



MECÂNICA I



Exercícios e Questões de Aplicação

Ano Letivo

2016/2017



CINEMÁTICA DO PONTO MATERIAL

1. Uma partícula movimenta-se de acordo com a curva representada no gráfico 1.

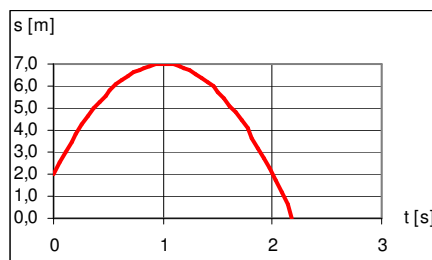


Gráfico 1 - Posição em função do tempo.

- 1.1. Como se pode classificar o movimento da partícula?
 1.2. Dos gráficos de velocidade apresentados, qual deles pode corresponder à velocidade da partícula?
 1.3. Com base no gráfico de velocidade escolhido e no gráfico de posição, obtenha a equação do movimento $s(t)$.
 1.4. Dê um exemplo representativo do movimento estudado nesta questão.

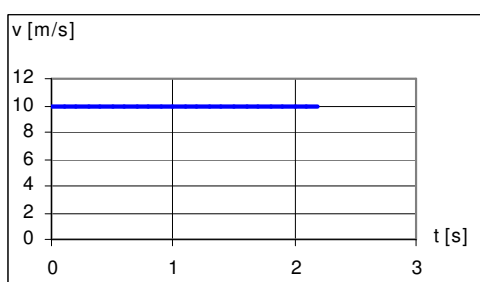


Gráfico 2 - Velocidade em função do tempo.

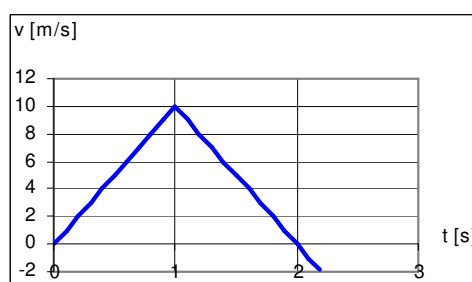


Gráfico 3 - Velocidade em função do tempo.

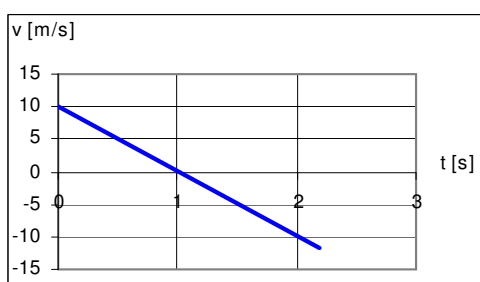


Gráfico 4 - Velocidade em função do tempo.

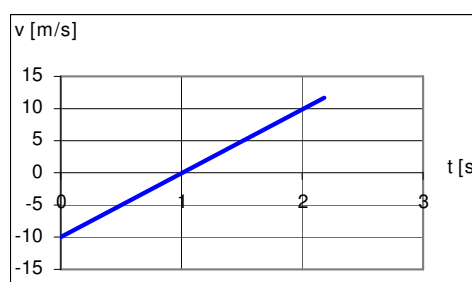
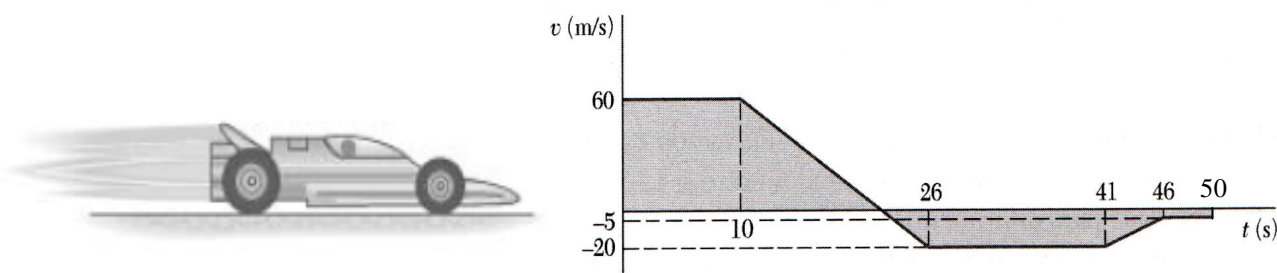


Gráfico 5 - Velocidade em função do tempo.

2. O veículo de corridas representado na figura desloca-se numa pista retilínea durante uma sessão de testes, variando a sua velocidade de acordo com o gráfico representado. Sabendo que no instante inicial, $t=0$ s, se encontra na posição $s = -540$ m, determine:

- 2.1. a distância total percorrida pelo veículo;
 2.2. o gráfico $a-t$ correspondente;
 2.3. o instante de tempo em que a velocidade é nula;
 2.4. o gráfico $s-t$ correspondente.



Soluções:

2.1. $\Delta s = 1382,5 \text{ m}$

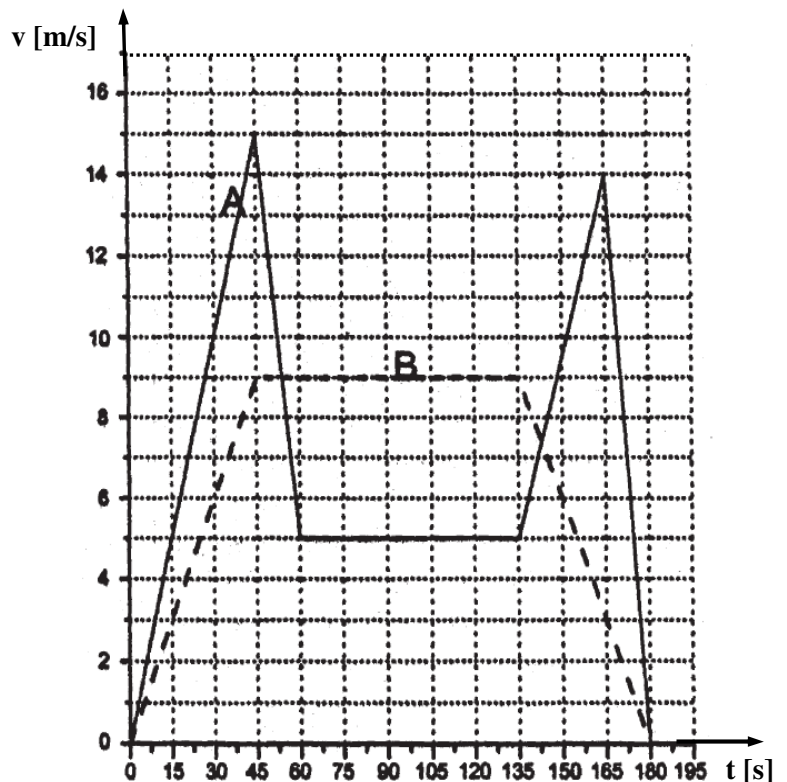
2.2. gráfico $a-t$

2.3. $t = 22 \text{ s}$

2.4. gráfico $s-t$

3. Dois ciclistas, A e B , disputam uma corrida ao longo de um percurso com distância total de 1200 metros, medida entre a linha de partida e a linha de chegada. O gráfico $v-t$ apresentado na figura mostra a variação do valor da velocidade dos ciclistas A e B ao longo do percurso durante um intervalo de tempo igual a 3 minutos. Com base no gráfico $v-t$ e efetuando todos os cálculos que julgue necessários, assinale as afirmações verdadeiras com **V** e as Falsas com **F**.

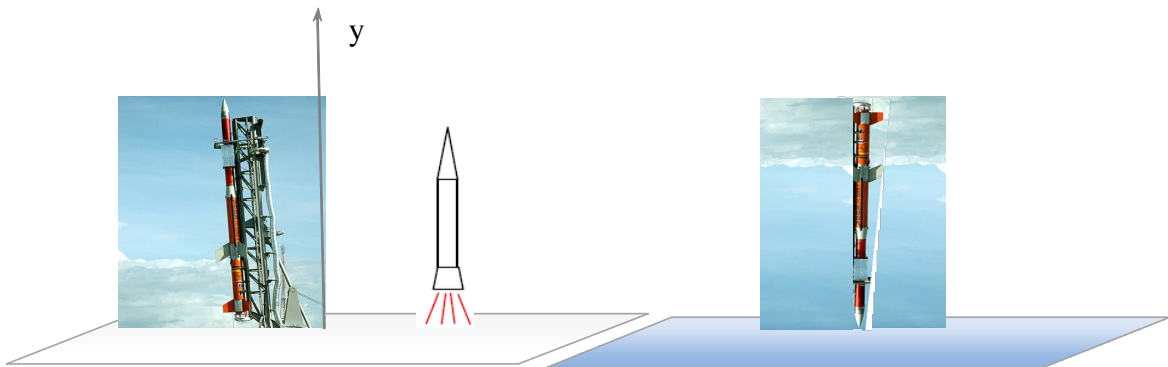
Nota: só são válidas as respostas devidamente justificadas através da aplicação das leis da cinemática e com todos os cálculos apresentados.



- 3.1. A aceleração do ciclista A , nos primeiros quarenta e cinco segundos, é de 1 m/s^2 .
- 3.2. No instante $t=60\text{s}$, o ciclista A encontra-se 150 metros à frente do ciclista B .
- 3.3. Decorridos dois minutos e quinze segundos, o ciclista A está 150 metros à frente do ciclista B .
- 3.4. O ciclista B nunca alcança o ciclista A .
- 3.5. O ciclista A venceu a corrida porque percorreu os 1200 m em 150s, e o ciclista B gastou 165s.
- 3.6. No centésimo sexagésimo quinto segundo, o ciclista B está apenas a 7,5 metros da linha de chegada e o ciclista A encontra-se a 52,5 m da linha de chegada. Portanto, o ciclista B vence a corrida.
- 3.7. A corrida termina empatada, pois ambos os ciclistas percorrem os 1200 m em 165s.

Soluções: 3.1. Falsa 3.2. Verdadeira 3.3. Falsa 3.4. Falsa 3.5. Falsa 3.6. Verdadeira 3.7. Falsa

4. Para permitir realizar previsões meteorológicas um foguete meteorológico de 6 kg é lançado na vertical a partir de uma plataforma fixa, como indicado na figura. O foguete meteorológico atinge uma altura h , impelido por uma força de propulsão constante e igual a 200 N, até se esgotar o combustível o que acontece passados 5 segundos após o lançamento. A partir do instante em que se esgota o combustível (altura h) o foguete continua a subir por inércia até atingir uma altura máxima, $h_{\text{máx}}$. Uma vez atingida a altura máxima, o foguete cai em queda livre, despenhando-se no mar. Desprezando a resistência do ar e supondo que a massa total do foguete se mantém constante ao longo de toda a trajetória, determine:

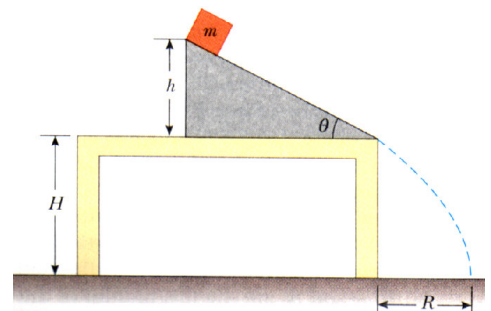


- 4.1. a altura h para a qual o combustível se esgota;
- 4.2. a altura máxima que o foguete atinge, $h_{\text{máx}}$;
- 4.3. a velocidade máxima do foguete, no instante imediatamente anterior ao do contacto com a água;
- 4.4. os gráficos $y-t$, $v-t$ e $a-t$ correspondentes a toda a trajetória.

Soluções:

- 4.1. $h = 291 \text{ m}$
- 4.2. $h_{\text{máx}} = 970 \text{ m}$
- 4.3. $v = -139,3 \text{ j [m/s]}$

5. Considere o dispositivo esquematizado na figura. O bloco de massa 2 kg parte do repouso de uma altura $h = 0,4 \text{ m}$ da superfície da mesa e desliza sem atrito, ao longo do plano inclinado representado. Sabendo que o ângulo de inclinação do plano é de 45° e a altura da mesa $H = 1,2 \text{ m}$, determine:



- 5.1. o valor da aceleração do bloco no percurso no plano inclinado.
- 5.2. a velocidade do bloco, quando este abandona o plano inclinado.
- 5.3. a distância R entre o ponto de impacto do bloco no solo e a mesa.
- 5.4. o tempo total do percurso entre o alto do plano inclinado e o solo.

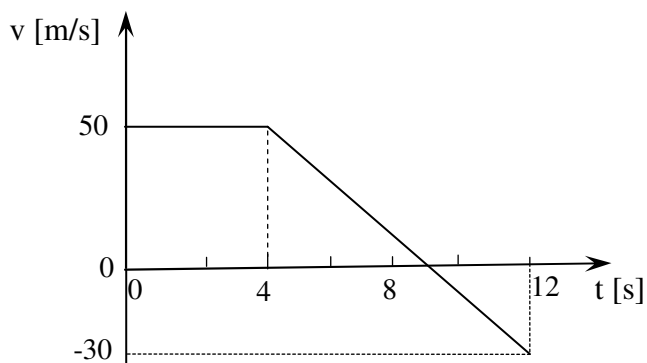
6. O automóvel mostrado na figura (b) desloca-se com velocidade de 50 m/s quando $t=0$ s. Nos primeiros 4s o veículo mantém a sua velocidade e após esse intervalo de tempo, sofre a acção de uma força retardadora que determina uma variação de velocidade de acordo com o diagrama v-t mostrado na figura (a).

