de ténis. A esfera metálica, com o mesmo diâmetro da bola, tinha massa superior.

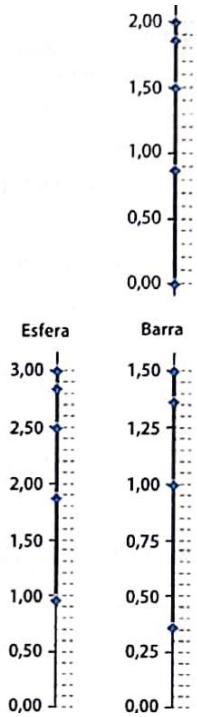
Tendo em conta os resultados obtidos (ver figuras), qual das seguintes conclusões se pode tirar acerca da queda livre dos corpos?

A. Corpos de maior massa têm menor tempo de queda.

B. A massa dos corpos influencia o seu tempo de quedas.

C. Corpos com formas diferentes têm o mesmo tempo de queda.

D. Quanto menor for o corpo e maior for a sua massa, menor é o tempo de queda.



1.1. Pode-se fazer uma regressão quadrática a partir dos dados da figura: $y = 2{,}00 - 4{,}9t^2$ e $v = -9{,}8t$ em unidades (SI).

1.2.1. Aplicando a Lei do Trabalho-Energia:

$$\Delta E_c = W_{\vec{P}} \iff \frac{1}{2} m (v^2 - 0^2) =$$

$$= mg \times 1{,}00 \times \cos 0° \iff v = 4{,}4 \text{ m s}^{-1}$$

O módulo da velocidade era de 4,4 m s^{-1}.

1.2.2. A bola atinge metade da altura de queda ao fim de 0,45 s, ($1{,}00 = 2{,}00 - 4{,}9t^2 \iff t = 0{,}45$ s). Nesse instante, a componente escalar da velocidade da bola é $v = -9{,}8 \times 0{,}45 = -4{,}4 \text{ m s}^{-1}$. O módulo é 4,4 m s^{-1}.

1.3. (C). O tempo de queda de um grave não depende nem da forma nem da massa do corpo.

1.1. Ou sem fazer regressão quadrática na calculadora (usando g = 10 m s^{-2}):

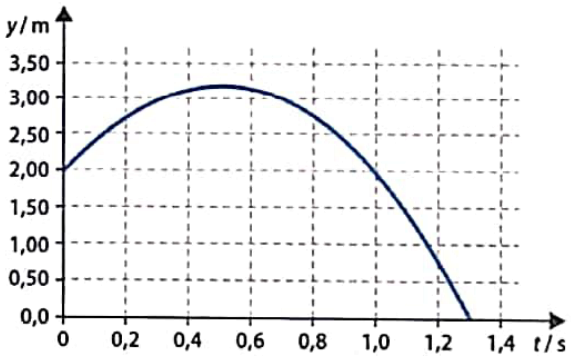
$y = y_0 + v_0 + ½ g t^2$
$y = 2{,}00 + 0 + ½ (-10) t^2$
$y = 2{,}00 – 5 t^2$ (SI)

$v = v_0 + g t$
$v = 0 – 10 t$
$v = – 10 t$ (SI)

1.2.1. Ou
A: $h_0 = 2{,}00$ m | $v_A = 0$ m s^{-1}
B: $h_B = 1{,}00$ m | v_B =?

$Em_A = Em_B$
$Ec_A + Ep_A = Ec_B + Ep_B$
$½ m v_A^2 + m g h_A = ½ m v_B^2 + m g h_B$
$g h_A = ½ v_B^2 + g h_B$
$2 g h_A = v_B^2 + 2 g h_B$
$v_B^2 = 2 g (h_A - h_B) = 2 \times 10 (2{,}00 – 1{,}00)$
$v_B = 4{,}47$ m s^{-1}

2. O gráfico da figura indica as posições de uma bola que foi lançada verticalmente para cima, em condições em que se pode desprezar a resistência do ar, em função do tempo.



2.1. Identifique qual das seguintes afirmações está de acordo com os dados do gráfico.

A. A bola descreve uma trajetória parabólica.

B. O espaço percorrido pela esfera no ar foi 5,25 m.

C. O módulo da velocidade da bola diminui até aos 0,5 s, depois aumentou sempre.

D. A resultante das forças teve o mesmo sentido da velocidade da bola em todo o movimento.

2.2. Calcule o módulo da velocidade com que a bola foi lançada.

2.3. Escreva as leis do movimento.

2.4. Determine o módulo da velocidade com que a bola atinge a origem do referencial.

2.1. (C).

2.2. Como a aceleração do movimento é a aceleração gravítica ($10\ m\ s^{-2}$).

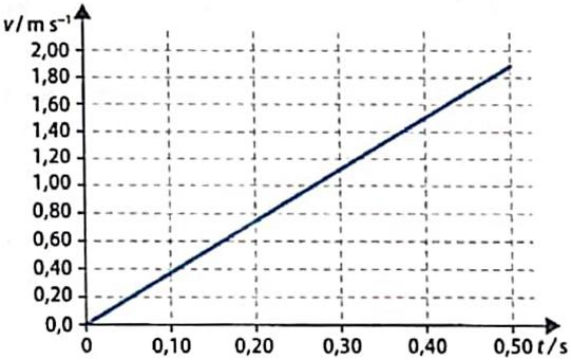
$$a_m = g = \frac{\Delta v}{\Delta t} \iff$$

$$\iff -10 = \frac{0 - v_0}{0{,}5} \implies v_0 = 5{,}0\ m\ s^{-1}.$$

2.3. $y = 2{,}00 + 5{,}0t - 5t^2$ e $v = 5{,}0 - 10t$ com unidades (SI).

2.4. A esfera atinge a origem do referencial ao fim de 1,3 s; nesse instante, a componente escalar da velocidade é $v = 5{,}0 - 10 \times 1{,}3 = -8{,}0\ m\ s^{-1}$. O módulo da velocidade é $8{,}0\ m\ s^{-1}$.

3. O gráfico seguinte apresenta os valores da componente escalar da velocidade de um grave em movimento vertical à superfície de Mercúrio, em função do tempo.



3.1. Determine o módulo da aceleração gravítica neste planeta.

3.2. Quanto tempo um corpo largado a 5,0 m da superfície de Mercúrio demora a tocar no solo?

3.1. O módulo da aceleração gravítica coincide com o módulo do declive da reta do gráfico: $a = 3{,}8\ m\ s^{-2}$.

3.2. $y = 5{,}0 = 0 + 1{,}9t^2 \iff t = 1{,}6\ s$.

4. Sabendo que a intensidade da força gravítica sobre um corpo à superfície da Lua é $\frac{1}{6}$ da que ele tem à sueprficie da Terra, estabeleça uma relação entre o temo de queda, da mesma altura, de um corpo à superfície da Lua e à superfície da Terra.

4. Partindo da equação das posições de um corpo em queda livre relativamente a um referencial com origem no solo e sentido ascendente:

$$y = 0 = h - \frac{1}{2}at^2 \iff t = \sqrt{\frac{2h}{a}}.$$

Relacionando os tempos de queda nas duas situações:

$$\frac{t_L}{t_T} = \frac{\sqrt{\frac{2h}{\frac{1}{6}g}}}{\sqrt{\frac{2h}{g}}} \iff t_L = \sqrt{6}\,t_T.$$

Na Lua, o corpo demora cerca de 2,4 vezes mais tempo a cair da mesma altura.

5. Em condições em que se podem desprezar os efeitos da resistência do ar, lançou-se verticalmente para cima uma moeda, de uma posição 1,8 m acima do solo. A moeda subiu, depois desceu, acabando por colidir com o solo com velocidade de módulo 8,0 m s^{-1}.

5.1. Calcule o módulo da velocidade inicial da moeda utilizando relações energéticas e as equações do movimento.

5.2. Determine o espaço que a moeda percorreu no ar.

5.3. Considere agora qua a moeda vai ser atirada para baixo com velocidade inicial de igual módulo. Qual das seguintes opções corresponde a uma comparação correta das duas situações?