6.1. Descreva e classifique o movimento do automóvel durante os 12 s.

6.2. Represente graficamente a posição e aceleração do automóvel durante os 12 s.

6.3. Escreva as funções horárias da velocidade, aceleração e posição automóvel.

6.4. A que distância da origem se encontra o automóvel ao fim de 12s?



(a)



(b)

Soluções:

6.3. $0 < t < 4$ s $_ a_1 = 0$ m/s²; $v_1 = 50$ m/s e $x_1 = 50 t$

$4 < t < 9$ s $_ a_2 = -10$ m/s²; $v_2 = 90 - 10 t$ e $x_2 = 200 + 50 (t-4) - 5 (t-4)^2$

$9 < t < 12$ s $_ a_3 = -10$ m/s²; $v_3 = 90 - 10 t$ e $x_3 = 325 - 5 (t-9)^2$

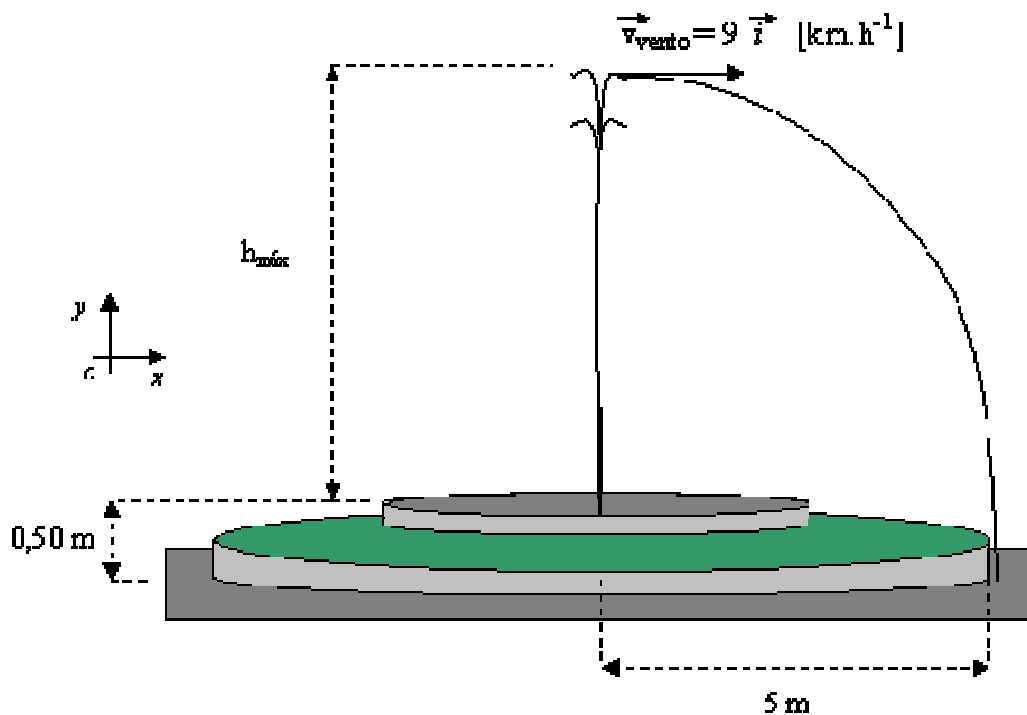
6.4. $\Delta s = 280$ m

7. Uma fonte ornamental apresentava o seguinte problema: em dias de frio e vento a água do repuxo caía na estrada formando uma fina camada de gelo provocando acidentes. Um grupo de estudantes da ESTGV pôs mãos à obra. A resolução do problema passou por instalar um anemómetro (dispositivo para medir a velocidade do vento) e em função da velocidade medida diminuir a altura máxima atingida pela água de forma a garantir que a água não caia na estrada. O raciocínio foi o seguinte: Considerando que a velocidade do vento só é significativa no ponto mais alto do jacto de água, calcular o alcance da água por acção da velocidade do vento. A velocidade do vento é de 9 km.h⁻¹ na direcção horizontal.

7.1. Calcule a altura máxima, $h_{m\acute{a}x}$, a que o jacto pode ser lançado para que a água não caia na estrada (despreze a resistência do ar).

7.2. Escreva o vector velocidade no instante imediatamente anterior ao impacto com o solo nas condições da alínea anterior (obedeça ao referencial representado na figura).

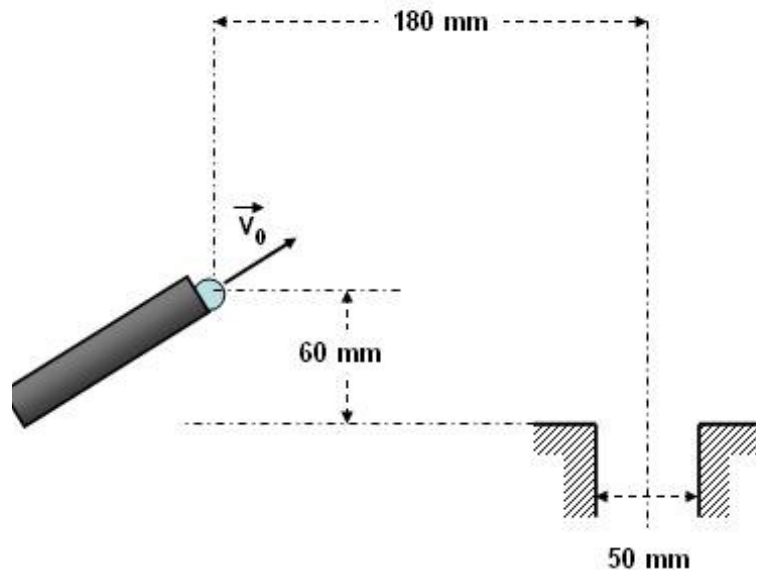
- 7.3. Calcule o trabalho exercido pela bomba que impulsiona o jacto de água até à altura calculada na alínea anterior, considerando uma massa de água de 0.5 kg (se não respondeu a alínea anterior considere $h_{\text{máx}}=20$ m).
- 7.4. Feitos os cálculos anteriores e implementado o dispositivo, este revelou-se falível. A equipa resolveu repetir os cálculos mas desta vez tendo em conta os efeitos ar sobre o jacto. Para tal considerou a presença de uma aceleração “extra” de $2 \vec{i} \text{ ms}^{-2}$. Calcule de novo a altura máxima do jacto para que a água não caia na estrada.



Soluções:

- 7.1. $h_{\text{máx}} = 19.5 \text{ m}$
 7.2. $\mathbf{V} = 2.5 \mathbf{i} - 20 \mathbf{j} \text{ m/s}$
 7.3. $W = 97.5 \text{ J}$
 7.4. $h_{\text{máx}} = 8.10 \text{ m}$

8. Observe a figura. Esferas de 20 mm de diâmetro são lançadas, segundo uma direcção que forma um ângulo de 60° com a vertical, com velocidade inicial de valor variável e passam através de um orifício com 50 mm de diâmetro. Despreze o atrito e a resistência do ar. Determine:

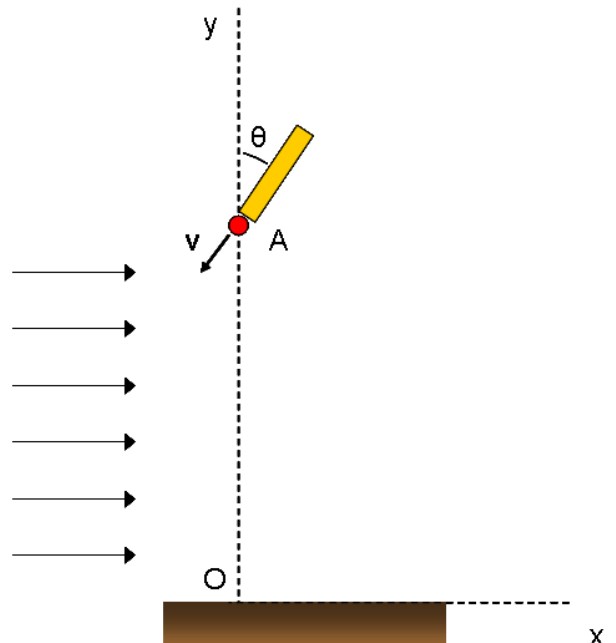


- 8.1. o intervalo de valores de velocidade inicial que permite que as esferas atravessem o orifício;
- 8.2. qual a altura máxima atingida pelas esferas, para o referido intervalo de valores de velocidade inicial;
- 8.3. a velocidade e a aceleração das esferas ao passarem no mencionado ponto de altura máxima.

Soluções:

- 8.1. [1.07, 1.20] m/s
- 8.2. $h_{m\acute{a}x.} = 7.8$ cm
- 8.3. $\mathbf{V} = 1.044 \mathbf{i} + 0 \mathbf{j}$ [m/s] $\mathbf{a} = 0 \mathbf{i} - 9.81 \mathbf{j}$ [ms⁻²]

9. Uma partícula é lançada por um dispositivo a partir de um ponto A, de coordenadas (0,h), com uma velocidade inicial de valor v , formando um ângulo θ com a vertical, conforme se pode observar na figura. O facto de existir vento faz com que a partícula possua uma aceleração horizontal constante a , no sentido positivo do eixo x. Segundo a vertical actua a aceleração da gravidade g . A partícula atinge o solo no ponto O, de coordenadas (0,0). Mostre que, nas condições referidas:



$$h = \frac{2v^2}{a} \operatorname{sen} \theta \left(\cos \theta + \frac{g}{a} \operatorname{sen} \theta \right)$$

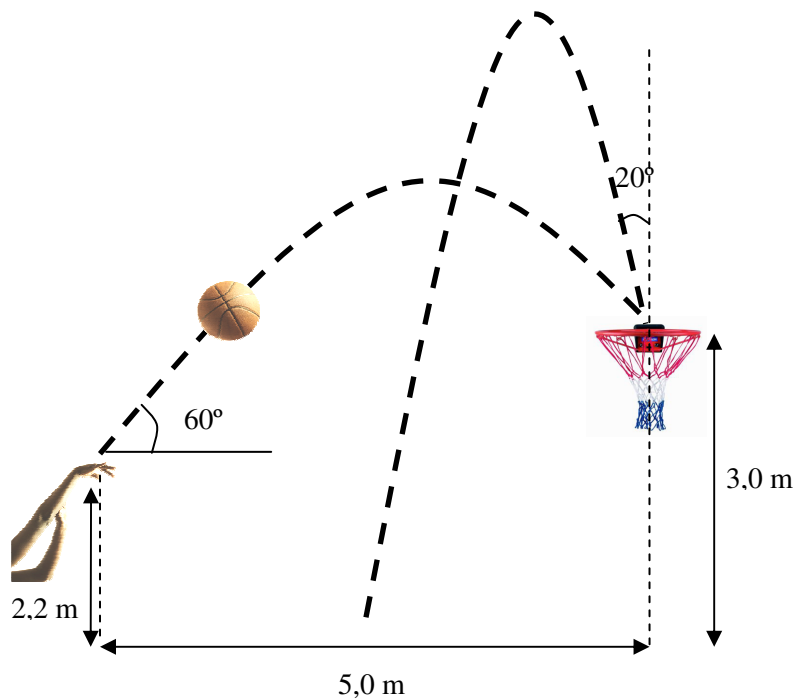
10. Um jogador de basquete faz um lançamento a uma distância de 5 metros do cesto.

10.1. Calcule o valor da velocidade inicial que a bola deverá ser lançada para que atinja o cesto.

10.2. Determine os vectores velocidade e aceleração no instante em que chega à boca do cesto.

10.3. Infelizmente a bola bate no aro e ressalta com um valor de velocidade inicial igual ao valor da velocidade calculada na

alínea anterior. Calcule a altura máxima atingida pela bola neste segundo movimento.



Soluções:

10.1. 7.9 m/s

10.2. $V=3.95 i-5.56 j$ m/s; $a=-9.8 j$ m/s² referencial ortonormado horizontal vertical

10.3. $h = 5,11$ m a partir do chão

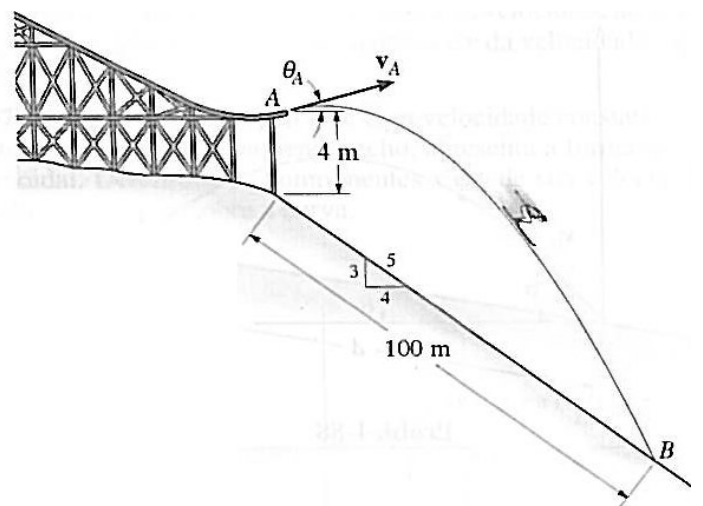
11. Na pista de saltos para a neve mostrada na figura, foi observado que um esquiador deixa a rampa A com um ângulo $\theta_A=25^\circ$ em relação à horizontal. Após deixar a rampa o esquiador descreve a trajetória mostrada e toca o solo no ponto B, determine:

11.1. a velocidade com que o esquiador deixa a rampa no ponto A, v_A ;

11.2. o intervalo de tempo que o esquiador demora a descrever a trajetória;

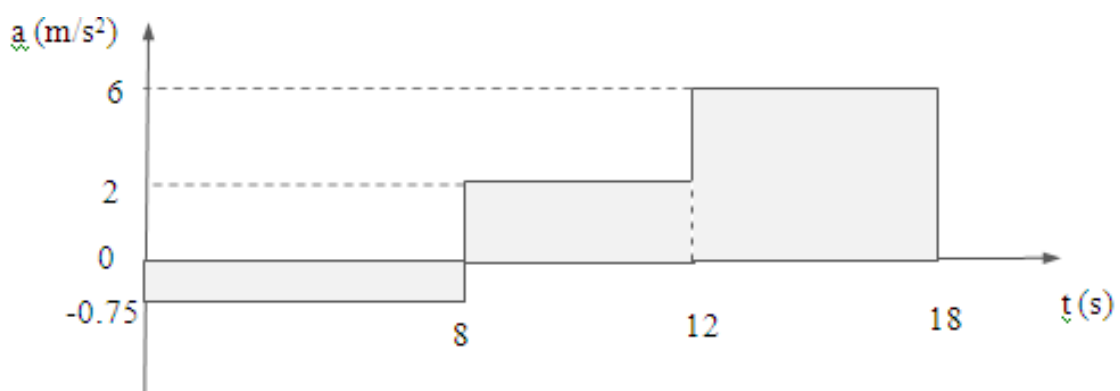
11.3. a velocidade e aceleração do esquiador imediatamente antes de tocar o solo no ponto B;

11.4. a altura máxima atingida pelo esquiador na sua trajetória, em relação à base da pista, B.