A. O tempo de queda e o módulo da velocidade de colisão com o solo serão os mesmo.

B. Diminuirá o tempo de queda e aumentará o módulo da velocidade de colisão com o solo.

C. Diminuirá o tempo de queda e o módulo da velocidade de colisão com o solo será o mesmo.

D. Diminuirá o tempo de queda e o módulo da velocidade de colisão com o solo.

5.1. Utilizando relações energéticas:

$\Delta E_c = -\Delta E_{pg} \iff \frac{1}{2} m (8{,}0^2 - v_0^2) =$

$= mg \times 1{,}8 \iff v_0 = 5{,}3 \text{ m s}^{-1}$.

Usando equações do movimento:

Resolvendo em simultâneo as equações do movimento:

$y = 0 = 1{,}8 + v_0 t - 5t^2 \wedge v = -8{,}0 =$

$= v_0 - 10t$, obtem-se $v_0 = 5{,}3 \text{ m s}^{-1}$.

(Nota: opta-se pela solução que origina uma componente escalar da velocidade inicial positiva pois a subida coincide com o sentido positivo do referencial escolhido).

5.2. A moeda subiu durante 0,53 s (na altura máxima a velocidade anula-se: $v = 0 = 5{,}3 - 10t \iff t = 0{,}53$ s).

Durante esse intervalo de tempo a moeda subiu até à posição

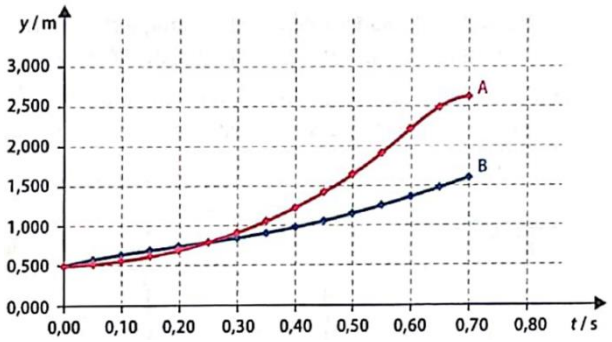
$y = 1{,}8 + 5{,}3 \times 0{,}53 - 5 \times 0{,}53^2 = 3{,}2$ m,

depois inverteu o sentido e desceu até ao solo, totalizando um espaço percorrido de $s = (3{,}2 - 1{,}8) + 3{,}2 = 4{,}6$ m.

5.3. B

<u>- Quedas com resistência do ar apreciável.</u>

6. O gráfico da figura indica as posições, em função do tempo, de dois corpos de igual massa em queda vertical, registadas com um sensor de movimento. Os corpos foram largados do mesmo ponto, a 0,500 m do sensor.



6.1. Diga, justificando, em qual dos corpos os efeitos da resistência do ar foram mais apreciáveis.

6.2. A que se deve a diferença entre os efeitos da resistência do ar sobre os dois corpos?

6.3. Calcule o módulo da velocidade terminal do corpo identificado em 6.1.

6.4. Usando considerações energéticas, calcule o módulo da velocidade do corpo que não sofreu os efeitos da resistência do ar, no instante t = 0,65 s.

6.1. No corpo B. No mesmo intervalo de tempo, deslocou-se menos que o corpo A.

6.2. À forma dos corpos. A forma do corpo B deve fazer aumentar a intensidade da resistência do ar sobre ele.

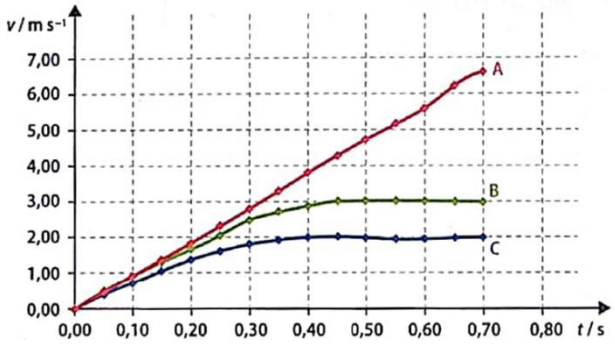
6.3. $|v| = \frac{|\Delta x|}{\Delta t} = \frac{1{,}600 - 1{,}200}{0{,}70 - 0{,}50} = 2{,}0 \text{ m s}^{-1}$.