12. Uma moto parte da origem com velocidade $v_0 = -2 \text{ m/s}$ e desloca-se em movimento retilíneo com aceleração mostrada na figura. Decorridos 18 s a moto atinge o ponto A da rampa com velocidade v , descreve uma trajetória no ar e toca o solo a uma distância x do ponto A. Desprezando a resistência do ar, responda às questões que se seguem:

- 12.1. Obtenha as equações representativas do movimento da moto e construa os gráficos $v-t$, e $x-t$ para $0 < t < 18\text{s}$;
- 12.2. Determine a distância total percorrida pela moto quando $t=18\text{s}$;
- 12.3. Determine a velocidade da moto no instante $t=18 \text{ s}$;
- 12.4. Determine a altura máxima h e a distância x alcançadas pela moto, após esta perder o contacto com a rampa, A.



Soluções:

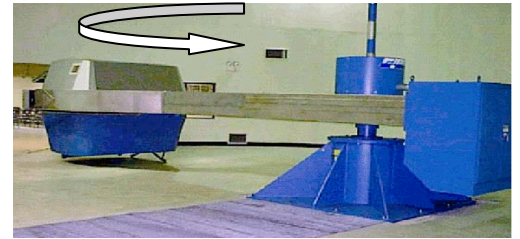
12.2. $\Delta x = 164 \text{ m}$

12.3. $v = 36 \text{ m/s}$

12.4. $y_{\text{máx.}} = 34,4 \text{ m}$; $x_{\text{máx.}} = 131,6 \text{ m}$

13. O dispositivo apresentado na figura é um simulador de força G. É utilizado no treino de pilotos de aviões e astronautas, para que estes consigam suportar acelerações elevadas. Um piloto treinado e equipado com um fato anti força G pode suportar até 7,5 G (7,5 vezes a aceleração da gravidade i. é, $7,5 \times 9,81 = 73,6 \text{ m/s}^2$) sem perder os sentidos.

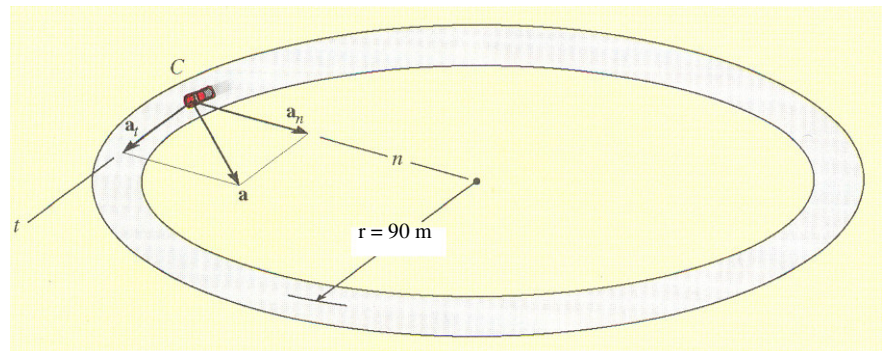
13.1. Se o piloto ficar sentado a 3 m de distância do eixo de rotação, qual o maior valor da velocidade angular que o dispositivo pode adquirir sem que o piloto perca os sentidos. Indique o resultado em rad/s e em r.p.m.



13.2. Qual o valor da velocidade nas condições da alínea anterior.

13.3. Qual a aceleração angular necessária para que o dispositivo adquira a velocidade calculada em 4.1 em 2 minutos, supondo que parte do repouso.

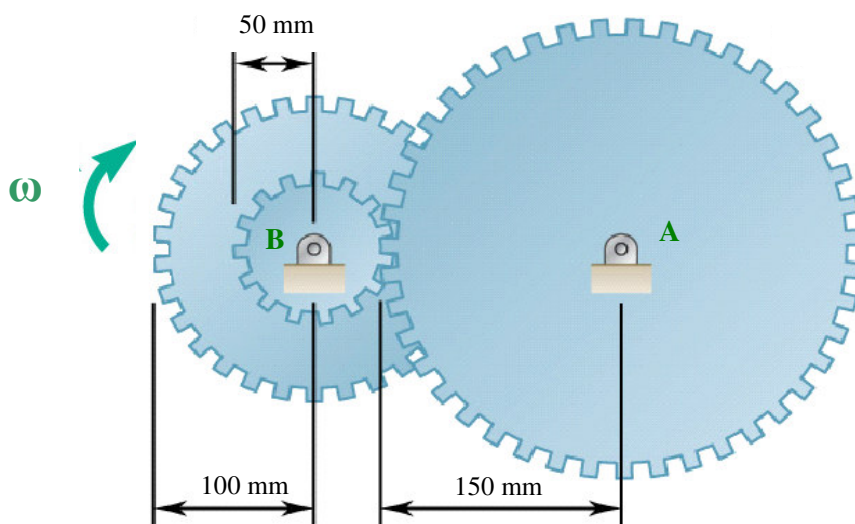
14. O automóvel de competição C corre numa pista circular horizontal com raio de 90 m, tal como representado na figura. Se o automóvel aumenta a sua velocidade a uma taxa constante de $2,1 \text{ m/s}^2$, partindo do repouso, determine o tempo necessário para que atinja uma aceleração de $2,4 \text{ m/s}^2$. Qual a sua velocidade nesse instante?



15. Um sistema de redução de velocidades consiste em duas engrenagens A e B no plano xy e rodam em torno dos eixos perpendiculares a esse plano e que passam pelos seus centros. Sabendo que a velocidade angular da engrenagem B é constante, $\omega_B = -30 \text{ k} \text{ (rad/s)}$, e que não existe escorregamento no ponto de contacto das engrenagens, determine:

15.1. a velocidade angular da engrenagem A;

15.2. as acelerações dos pontos das engrenagens que estão em contacto.

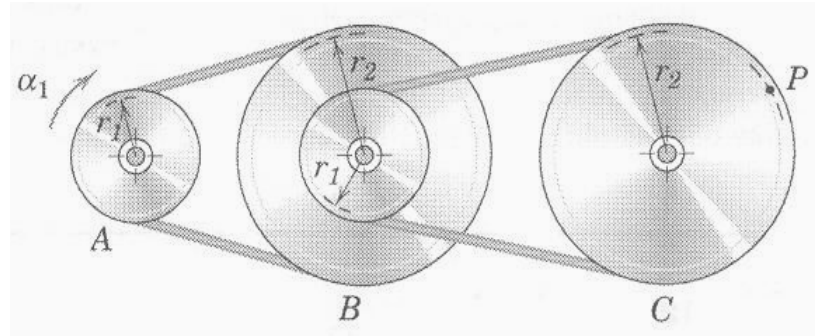


16. Numa transmissão reductora de velocidade, por correias, a polia A acciona as polias B e C de acordo com o mecanismo ilustrado. Sabendo que A parte do repouso com uma aceleração angular constante, de valor α_1 , deduza expressões para:

16.1. a velocidade angular da polia B, em função da velocidade angular de A;

16.2. o valor da velocidade angular de C e o módulo da aceleração do ponto P da correia, em função do instante t e de α_1 ;

16.3. sendo $r_1=50\text{mm}$, $r_2=100\text{mm}$ e $\alpha_1=8,8\text{ rad}\cdot\text{s}^{-2}$, calcule a velocidade angular de C e o módulo da aceleração de P para $t=15\text{s}$.

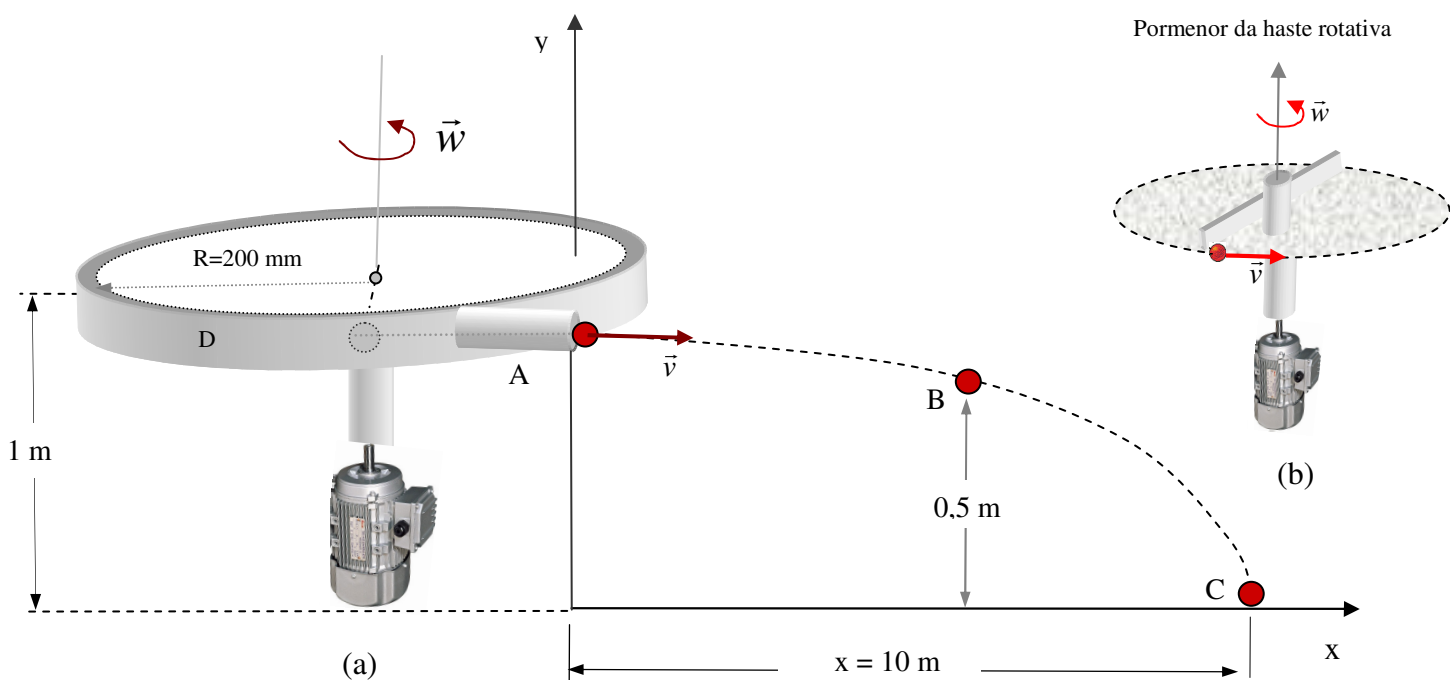


17. Na figura (a) encontra-se representado um mecanismo constituído por uma haste rotativa solidária com um motor eléctrico dotado de variador de frequência, figura (b). No interior do dispositivo fixo D (figura (a)) a haste rotativa, solidária com o eixo de rotação do motor, imprime a uma esfera de massa igual a 200 g, uma velocidade v . O variador de frequência do motor, permite variar a velocidade de rotação da haste/esfera e o sistema de abertura liberta a esfera através da saída A. Após a esfera ter sido libertada, descreve a trajectória mostrada na figura e atinge o solo num ponto localizado a 10 m de distância. Nota: Despreze a resistência do ar e outras formas de atrito.

17.1. Calcule a frequência de rotação que deve seleccionar, de modo a esfera alcançar a distância pré-estabelecida, (obedeça ao referencial representado na figura).