6.4. Aplicando a Lei da Conservação da Energia: $\Delta E_c = -\Delta E_{pg} \iff$

$\iff \frac{1}{2} m v^2 = -mg(-2) \iff$

$\iff v = 6{,}3 \text{ m s}^{-1}$.

7. O gráfico da figura apresenta o módulo da velocidade de três esferas do mesmo diâmetro, em queda vertical, em função do tempo. Os dados foram recolhidos com sensores de movimento.



7.1. Identifique das seguintes afirmações a que está de acordo com os dados do gráfico.

A. Os efeitos da resistência do ar fizeram-se sentir de forma apreciável nas três esferas.

B. A esfera B atingiu a velocidade terminal primeiro que a esfera C.

C. As esferas B e C atingiram a mesma velocidade terminal.

D. A esfera C era a mais leve das três.

7.2. Calcule a distância percorrida pela esfera C enquanto se deslocou com movimento retilíneo uniforme.

7.3. Sabendo que a massa da esfera B era de 20,0 g, determine o módulo da resistência do ar sobre esta no instante t = 0,60 s.

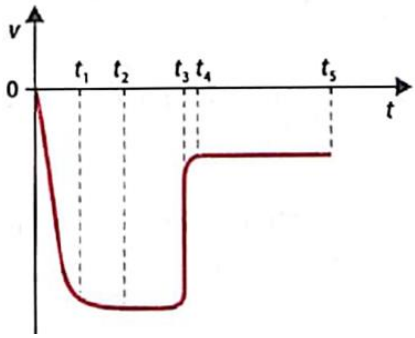
7.1. (D).

7.2. A partir dos 0,40 s:
$s = 2{,}00 \times 0{,}30 = 0{,}60$ m.

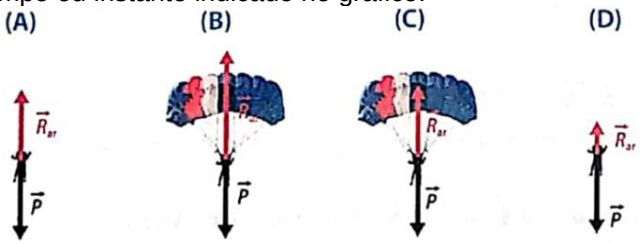
7.3. Nesse instante:
$R_{ar} = P = 0{,}0200 \times 10 = 0{,}20$ N.

7.1. D. Porque quanto menor a massa (menor o Peso) mais rapidamente a R_{ar} iguala o Peso.
7.2. Num gráfico de velocidade em função do tempo para calcular a distância percorrida é necessário calcular a área

8. O gráfico da figura refere-se ao movimento de queda vertical de um paraquedista.



8.1. A cada um dos seguintes esquemas faça corresponder um intervalo de tempo ou instante indicado no gráfico.

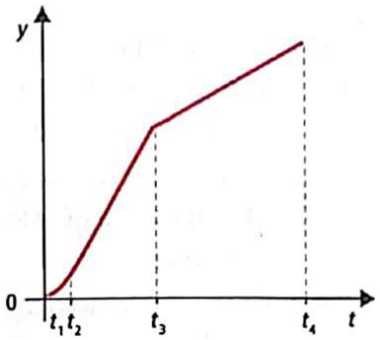


8.2. A partir dos dados do gráfico, explique como varia a resultante das forças e a aceleração do paraquedista ao longo do tempo.

8.1. (A) $[t_2, t_3[$; (B) t_3; (C) $[t_4, t_5]$; (D) t_1.