17.2. Calcule o valor da aceleração normal da esfera nas condições da alínea 17.1.

17.3. Escreva os vectores velocidade e aceleração da esfera no instante em que esta passa no ponto B da trajectória.



Soluções

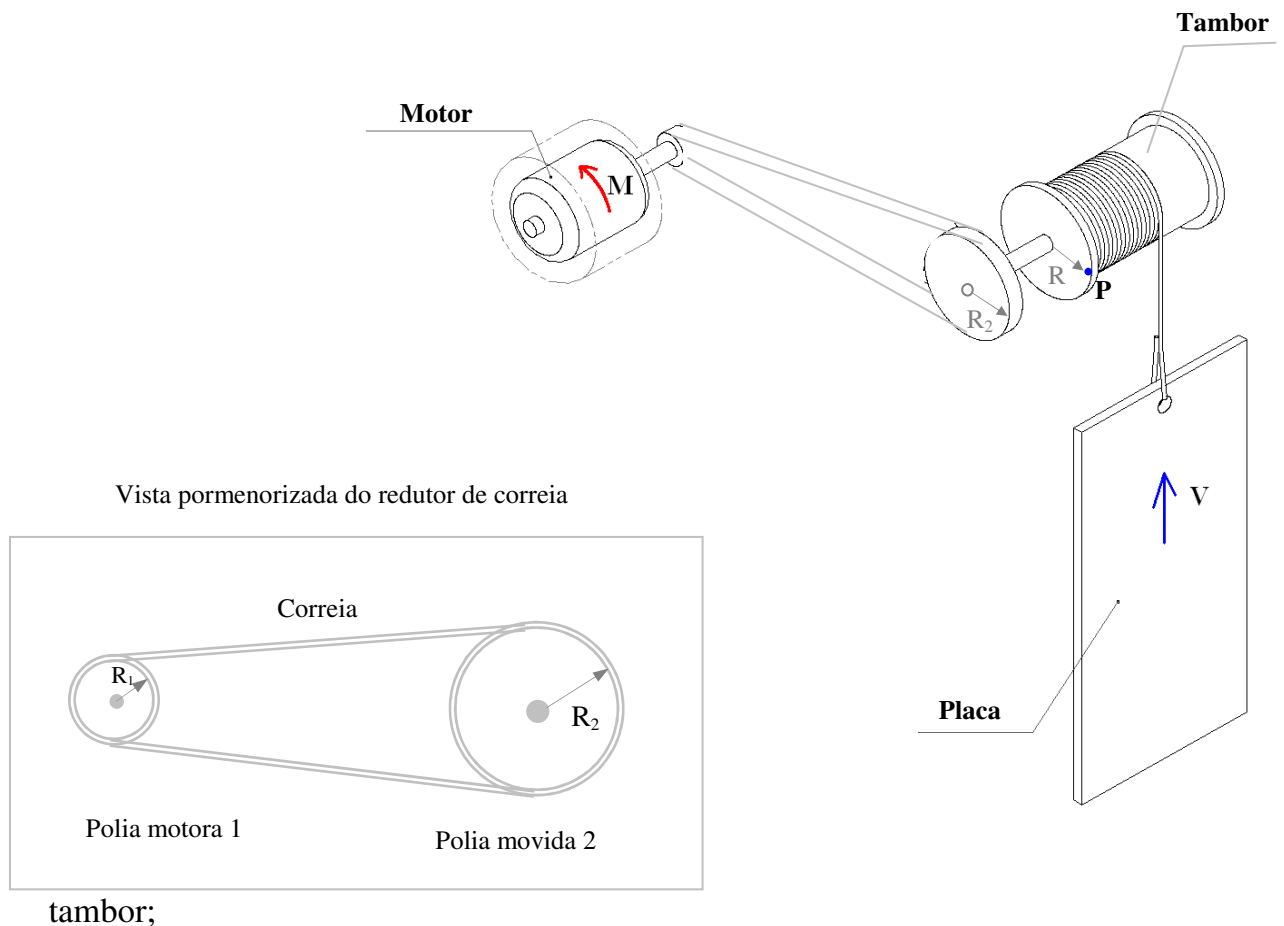
17.1. $f = 17.8 \text{ s}^{-1}$

17.2. $a_n = 2500 \text{ m/s}^2$

17.3. $\mathbf{v}_B = 22,36 \mathbf{i} - 3,16 \mathbf{j} \text{ [m/s]}$; $\mathbf{a}_B = 0 \mathbf{i} - 10 \mathbf{j} \text{ [m/s}^2]$

18. A figura representa esquematicamente um sistema de elevação composto por: motor eléctrico; redutor de velocidades e tambor de enrolamento do cabo de tracção. Durante a fase de arranque do motor as polias rodam no sentido anti horário e a placa é elevada com movimento uniformemente variado. Sabendo que o rotor do motor atingiu a velocidade de 1500 r.p.m em 2s, determine para esse instante:

- 18.1.** o valor da aceleração angular da polia motora 1;
- 18.2.** os valores da velocidade e aceleração angulares da polia movida 2;
- 18.3.** os valores da velocidade e aceleração da placa;
- 18.4.** o vector aceleração e respectiva intensidade no ponto **P** localizado na periferia do



Dados e simplificações:

Raio da polia motora 1 - $R_1 = 30 \text{ mm}$

Raio da polia movida 2 - $R_2 = 90 \text{ mm}$

Raio do tambor - $R = 100 \text{ mm}$

o diâmetro de enrolamento do cabo é de 200 mm (\cong diâmetro do tambor);

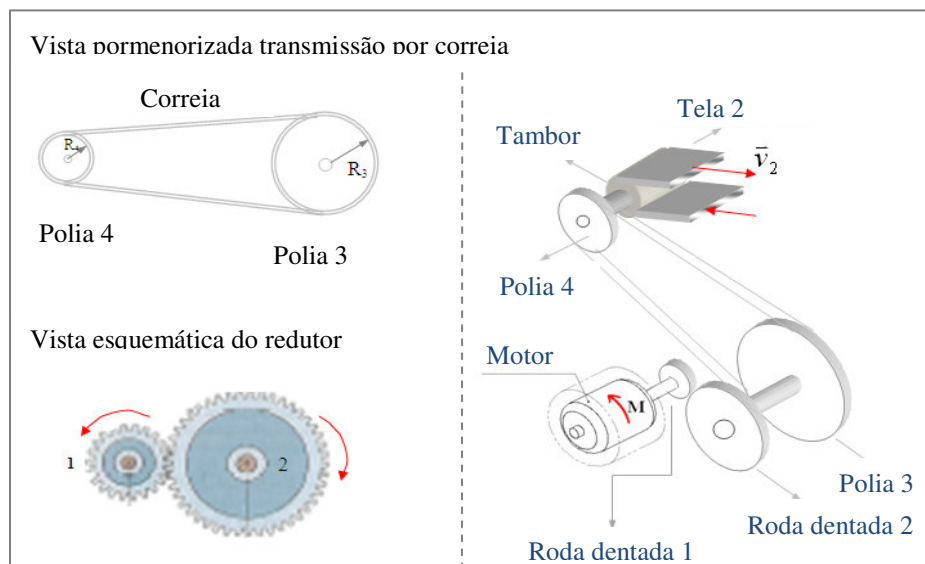
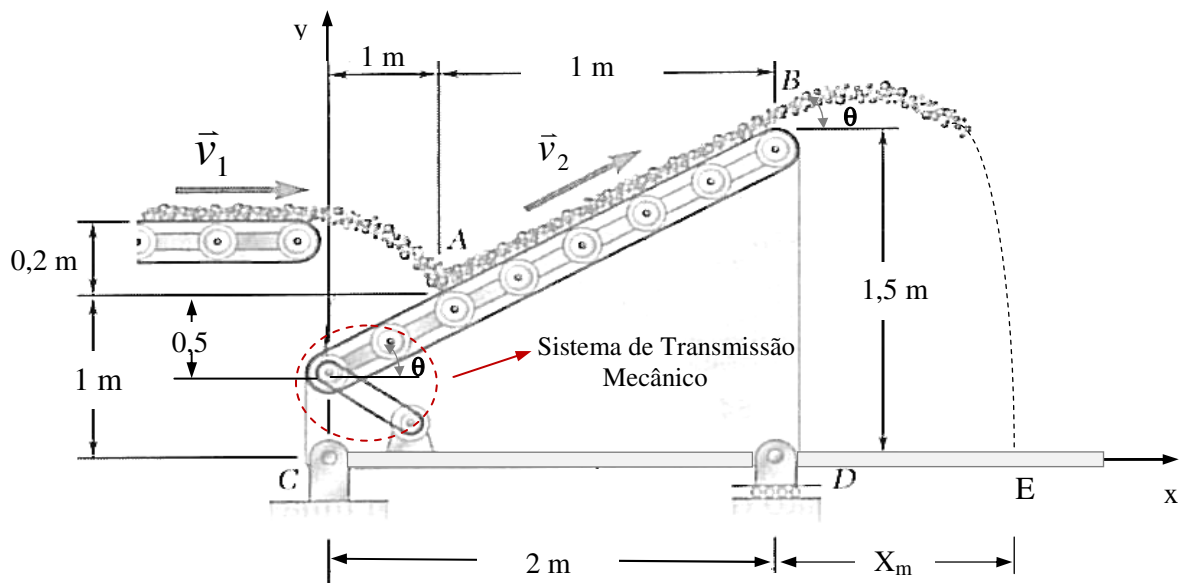
o atrito em toda a cadeia cinemática é irrelevante.

Soluções:

- 18.1. $\alpha_1=78,5 \text{ rad/s}^2$ 18.2. $W_2=52,3 \text{ rad/s}$; $\alpha_2=26.2 \text{ rad/s}^2$ 18.3. $v_p=5,23 \text{ m/s}$; $a_p=2,6 \text{ m/s}^2$
 18.4. $a_p = 2,6 u_t + 273,5 u_n$; $a_p = 273,6 \text{ m.s}^{-2}$

19. A figura representa esquematicamente um sistema de transporte de pequenos blocos de granito composto por: motor eléctrico; sistema de transmissão mecânico (engrenagens e correia) e tambor de enrolamento da tela T_2 com raio R . A tela transportadora T_1 descarrega os blocos de granito sobre a tela transportadora T_2 . Os blocos recebidos no ponto **A** são transportados até ao ponto **B** a uma velocidade v_2 . Imediatamente após atingir a extremidade **B** os blocos perdem o contacto com a tela segundo a direcção θ . Calcule para a fase em que o rotor do motor atinge uma velocidade de rotação constante de 600 rpm:

- 19.1.** o valor da velocidade dos blocos de granito no instante em que atingem o ponto **B** da tela T_2 ;
19.2. o valor da velocidade dos blocos no instante imediatamente anterior ao contacto com o solo (**E**);
19.3. o alcance máximo, X_m atingido pelos blocos de granito.



Dados e simplificações:

Não existe escorregamento entre as superfícies de contacto da tela e blocos.

A velocidade constante do rotor é de 600 rpm.

Raio da roda dentada 1 - $R_1 = 50$ mm

Raio da roda dentada 2 - $R_2 = 100$ mm

Raio da polia 3 - $R_3 = 120$ mm

Raio da polia 4 - $R_4 = 60$ mm

Raio do tambor - $R = 200$ mm

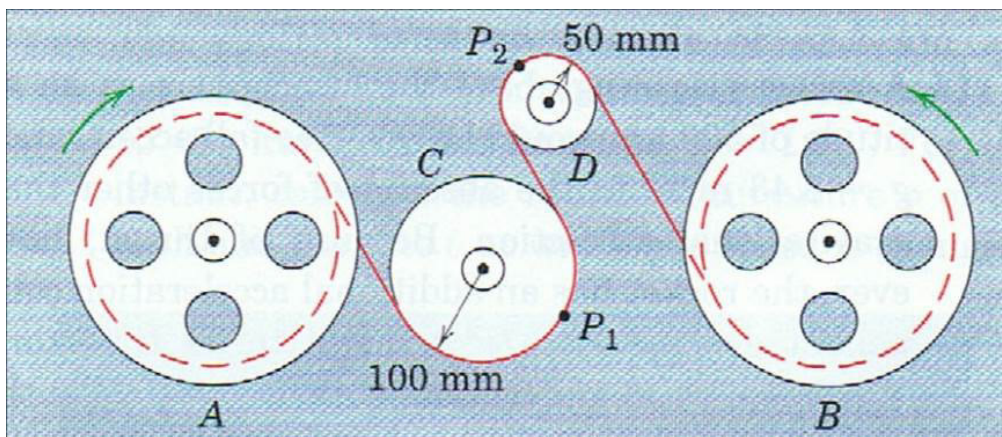
Despreze o atrito em toda a cadeia cinemática e a resistência do ar.

Soluções:

19.1. $v_B = 12,6$ m/s 19.2. $v_E = 13,75$ m/s 19.3. $x_m = 15,2$ m

20. Uma fita magnética é transferida da bobina A para a bobina B tendo que passar em torno das polias C e D, conforme pode ser observado na figura 2. Num determinado instante, o ponto P_1 da fita encontra-se em contacto com a polia C e o ponto P_2 em contacto com a polia D. Sabendo que, nesse instante, o valor da componente normal da aceleração de P_1 é $40,0 \text{ m.s}^{-2}$ e o valor da componente tangencial da aceleração de P_2 é $30,0 \text{ m.s}^{-2}$, determine:

- 20.1. o valor da velocidade da fita magnética; $v = 2,0 \text{ m.s}^{-1}$
- 20.2. a velocidade angular da polia C; $\omega = 20,0 \text{ k (rad.s}^{-1}\text{)}$
- 20.3. a intensidade da aceleração do ponto P_1 ; $a_{P_1} = 50,0 \text{ m.s}^{-2}$
- 20.4. a aceleração do ponto P_2 e respetiva intensidade. $a_{P_2} = 85,4 \text{ m.s}^{-2}$



Soluções:

20.1. $v = 2,0 \text{ m.s}^{-1}$

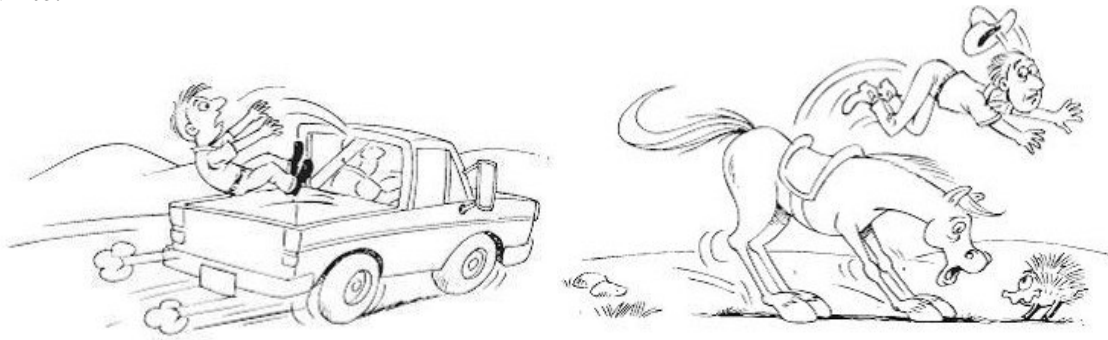
20.2. $\omega = 20,0 \text{ k (rad.s}^{-1}\text{)}$