8.2. Inicialmente, a resultante das forças coincide com o peso do paraquedista e a aceleração com a aceleração gravítica. À medida que a velocidade do paraquedista aumenta, aumenta o módulo da resistência do ar e diminui o da resultante das forças, pois a resistência do ar tem sentido contrário ao peso. Diminui também o módulo da aceleração. Quando o módulo da resistência do ar iguala o do peso, a resultante das forças anula-se, tal como a aceleração (entre t_1 e t_2). Após a abertura do paraquedas o módulo da resistência do ar aumenta muito, fazendo com que a resultante das forças e a aceleração tenham sentido contrário à velocidade, o que provoca a diminuição desta. Diminuindo o módulo da velocidade, diminui também o módulo da resistência do ar, e o módulo da resultante das forças diminui também até se anular de novo.

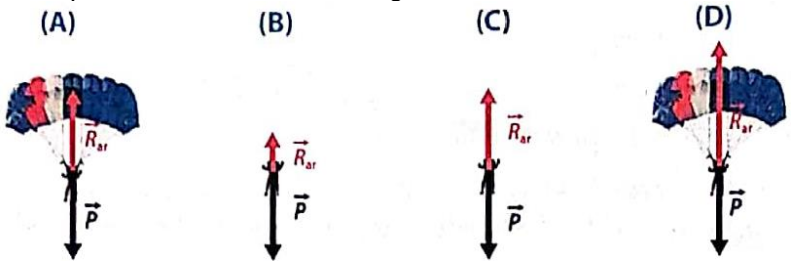
9. O gráfico da figura refere-se ao movimento de queda vertical de um paraquedista.



9.1. Em que instante o paraquedista abriu o paraquedas?

9.2. Segundo os dados do gráfico, o paraquedista percorreu uma maior distancia com o paraquedas aberto ou fechado?

9.3. A cada um dos seguintes esquemas faça corresponder um intervalo de tempo ou instante indicado no gráfico



9.1. Instante t_3.

9.2. Fechado.

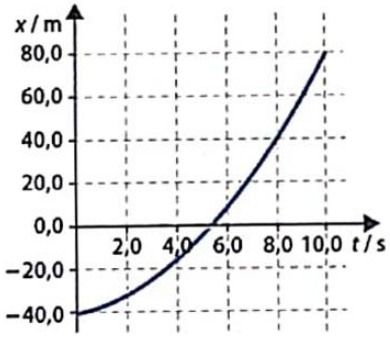
9.3. (A) $[t_3, t_4]$; (B) t_1; (C) $[t_2, t_3]$; (D) t_3

10. Será que a velocidade com que um paraquedista chega ao solo depende da altura de onde iniciou a queda? Justifique.

10. Supondo que a altura é suficiente para se atingir a velocidade terminal, se a queda ocorrer numa atmosfera semelhante a velocidade com que chega ao solo não dependerá da altura de onde partiu. Como a resistência do ar depende da velocidade, uma vez atingida uma determinada velocidade terminal (cerca de 200 km h^{-1} sem paraquedas e 10 km h^{-1} com ele aberto) a velocidade não aumenta mais.

- Movimento retilíneos em planos horizontais e inclinados

11. As posições de um carrinho em movimento retilíneo horizontal em função do tempo estão caracterizadas no gráfico da figura. Durante todo o movimento o carrinho de 3,0 kg esteve sujeito a forças cuja resultante foi constante de módulo 6,0 N.



11.1. Caracterize o movimento do carrinho no intervalo de tempo considerado.

11.2. Qual foi o valor da componente escalar da aceleração do carrinho?

A. – 2,0 m s^{-2} **C.** 0,5 m s^{-2}

B. 2,0 m s^{-2} **D.** 18 m s^{-2}

11.3. Calcule o módulo da velocidade escalar do carrinho no início da contagem dos tempos.

11.4. Determine o módulo da velocidade do carrinho no instante em que cumpriu 80,0 m de deslocamento.

11.1. Movimento retilíneo uniformemente acelerado.

11.2. (B).

11.3. No instante $t = 8{,}0$ s, o carrinho encontrava-se na posição $x = 40{,}0$ m:

$x = 40{,}0 = -40{,}0 + v_0 \times 8{,}0 + 8{,}0^2 \iff$

$\iff v_0 = 2{,}0 \text{ m s}^{-1}$.

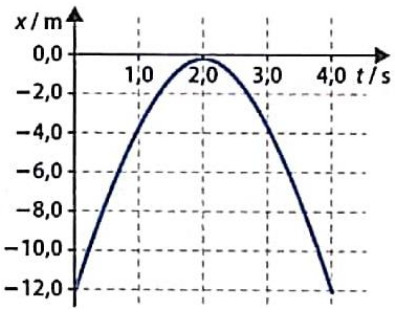
O módulo da velocidade era 2,0 m s^{-1}.

11.4. No instante $t = 8{,}0$ s:

$v = 2{,}0 + 2{,}0 \times 8{,}0 = 18 \text{ m s}^{-1}$.

O módulo da velocidade era 18 m s^{-1}.

12. O gráfico da figura indica as posições de um corpo com movimento retilíneo, em função do tempo.

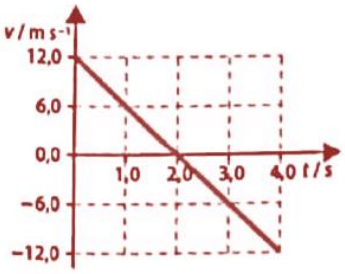


12.1. Determine a componente escalar da aceleração e da velocidade inicial, usando as equações do movimento.

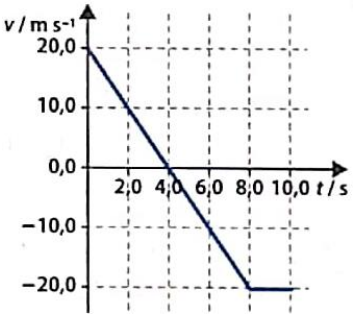
12.2. Trace o gráfico v = f(t) correspondente a este movimento.

12.1. A velocidade é nula no instante $t = 2{,}0$ s (reta tangente ao gráfico nesse instante tem declive nulo). Resolvendo em simultâneo as equações do movimento para esse instante:
$x = 0 = -12{,}0 + v_0 \times 2{,}0 + 0{,}5a \times$
$\times 2{,}0^2 \wedge v = 0 = v_0 + a \times 2{,}0$, obtém-se
$a = -6{,}0\ \text{m s}^{-2}$ e $v_0 = 12\ \text{m s}^{-1}$.
As leis do movimento são:
$x = -12{,}0 + 12t - 3{,}0t^2$ e $v = 12 - 6{,}0t$
em unidades (SI).

12.2.

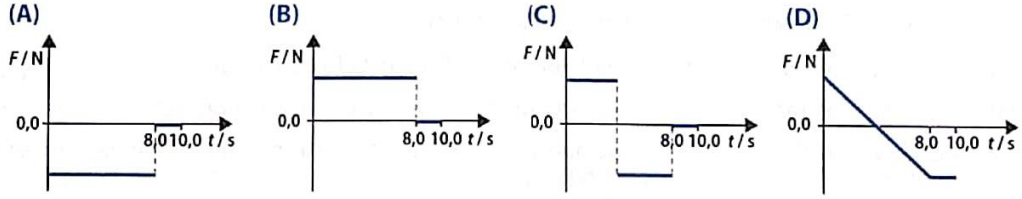


13. O gráfico da figura apresenta os valores da componente escalar da velocidade de um corpo com movimento retilíneo horizontal, em função do tempo. No início da contagem dos tempos o corpo encontrava-se na posição x = 20,0 m.



13.1. Escreva as leis deste movimento nos intervalos de tempo que achar adequados.

13.2. Qual dos gráficos seguintes caracteriza corretamente a resultante das forças aplicadas no carrinho?

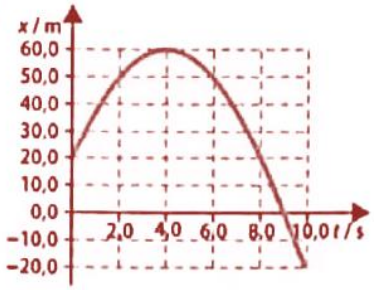


13.3. Trace o gráfico x = f(t) correspondente a este movimento.

13.1. Até aos 8,0 s: $v = 20{,}0 - 5{,}0t$ e
$x = 20{,}0 + 20{,}0t - 2{,}5t^2$ em unidades SI.
Entre os 8,0 s e os 10,0 s: $v = -20{,}0$ e
$x = 20{,}0 - 20{,}0(t - 8{,}0)$.