20.3. $a_{P_1} = 50,0 \text{ m.s}^{-2}$

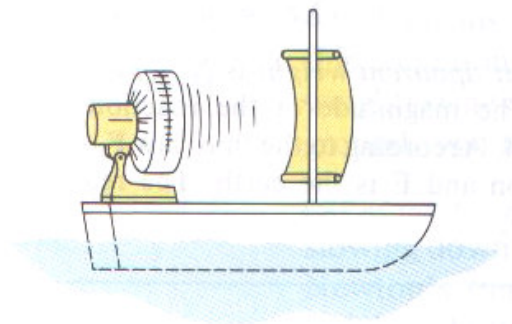
20.4. $a_{P_2} = 85,4 \text{ m.s}^{-2}$

DINÂMICA DO PONTO MATERIAL

1. Recorrendo a conceitos físicos, explique detalhadamente as situações representadas na figura seguinte.

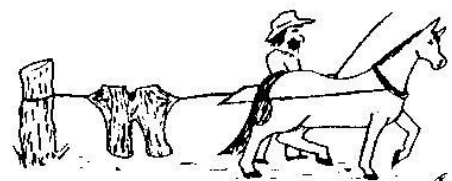
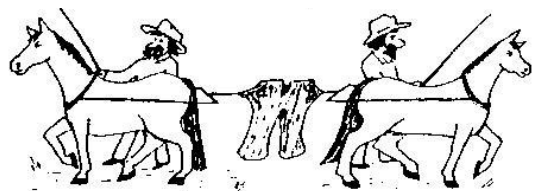


2. Num dia sem vento, um velejador resolveu recorrer a uma ventoinha, montando-a conforme se pode observar na figura, para poder navegar. Comente, com base em conceitos físicos, a ideia apresentada.

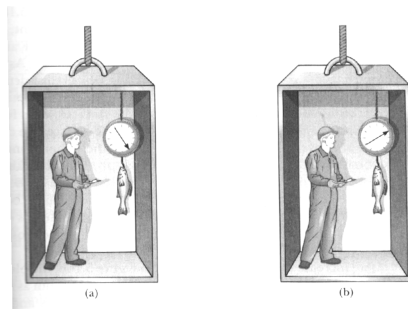


3. Observe a figura. No frasco representado está contido um conjunto de abelhas. A pessoa pretende avaliar a força gravítica do sistema formado pelo frasco e pelas abelhas na situação em que estas se encontram pousadas e no caso em que permanecem a voar. Refira, justificando, que resultado será de esperar.

4. Observe a figura. Na primeira situação dois cavalos testam a resistência de umas calças, com recurso a duas cordas. Na segunda situação é utilizado um único cavalo, tendo sido amarrada uma das cordas a um tronco. Considere que nos dois casos os sistemas se encontram em equilíbrio estático. Discuta com base em conceitos físicos, os dois testes de resistência das calças.

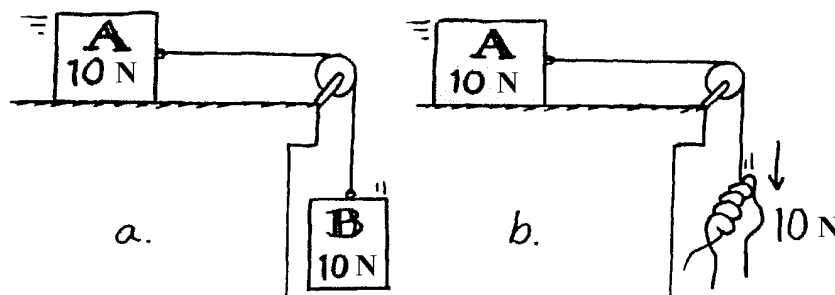


5. Observe a figura que mostra um vulgar elevador instalado num qualquer lugar do nosso planeta. Recorrendo a conceitos físicos, explique detalhadamente como é possível que a balança representada possa indicar valores diferentes para o peso do mesmo peixe.



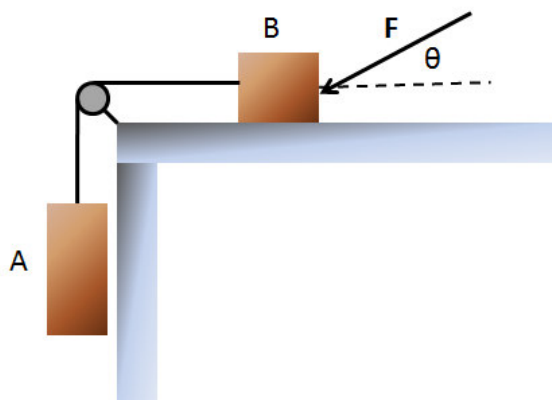
6. Explique, com base em conceitos físicos, a importância da existência de encostos de cabeça nos veículos automóveis.

7. Analise as situações representadas na figura. Despreze o atrito e a resistência do ar. Indique, justificando, que relação existe entre os valores das acelerações adquiridas pelo bloco A.



8. Observe o sistema representado na figura. Os dois blocos A e B, de massas respectivamente iguais a M e m , encontram-se ligados por um fio inextensível que passa pela gola de uma roldana. Considere que $M > m$ e despreze as massas da roldana e do fio. O coeficiente de atrito cinético entre o bloco B e a superfície é μ_C . Mostre que o valor da aceleração do sistema é dado pela expressão:

$$a = \frac{(M - \mu_C m)g + F(\cos\theta - \mu_C \sin\theta)}{M + m}$$



9. Em 21 de Setembro de 2005 um avião efectuou uma aterragem de emergência no aeroporto de Los Angeles. Conforme se pode observar na figura, o trem de aterragem dianteiro bloqueou numa posição perpendicular à sua posição normal de funcionamento.



O avião acabou por se imobilizar. Para isso contribuíram, fundamentalmente, o atrito entre a pista e o trem de aterragem dianteiro e a acção de travagem provocada pelo funcionamento dos reactores em modo inverso. O efeito conjunto destas forças pode ser traduzido pela expressão $F_x(t) = -F_0 + B t$, entre o instante em que o avião tocou o solo ($t=0$) e o instante em que se imobilizou ($t=t_f$), sendo B uma constante. Considere M a massa do avião e v_0 o valor da sua velocidade no instante $t=0$.

9.1. Escreva a expressão que, em função do tempo, traduz a variação da aceleração escalar instantânea do avião, entre $t=0$ e $t=t_f$.

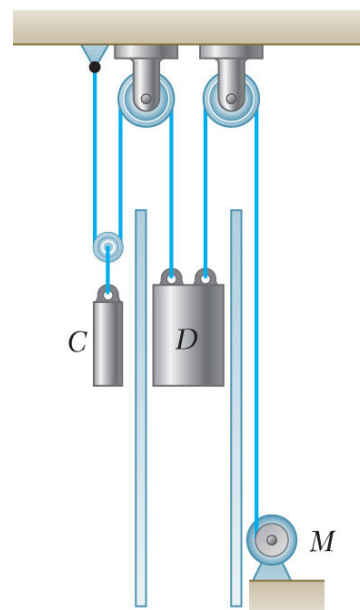
9.2. Determine a distância percorrida pelo avião na pista, até se imobilizar.

10. O sistema mecânico representado na figura é composto pelo elevador **D** de massa $m_D = 270$ kg, pelo contrapeso **C** com massa $m_C = 360$ kg, o motor eléctrico **M**, os cabos e as polias. Este sistema permite estabelecer a seguinte relação cinemática entre as acelerações do elevador e do contrapeso: $a_D = -2a_C$. Desprezando as massas das polias, as massas dos cabos e o atrito, determine:

10.1 a força exercida no cabo pelo motor quando o elevador se move para cima com uma velocidade constante de $2,4 \text{ ms}^{-1}$;

10.2 a aceleração adquirida pelo elevador para que ele atinja a velocidade de $2,4 \text{ ms}^{-1}$, partindo do repouso e percorrendo $3,84$ m no sentido ascendente;

10.3 a força exercida no cabo pelo motor quando o elevador se move para cima com a aceleração obtida na alínea anterior.



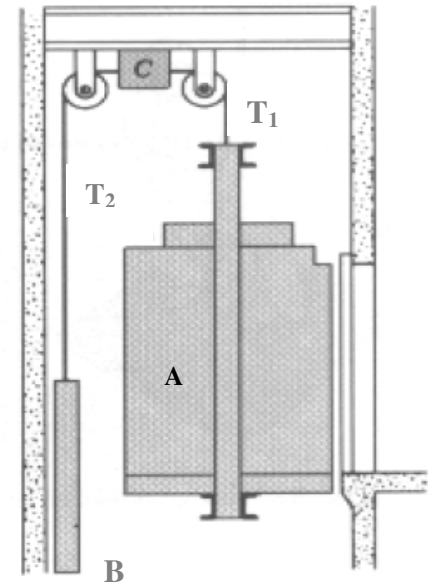
Soluções:

10.1. $F = 900 \text{ N}$

10.2. $a = 0,75 \text{ ms}^{-2}$

10.3. $F = 1170 \text{ N}$

11. O elevador mostrado na figura é constituído por uma cabine (A) com massa $m_A=1000$ kg, o contrapeso (B) de massa $m_B=1400$ kg, o motor (C) o cabo e polias. Em serviço pretende-se que a cabine se desloque até ao 4º piso localizado a 12 m de altura, partindo do nível do rés-chão.



11.1. Represente o digrama de corpo livre do elevador.

11.2. Determine os valores das forças de tracção no cabo, T_1 e T_2 nas seguintes condições:

11.2.1. a cabine do elevador desloca-se no sentido ascendente e o contrapeso no sentido oposto com velocidade constante de 2m/s.

11.2.2. a cabine do elevador acelera no sentido ascendente a $2,3 \text{ m/s}^2$ e o contrapeso acelera no sentido oposto à mesma taxa..

11.3. Determine o valor da força exercida no cabo pelo motor nas condições da alínea 9.2.2.

11.4. Determine o intervalo de tempo necessário para que a cabine atinja o 4º piso, localizado a 12 m de altura, nas condições das alíneas 11.2.1 e 11.2.2.

Nota: Considere desprezáveis a massa do cabo, as massas das polias e o atrito.

Soluções:

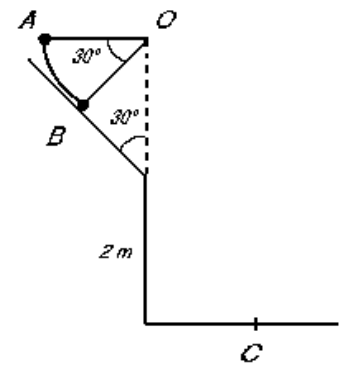
11.2.1. $T_1=10$ kN e $T_2=14$ kN

11.2.2. $T_1=12,3$ kN e $T_2=10,78$ kN

11.3. $F = 1,5$ KN

11.4. $t=6$ s e $t=3,23$ s

12. A esfera representada na figura tem a massa de 200g e está ligada a um fio inextensível de comprimento 1m, fixo no ponto O. A esfera é lançada do ponto A com velocidade inicial vertical de valor $0,5 \text{ m.s}^{-1}$ e descreve uma trajectória circular no plano vertical tangente no ponto B a um plano inclinado. O fio parte quando a esfera atinge o ponto B e esta percorre o plano inclinado, embatendo em seguida no solo no ponto C.



Determine a velocidade da esfera no ponto B.

12.1. Calcule o valor da tensão máxima suportada pelo fio.

12.2. Determine o vector de posição do ponto C em relação a O.

13. No projecto de um sistema de transporte, uma tela transportadora A, descarrega pequenos blocos de metal de massa, $m=200$ g na extremidade superior de uma rampa com uma velocidade de 0,4 m/s. Os blocos deslizam sobre a rampa e deverão ter no seu final uma velocidade de 0,14m/s de modo a serem transferidos para a tela transportadora B sem que ocorra deslizamento. A rampa do sistema de transporte tem uma inclinação, $\theta=30^\circ$ e um coeficiente de atrito cinético, μ_c entre as superfícies dos blocos e a rampa. Considere $g=10 \text{ ms}^{-2}$.

13.1. Represente o diagrama de corpo livre de um bloco sobre a rampa do sistema de transporte.

13.2. Sabendo que as telas transportadoras A e B têm velocidades constantes de 0,4 m/s e 0,14 m/s respectivamente, determine as velocidades angulares dos rolos 1 e 2 de raios iguais a 10 cm

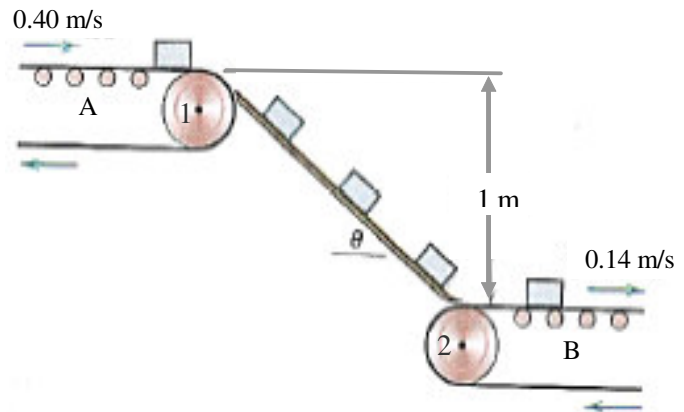
13.3. Determine a aceleração de um bloco ao longo do plano inclinado, de modo que este seja depositado na tela transportadora B sem que ocorra deslizamento.