13.2. (A).

13.3.



14. A velocidade de um carrinho com movimento retilíneo é dada pela equação v = 4,0 – 4,0 t.

14.1. Escreva a equação que traduz as posições do carrinho ao longo do tempo. Considere que no início da contagem do tempo o carrinho se encontra na origem do referencial.

14.2. Determine o espaço percorrido pelo carrinho ao fim de 3,0 s de movimento.

14.1. $x = 4{,}0t - 2{,}0t^2$ (SI).

14.2. Inicialmente, o carrinho deslocou-se no sentido positivo, mas inverteu o sentido ao fim de 1,0 s de movimento, quando se encontrava na posição $x = 2{,}0$ m. No instante $t = 3{,}0$ s, estava na posição $x = -6{,}0$ m, totalizando um espaço percorrido de $s = 2{,}0 + 8{,}0 = 10{,}0$ m.

Sugestão: traçar o gráfico $x = f(t)$ na calculadora e identificar o deslocamento no sentido positivo e negativo.

15. Um coco (500,0 g) caiu de uma altura de 5,0 m e enterrou-se 1,0 m na areia.

15.1. Usando considerações energéticas, calcule o módulo da força que fez parar o coco.

15.2. A partir das equações do movimento, determine o módulo da aceleração do coco dentro da areia supondo que esta exerceu uma força constante sobre ele.

15.1. As forças que fizeram parar o coco são forças não conservativas.

$\Delta E_m = W_{F_{NC}}$.

Como $\Delta E_c = 0$,

$-0{,}500 \times 10 \times 6{,}0 = F_{NC} \times 1 \times \cos 180° \iff$

$\iff F_{NC} = 30$ N

15.2. O coco atinge a areia com velocidade de módulo 10 m s^{-1}. Considerando que o sentido do movimento é o sentido positivo e resolvendo em simultâneo as equações

$1{,}0 = 10t - \frac{1}{2}at^2 \wedge 0 = 10 - at$,

conclui-se que $a = 50$ m s^{-2} no sentido contrário ao movimento.

16. Um automobilista seguia numa via rápida a 72 km h^{-1} quando pensou ultrapassar um camião que se deslocava à sua frente a 50 km h^{-1}. Passou para a faixa da esquerda no momento em que o camião se encontrava 10 m à sua frente e acelerou o automóvel de forma que a sua velocidade aumentou 4,0 m s^{-1} em cada segundo. O camião manteve sempre a velocidade constante.

16.1. Calcule o tempo que o automóvel demorou a ficar ao lado do camião ($x_{carro} = x_{camião}$).

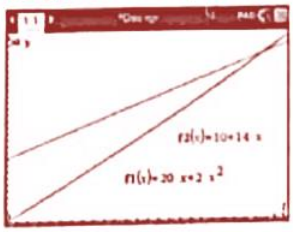
16.2. Resolva a alínea anterior usando as potencialidades da calculadora gráfica.

16.3. Qual o módulo da velocidade do automóvel no instante determinado na alínea anterior?

16.1. Igualando as equações das posições dos dois veículos:

$20t + 2{,}0t^2 = 10 + 14t \iff t = 1{,}2$ s.

16.2. Determinar o instante em que as linhas do gráfico $x = f(t)$ se cruzam.



16.3. $v = 20 + 4{,}0 \times 1{,}2 = 25$ m s^{-1} $= 90$ km/h.

17. Um automóvel A de 1500 kg partiu do repouso no extremo de uma ponte retilínea sujeito a uma força constante de módulo 6,0 kN. Dois segundos depois, outro automóvel B entrou no extremo oposto da ponte com velocidade constante. Sabendo que os dois automóveis se cruzaram a meio da ponte que tem comprimento de 100 m, determine o módulo da velocidade do carro B nesse instante.