- 13.4.** Determine o intervalo de tempo que um bloco demora a descer a rampa.
13.5. Determine a força de reacção normal exercida sobre o bloco pelo plano inclinado.
13.6. Determine o coeficiente de atrito cinético entre as superfícies de contacto bloco/rampa.
13.7. Admitindo que os rolos das telas transportadoras têm o mesmo raio ($r=10\text{cm}$) e operam a velocidade constante, determine o número de voltas que cada um dos rolos deve efectuar enquanto um bloco desce a rampa.

Nota: Admita não haver escorregamento entre as superfícies de contacto rolos / telas.

Soluções:

- 13.2. $W_1=4\text{ rad/s}$ e $W_2=1.4\text{ rad/s}$
 13.3. $a = -0.0351\text{ m/s}^2$
 13.4. $t=7.4\text{ s}$
 13.5. $N=1.73\text{ N}$
 13.6. $\mu=0.58$
 13.7. $n_1= 4.7$ voltas e $n_2= 1,65$ voltas



14. O helicóptero mostrado na figura seguinte foi requisitado para uma missão de transporte de veículos militares entre diferentes locais de operação de guerra. O helicóptero com 10 toneladas, encontra-se a deslocar um veículo com massa de 4500 kg.

- 14.1.** Represente o diagrama de corpo livre da hélice principal do helicóptero.
14.2. Determine a força vertical que o ar exerce sobre as pás da hélice principal do helicóptero nas seguintes condições:
 14.2.1. o helicóptero desloca-se no sentido descendente a uma velocidade constante de 3 m/s .
 14.2.2. o helicóptero acelera no sentido ascendente a uma taxa de $1,5\text{ m/s}^2$.
 14.2.3. o helicóptero desacelera no sentido ascendente a uma taxa de $1,5\text{ m/s}^2$.
14.3. Determine a força de tracção no cabo de sustentação, fixo ao helicóptero, nas condições da alínea 14.2.2.
14.4. No decorrer da operação de transporte do veículo ocorreu um incidente e no instante em que o helicóptero pairava a 1000 m de altitude, o cabo de sustentação cedeu. Nestas condições determine:
 14.4.1. o intervalo de tempo que decorreu entre o instante da rotura do cabo e o instante em que o veiculo toca o solo.
 14.4.2. a velocidade do veiculo no instante imediatamente anterior ao contacto com o solo.



Soluções:

- 14.2.1. $F_p = 145\text{ kN}$
 14.2.2. $F_p = 166.75\text{ kN}$
 14.2.3. $F_p = 123.25\text{ kN}$
 14.3. $F_p = 51.75\text{ kN}$
 14.4.1. $t = 14.14\text{ s}$
 14.4.2. $v = 141.4\text{ m/s}$

15. Um bloco encontra-se apoiado sobre um plano inclinado, na iminência de movimento. Existindo atrito e considerando θ o ângulo de inclinação do plano, mostre que o coeficiente de atrito estático (μ_e) entre as superfícies do bloco e do plano pode calcular-se pela expressão $\mu_e = \text{tg } \theta$.

16. Uma correia transportadora descarrega pequenos pacotes de massa, m na extremidade superior de uma rampa com uma velocidade de 0,8 m/s. Os pacotes deslizam sobre a rampa e imobilizam-se na posição C localizada sobre a superfície horizontal BC . A rampa tem uma inclinação, $\theta=30^\circ$ e o coeficiente de atrito dinâmico, entre as superfícies de contacto ao longo do percurso AC tem o valor de 0,3.

16.1. Represente o diagrama de corpo livre de um pacote sobre a rampa.

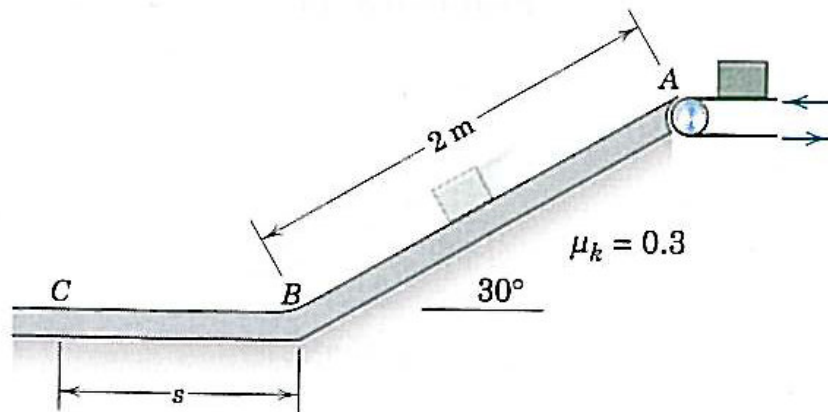
16.2. Determine a distância, s percorrida pelo pacote sobre a superfície horizontal BC .

16.3. Determine o intervalo de tempo necessário, para o pacote percorrer a distância AC .

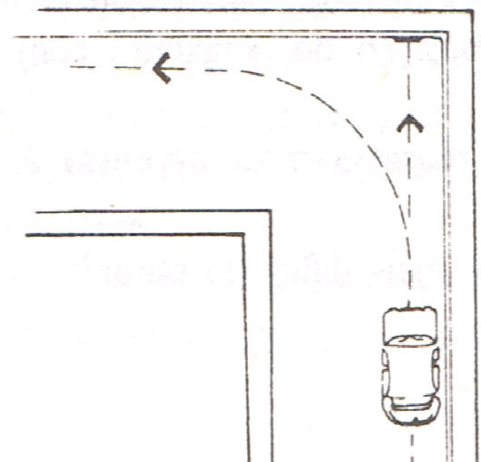
Soluções:

16.2. $s = 1.7 \text{ m}$

16.3. $\Delta t = 2.07 \text{ s}$

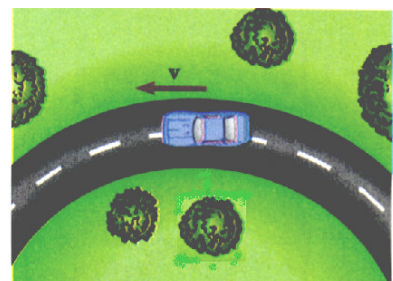


17. Um condutor deslocava-se num veículo a grande velocidade. Subitamente apercebe-se que a estrada, até aí rectilínea, apresenta um traçado em ângulo recto, encontrando-se um muro à sua frente, conforme representado na figura. Para evitar a colisão poderá travar, mantendo uma trajectória rectilínea, ou descrever a curva segundo uma trajectória circular, com velocidade de valor constante. Admita que as intensidades das forças envolvidas em cada uma das manobras não variam. Com base em conceitos físicos, justifique qual a manobra que o condutor deverá efectuar, para garantir uma maior segurança.



18. Um automóvel de massa 1500 kg descreve uma curva plana de raio 35 m. Se o coeficiente de atrito entre os pneus e a estrada for de 0,50, calcule:

18.1. o valor máximo da velocidade que permite ao condutor descrever a curva em segurança.



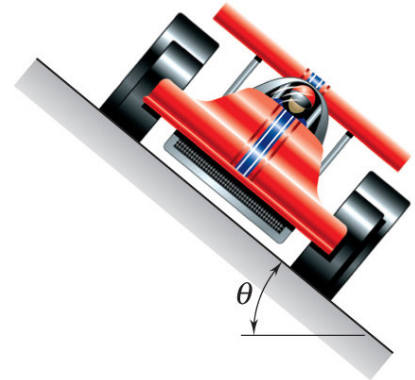
18.2 na ausência de atrito, a inclinação da curva, para que pudesse ser descrita nas condições da alínea anterior.

19. Durante uma corrida de Formula 1, o monolugar mostrado na figura, com 1100 kg de massa, percorre uma curva de raio igual a 250 m e inclinação de 25°. Com o objectivo de manter a 1ª posição na corrida o automóvel deve manter uma velocidade máxima de 220 km/h, ao descrever a curva. Nestas condições, determine:

19.1. o coeficiente de atrito estático necessário entre os pneus e pista;

19.2. a velocidade máxima com que o carro pode descrever a curva em segurança, numa situação de presença de óleo na pista equivalente a ausência de atrito;

19.3. a velocidade máxima com que o carro pode circular numa curva idêntica mas com inclinação nula, nas condições de atrito da alínea 19.1.



Soluções:

19.1. $\mu_e = 0,6$

19.2. $v = 34 \text{ ms}^{-1}$

19.3. $v = 39 \text{ ms}^{-1}$

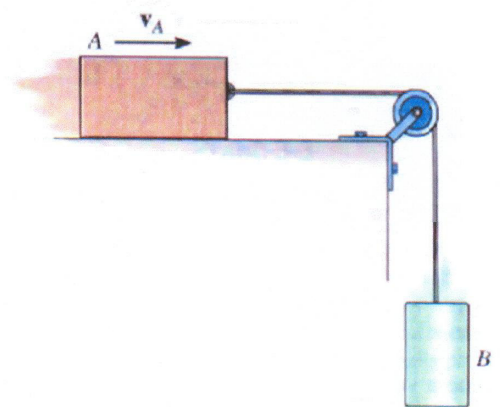
20. O bloco A de 300 g de massa encontra-se em repouso sobre uma superfície plana. Sob a acção do cilindro B, de massa 800 g, o conjunto move-se, sendo o coeficiente de atrito cinético entre a superfície e o bloco $\mu_c = 0,3$.

20.1. Represente e identifique as forças exteriores que actuam sobre o bloco A durante o movimento.

20.2. Determine os valores da aceleração do bloco e do cilindro.

20.3. Calcule a distância que o cilindro deve descer para que o bloco, partindo do repouso, atinja um valor de velocidade de $1,5 \text{ m.s}^{-1}$.

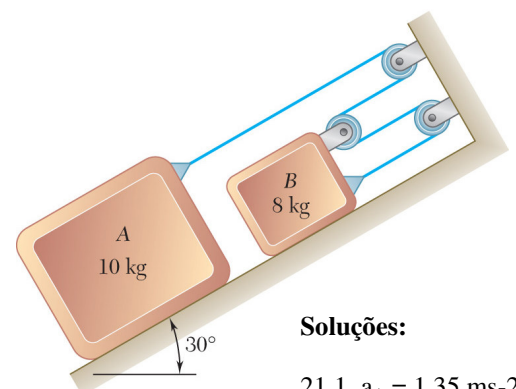
20.4. Determine o valor do coeficiente de atrito entre a superfície e o bloco, para o qual o sistema se encontraria em equilíbrio estático na iminência de movimento.



21. O sistema mecânico representado na figura é composto pelo bloco A de massa $m_A = 10 \text{ kg}$, pelo bloco B com massa $m_B = 8 \text{ kg}$, pelos cabos e polias. Este sistema permite estabelecer a seguinte relação cinemática entre as acelerações dos blocos: $a_A = -3a_B$. O coeficiente de atrito dinâmico entre os blocos e o plano inclinado é igual a 0,2. Desprezando as massas das polias e dos cabos e considerando que o sistema parte do repouso, determine:

21.1. a aceleração adquirida por cada bloco;

21.2. o valor da força de tracção exercida no cabo.

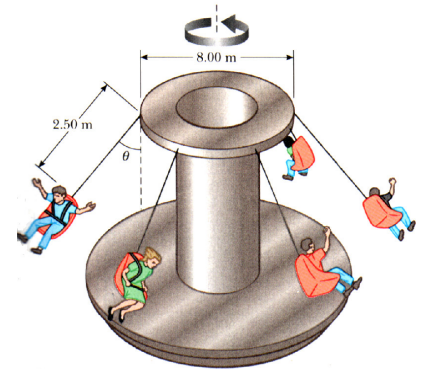


Soluções:

21.1. $a_A = 1,35 \text{ ms}^{-2}$
 $a_B = 0,45 \text{ ms}^{-2}$

21.2. $T = 19,2 \text{ N}$

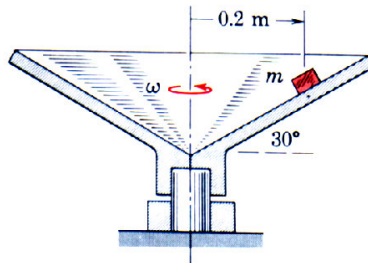
22. Uma atracção de feira popular consiste numa plataforma circular rotativa de 8,0 m de diâmetro, da qual se encontram suspensas cadeiras de 10 kg de massa nas extremidades de correntes de 2,5 m, de massa desprezável (ver figura). Quando o sistema roda, as correntes formam um ângulo $\theta = 28^\circ$ com a vertical. Calcule:



22.1. a velocidade de cada cadeira.

22.2. a força de tensão na corrente se uma criança de 40 kg for sentada na cadeira.

23. Um pequeno bloco de massa m encontra-se apoiado no dispositivo representado na figura. Sendo o coeficiente de atrito estático entre o bloco e a superfície cônica de 0,30, determine os valores máximo e mínimo possíveis, para a velocidade angular de rotação do dispositivo em torno do respectivo eixo vertical, por forma a que o bloco não escorregue.



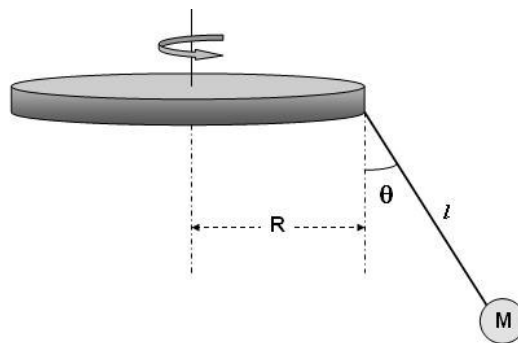
24. Um disco de raio R roda em torno de um eixo vertical, conforme representado na figura. Uma das extremidades de um fio de comprimento l , massa desprezável e inextensível, encontra-se ligada ao bordo do disco. Na outra extremidade está fixa uma esfera de massa M . O fio forma um ângulo θ com a vertical ao movimentar-se em conjunto com o disco, descrevendo a esfera uma trajectória circular no plano horizontal. Despreze o atrito e a resistência do ar.

Considere g a aceleração da gravidade e mostre que, nas condições referidas:

24.1. a intensidade da força de tensão no fio é dada por $T = \frac{Mg}{\cos \theta}$

24.2. a frequência de rotação necessária para que o fio, que suspende a esfera, forme com a vertical

um ângulo θ é $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g \tan \theta}{R + l \sin \theta}}$

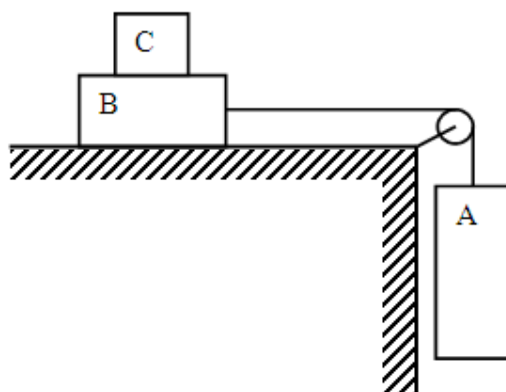


25. Na figura, o corpo B com 8 kg de massa escorrega sobre uma superfície horizontal lisa. Os coeficientes de atrito estático e cinético entre as superfícies de contacto B e C são 0,4 e 0,2 respectivamente. Considerando que a massa do corpo C é igual a 3 kg e que $g = 10 \text{ m/s}^2$, determine:

25.1. o valor da aceleração máxima do corpo C de modo a que não ocorra escorregamento entre as superfícies de contacto dos corpos B e C;

25.2. o valor máximo da massa do corpo A, nas condições da alínea 25.1;

25.3. o valor da aceleração de cada corpo e o valor da tensão da corda, admitindo que o corpo A tem uma massa de 20 kg. Considere a corda inextensível e de massa desprezável.



Soluções:

25.1. $a=4 \text{ m/s}^2$

25.2. $m=7,3 \text{ kg}$

25.3. $T=62\text{N}$; $a_A=a_B=6,9 \text{ m/s}^2$; $a_c= 2 \text{ m/s}^2$

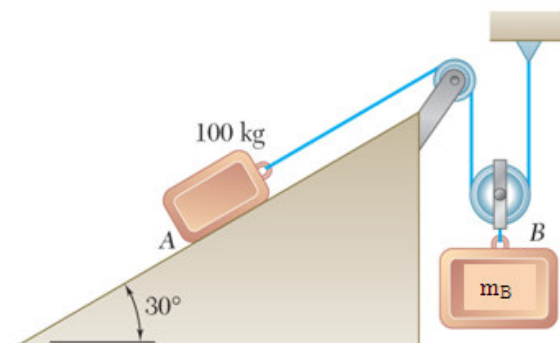
26. O sistema mecânico representado na figura é composto pelo bloco A de massa $m_A = 100 \text{ kg}$, pelo bloco B com massa m_B , pelos cabos e polias. Este sistema permite estabelecer a seguinte relação cinemática entre as acelerações dos blocos: $a_A = 2a_B$. O coeficiente de atrito dinâmico entre o bloco A e o plano inclinado é igual a 0,25. Despreze as massas das polias e dos cabos. Considerando que o sistema parte do repouso e que nos primeiros 3 s de movimento o bloco A percorre 2 m no sentido ascendente do plano inclinado, determine:

26.1. os valores da aceleração e da velocidade adquiridos pelo bloco A;

26.2. a intensidade da força de tracção exercida no cabo que passa pelas golas das duas polias;

26.3. a massa do bloco B;

26.4. o valor da velocidade adquirida pelo bloco B.



Soluções:

26.1. $a_A= 0,44 \text{ m/s}^2$; $v_A = 1,33 \text{ m/s}$

26.2. $T =760,5 \text{ N}$

26.3. $m_B = 155,5 \text{ kg}$

26.4. $v_B = 0,66 \text{ m/s}$

27. Durante uma prova de velocidade dois automóveis de massa igual a 1250 kg cada descrevem uma curva de uma pista plana e circular, tal como mostrado na figura. Considere que o coeficiente de atrito estático entre os pneus e a estrada é de 0,4 e que ambos os pilotos mantêm a velocidade do respectivo automóvel constante.

27.1. Calcule o valor máximo de velocidade que permite a cada um dos pilotos descrever a curva em segurança (apresente a resposta em km/h).

27.2. Indique qual o automóvel que completa 10 voltas em primeiro lugar e a diferença de tempo para o segundo classificado.

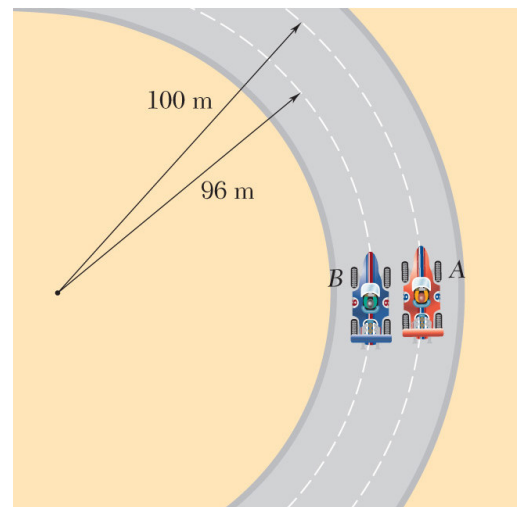
27.3. Resolva novamente as alíneas anteriores, considerando agora uma pista circular com inclinação de 20° e as mesmas condições de atrito.

Soluções:

27.1. $v_A = 72 \text{ km/h}$; $v_B = 70,6 \text{ km/h}$

27.2. Automóvel B. $\Delta t = 6,4 \text{ s}$

27.3. $v_A = 107,6 \text{ km/h}$; $v_B = 105,5 \text{ km/h}$; Automóvel B. $\Delta t = 4,3 \text{ s}$



28. Um automóvel com 1200 kg de massa, entra numa curva que forma um arco de circunferência de 135 m de raio.

28.1. Se a curva tiver $7,4^\circ$ de inclinação, determine a velocidade para a qual foi projetada? Considere o atrito desprezável.

28.2. Se o coeficiente de atrito entre o piso e os pneus de um carro que se encontra a dar a curva for 0,4, qual será a máxima velocidade com que este poderá dar a curva em segurança?

28.3. Diga, justificando, de que modo a velocidade com que o automóvel pode percorrer a curva varia com a sua massa.

Soluções: 28.1. $13,1 \text{ m/s}$; 28.2. $27,2 \text{ m/s}$

29. Na figura pode observar-se uma imagem respeitante a uma prova de *karting*. No plano posterior aos dois veículos visualizam-se barreiras de protecção, construídas com pneus. Com base em conceitos físicos explique a vantagem da utilização dos pneus para este efeito.



30. Observe a diversão de feira popular representada na figura. Explique, com base em conceitos físicos, o motivo pelo qual o ângulo formado pelos cabos com a vertical é o mesmo, independentemente de uma cadeira se encontrar ocupada ou livre.

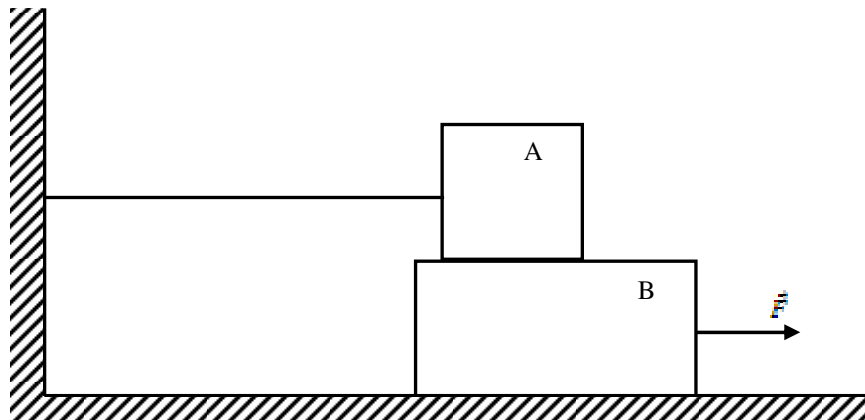


31. Os blocos A e B, representados na figura, têm massas de 1 kg e 2 kg, respectivamente. O bloco A encontra-se fixo à parede através de uma corda horizontal de massa desprezável e sobre o bloco B é exercida uma força \vec{F} horizontal de intensidade 12,5 N. Sabendo que o coeficiente de atrito estático entre A e B vale 0,25 e que o corpo B está na eminência de se mover, determine:

31.1 o valor da força de tensão na corda;

31.2. o valor do coeficiente de atrito estático entre B e a superfície em que está apoiado;

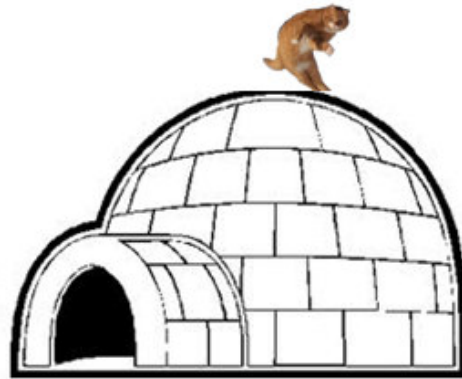
31.3. sabe-se que o coeficiente de atrito cinético entre A e B é 10% inferior ao coeficiente de atrito estático. Se o corpo B entrar em movimento, quanto passará a valer a força de tensão na corda?



32. Um gato brincalhão escorrega, partindo do repouso, ao longo da superfície esférica gelada de um igloo de raio R . Considere que o gato inicia o movimento no ponto mais alto do igloo e assumo que este é uma hemiesfera. Despreze o atrito e a resistência do ar, determine:

32.1. o valor da velocidade do gato em função do ângulo que o respectivo vector posição, forma com a vertical, em relação ao centro do igloo;

32.2. o ângulo para o qual o gato perde o contacto com a superfície.



Soluções:

32.1. $v = \sqrt{2gR(1 - \cos \theta)}$

32.2. $\theta = 48,2^\circ$

33. Explique, com base em conceitos físicos, a situação humorística representada na figura, relacionada com o salto à vara.



34. Um pêndulo gravítico, constituído por uma esfera com 0,10 kg de massa, suspensa por um fio inextensível e massa desprezável com 1,0 m de comprimento, apresenta para uma determinada posição, uma velocidade de 2,0 m/s e uma aceleração tangencial de $5,0 \text{ m/s}^2$. Determine:

- 34.1.** o valor da aceleração do pêndulo para essa posição;
- 34.2.** o ângulo que o fio faz com a posição vertical, nesse instante;
- 34.3.** o valor da força de tensão no fio para essa posição;
- 34.4.** a amplitude máxima do movimento;
- 34.5.** o valor da força de tensão máxima do fio.

Soluções:

34.1. $a = 6,4 \text{ m/s}^2$

34.2. $\theta = 30^\circ$

34.3. $T = 1,27 \text{ N}$

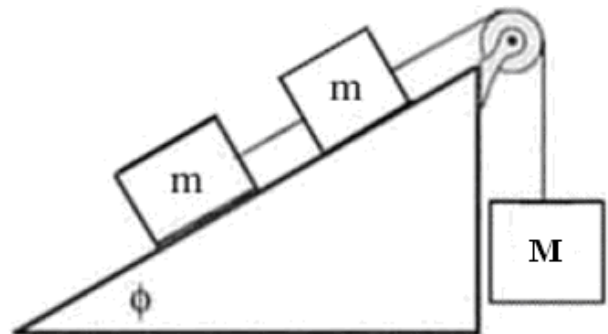
34.4. $\theta_{\text{máx}} = 48^\circ$

34.5. $T_{\text{máx}} = 1,66 \text{ N}$

35. Dois blocos idênticos de massa m encontram-se num plano inclinado que forma um ângulo Φ com a horizontal, ligados por um fio inextensível e de massa desprezável, conforme se pode observar na figura. Um dos blocos encontra-se também ligado a um terceiro bloco, de massa M , através de um segundo fio inextensível e de massa desprezável, que passa pela gola de uma roldana. Considere que os coeficientes de atrito estático e cinético entre os blocos e o plano inclinado são, respectivamente, μ_e e μ_c .

35.1. Determine a massa M , de modo que os dois blocos de massa m se encontrem na iminência de subir o plano inclinado.

35.2. Considere que na situação da alínea anterior, o fio que liga os dois blocos de massa m se rompe. Calcule as acelerações dos três blocos.



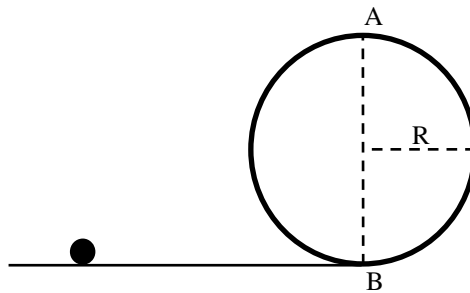
36. Um carro desloca-se numa estrada a 80 km/h, entrando numa curva de 300 m de raio.

36.1. Se a superfície da estrada estiver coberta com uma camada de gelo, qual deverá ser a inclinação mínima da curva para que o carro a consiga descrever?

36.2. Quando o gelo se funde, deixando a descoberto a superfície rugosa da estrada, o coeficiente de atrito entre esta e os pneus do carro toma o valor de 0,4. Qual será então a máxima velocidade com que o automóvel conseguirá dar a curva (cuja inclinação é a calculada na alínea anterior) sem derrapar?