17. Considerando um referencial com origem no ponto onde parte A e sentido do movimento de A:
$a_A = 4{,}0\ m\,s^{-2}$; $x_A = 2{,}0t^2$;
$x_B = 100 - v_0\,(t - 2{,}0)$
O cruzamento dos carros ocorreu 5,0 s depois de o carro A ter arrancado ($50 = 2{,}0t^2 \iff t = 5{,}0$ s), logo o módulo da velocidade de B calcula-se por: $50 = 100 - v_0\,(5{,}0 - 2{,}0) \iff$
$\iff v_0 = 17\ m\,s^{-1}$.

18. Um predador da selva, partindo do repouso, alcança (com aceleração constante) a sua velocidade máxima de 60 km h^{-1} em 4,0 s e é capaz de manter essa velocidade durante mais 10 s. A sua presa favorita, partindo do repouso, alcança (com aceleração constante) a sua velocidade máxima, que é 80% da velocidade máxima do predador, ao fim de 5,0 s e consegue mantê-la por mais tempo que o predador.
Numa caçada, o predador arranca para a presa e 3,0 s depois esta pressente-o e começa a fugir dele, mas não consegue evitar a captura. O predador conseguiu agarrá-la 12 s depois de ter iniciado a caçada. Considerando que os animais se deslocaram retilineamente, calcule a distância a que se encontravam quando o predador iniciou a caçada.

18. Considera-se que presa e predador têm desempenho máximo na corrida e sempre em linha reta: $a_{predador} = 4{,}2\ m\,s^{-2}$.
Durante os 4 s que o predador correu com movimento uniformemente acelerado percorreu 33,6 m e nos 8 s seguintes, já com movimento uniforme, percorreu mais 134 m, totalizando aproximadamente 168 m. Entretanto, a presa também se afastou do predador: nos primeiros 5,0 s da sua corrida, percorreu cerca de 34 m. Como a presa só começou a fugir do predador 3,0 s depois de este ter iniciado a caçada, apenas fugiu durante 9,0 s, por isso só se deslocou com velocidade constante 4,0 s. Nesse intervalo de tempo percorreu cerca de 53 m. No total, a presa deslocou-se 87 m. Conclui-se que, no início, a distância entre os dois animais era de cerca de 81 m.

19. Um bloco desliza sobre uma rampa com inclinação de 10%, desde um ponto a uma altura de 5,0 m. Determine a velocidade com que o bloco atinge a base da rampa, caso:
19.1. Os efeitos do atrito sejam desprezáveis;
19.2. O módulo da força de atrito entre o bloco e a rampa corresponda a 5,0 % do peso do bloco.

.1. $\Delta x = 50\ \text{m}$

$a = g \sin\alpha = 10 \times 0{,}10 = 1{,}0\ \text{m s}^{-2}$

Substituindo estes dados na equação das posições:

$t = \sqrt{\dfrac{2 \times 50}{1{,}0}} = 10\ \text{s}$

Nesse instante a velocidade é $v = 10\ \text{m s}^{-1}$.

.2. $a = \dfrac{F_R}{m} = \dfrac{mg \sin\alpha - 0{,}05 \times mg}{m} =$

$= 0{,}5\ \text{m s}^{-2}; t = 14\ \text{s}; v = 7\ \text{m s}^{-1}$

20. Um bloco de 5,0 kg foi largado do cimo de uma rampa muito polida com 3,0 m de comprimento e 12º de inclinação e depois deslizou 2,0 m sobre um plano horizontal até parar.

20.1. Quanto tempo demorou o bloco a chegar à base da rampa?

A. 0,77 s **B.** 0,60 s **C.** 1,70 s **D.** 1,20 s

20.2. Calcule o módulo da resultante das forças a que o bloco ficou sujeito no plano horizontal

.1. (C).

.2. $v_{f,\text{rampa}} = v_{0,\text{horizontal}} = 3{,}5\ \text{m s}^{-1}$;

$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta x \iff$

$\iff a = \dfrac{0^2 - 3{,}5^2}{4{,}0} = -3{,}1\ \text{m s}^{-2}$;

$F_R = F_a = 5{,}0 \times |-3{,}1| = 16\ \text{N}$.