36.3. O valor encontrado na alínea anterior depende da massa do carro? Justifique.

37. Uma esfera de massa 1,0 kg executa um looping de raio 1m, passando pelo ponto A com uma velocidade de 4 m/s, como indicado na figura seguinte. Considere que o coeficiente de atrito entre a superfície da esfera e a superfície do looping é igual a 0,2.



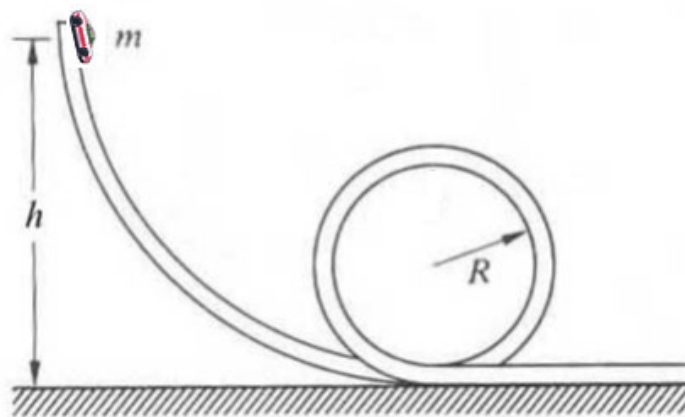
37.1. Represente todas as forças que atuam sobre a esfera, quando se encontra na posição A. Explique por que razão se costuma afirmar o seguinte: “quanto mais rápido a esfera passar no ponto A, menor é o perigo de cair”.

37.2. O valor da aceleração da esfera quando passa no ponto A.

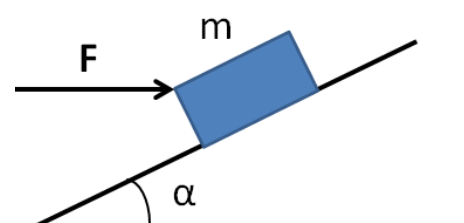
37.3. Calcule o valor da velocidade mínima com que a esfera pode passar no ponto A, de forma a não cair.

37.4. Nas condições da alínea anterior, determine o valor da velocidade com que a esfera passa no ponto B.

38. Um automóvel miniatura, de massa m , é largado de uma altura h em relação ao solo e percorre uma pista com um *looping* de raio R , conforme representado na figura. No ponto mais alto do *looping* o automóvel exerce sobre a pista uma força com intensidade igual a três vezes a da respetiva força gravítica. Considere que não existe atrito entre a pista e o automóvel. Determine h .



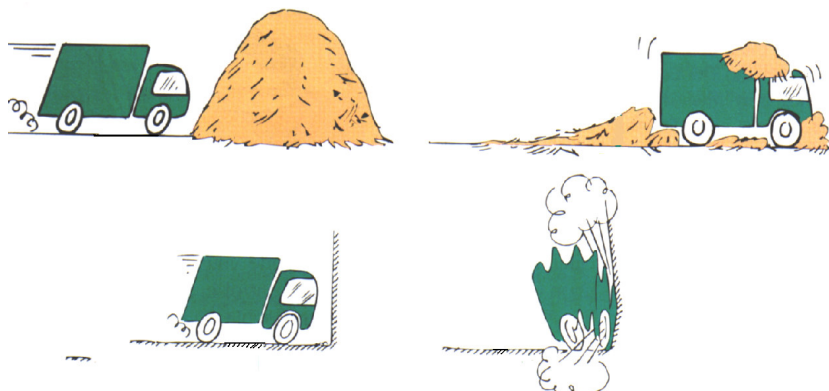
39. O bloco de massa m encontra-se em repouso sobre o plano inclinado, conforme se pode observar na figura. O coeficiente de atrito estático entre as superfícies do bloco e do plano inclinado é μ_e . Determine o valor máximo de intensidade da força F , em função de m , α , μ_e e g , que faz com que o bloco permaneça em repouso.



IMPULSO E MOMENTO LINEAR

1. Com base em conceitos físicos comente a seguinte afirmação: Uma pessoa é abandonada no meio de um lago gelado num dia sem vento. O atrito é tão reduzido que não consegue andar ou rastejar. Sem hipótese de recorrer a qualquer tipo de auxílio exterior, é no entanto possível que consiga atingir a margem.

2. Observe a figura, dois camiões idênticos movendo-se com a mesma velocidade colidem, respectivamente, com um monte de palha e com um muro de betão, immobilizando-se em seguida. Explique com base em conceitos físicos, por que razão o segundo camião fica muito mais danificado.

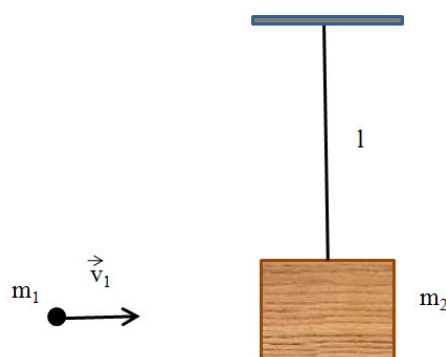


3. Um projectil de massa m_1 é disparado contra um bloco de massa m_2 , suspenso por um fio inextensível, de massa desprezável e de comprimento l , conforme representado na figura. O valor da velocidade do projectil imediatamente antes de atingir o bloco é v_1 e o bloco encontra-se em repouso. Considere a colisão entre o projectil e o bloco perfeitamente inelástica. Despreze o atrito.

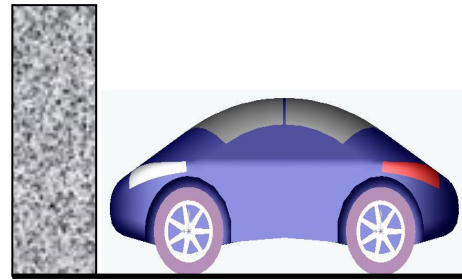
3.1. Após a colisão o projectil e o bloco iniciam um movimento cujo valor de velocidade se anula quando o fio forma com a vertical um ângulo de amplitude $\theta_{\text{máx}}$. Determine o valor da velocidade do projectil.

3.2. Considere na expressão determinada na alínea anterior $\theta_{\text{máx}} = 0$. Explique o resultado obtido.

3.3. Será possível $\theta_{\text{máx}} = 90^\circ$? Justifique.



4. O carro mostrado na figura desloca-se a 50,4 km/h embatendo contra um muro, imobilizando-se de encontro a este sem recuar.



4.1. Considerando o sistema formado pelo veículo e respectivo condutor, cuja massa total é de 1000 kg, calcule a variação da quantidade de movimento deste sistema.

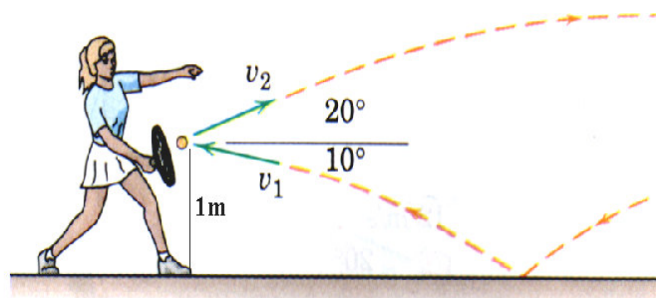
4.2. Se a colisão ocorrer em 0,14 s, qual o módulo da força exercida pelo cinto de segurança sobre o condutor para o manter no lugar. Considere que o condutor tem massa de 70 kg.

5. A tenista atinge a bola nas condições representadas na figura. A bola antes do impacto com a raqueta possui uma velocidade de valor $v_1 = 15 \text{ m.s}^{-1}$ e após a colisão uma velocidade de valor $v_2 = 22 \text{ m.s}^{-1}$. Se a bola, de massa 60 g, estiver 0,05 s em contacto com a raqueta, determine:

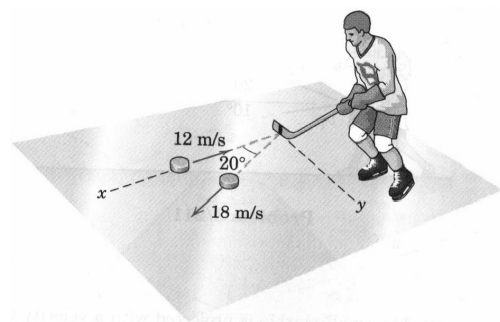
5.1. a força média exercida pela raqueta sobre a bola;

5.2. o ângulo que a direcção da força forma com a vertical;

5.3. a distância percorrida pela bola segundo a horizontal até atingir o solo.



6. O disco de hóquei no gelo, observado na figura, tem a massa de 200 g e velocidade de valor 12 m.s^{-1} antes de ser atingido pelo *stick*. Depois do impacto o disco move-se segundo a direcção representada com uma velocidade de valor 18 m.s^{-1} . Desprezando o atrito e considerando que o *stick* esteve 0,04 s em contacto com o disco, determine:



6.1. o valor médio da força exercida pelo *stick* sobre o disco.

6.2. o ângulo que essa força forma com o eixo x .

6.3 as coordenadas do ponto onde o disco se encontra, 2,0 s após o impacto com o *stick*.

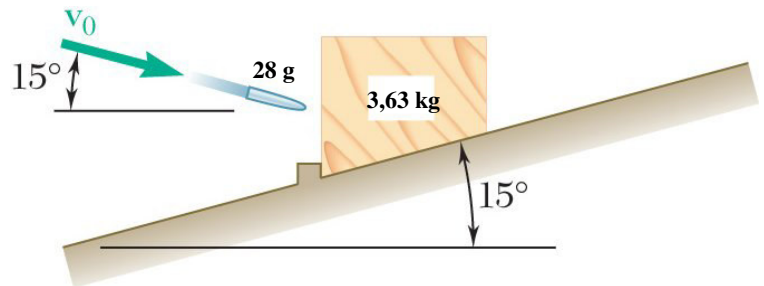
7. Um projectil com massa de 28 g é disparado contra um bloco com 3,63 kg, como mostrado na figura. Inicialmente o bloco encontra-se em repouso sobre uma superfície inclinada. Após a colisão o projectil fica alojado no bloco, deslocando-se o conjunto formado pelos dois corpos durante 1,2 s até se imobilizar.

7.1. Qual a velocidade do conjunto (projectil + bloco) imediatamente após a colisão?

7.2. Qual a velocidade do projectil imediatamente antes da colisao?

7.3. Admitindo que a colisao ocorreu num intervalo de tempo de 0,01 s, determine o valor da forca de impacto do projectil sobre o bloco e o angulo que essa forca forma com a vertical.

7.4. Indique, justificando, a natureza da colisao.



Solucoes:

7.1. $v = 3,1 \text{ ms}^{-1}$

7.2. $v = 406 \text{ ms}^{-1}$

7.3. $F = 1128 \text{ N}$
 $\theta = 75^\circ$

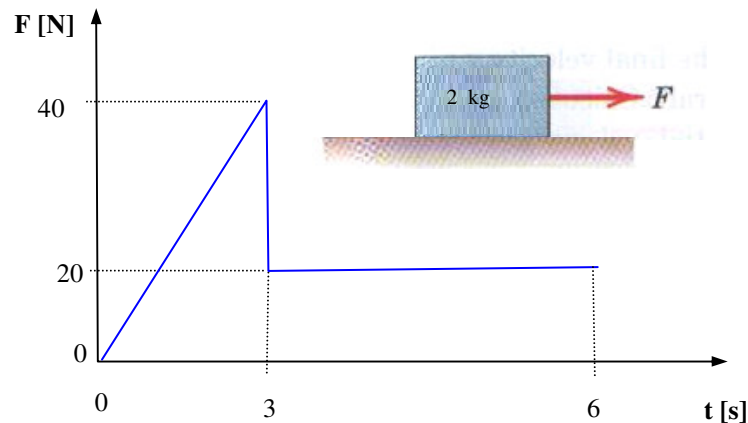
8. No decurso de um estudo experimental sobre impulso e momento linear, foi utilizado um bloco de 2 kg de massa. O bloco, inicialmente em repouso, foi colocado em movimento rectilineo sobre uma superficie horizontal com coeficiente de atrito $\mu = 0,5$, sob accao de uma forca horizontal, de intensidade variavel com o tempo, conforme representado no grafico da figura. Determine:

8.1 a variacao do momento linear do bloco durante o intervalo de tempo compreendido ente $t=3\text{s}$ e $t=6\text{s}$;

8.2. as velocidades do bloco nos instantes $t = 3\text{s}$ e $t = 6\text{s}$ respectivamente;

8.3. o trabalho realizado pela forca de atrito, desde o instante $t = 6\text{s}$ ate ao instante em que o bloco se imobiliza;

8.4. o espaco percorrido pelo bloco desde o instante $t = 6\text{s}$ ate ao instante em que se imobiliza.

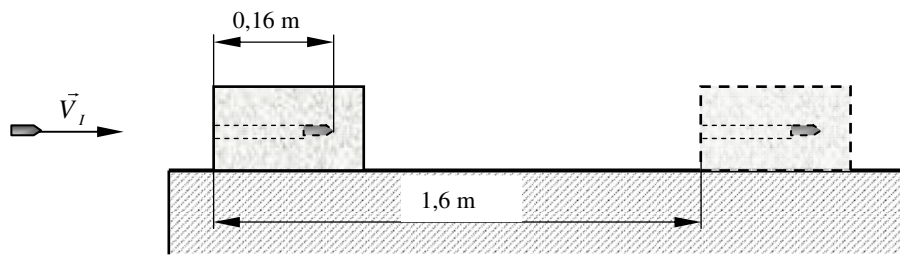


9. Um projectil com massa de 50 g e disparado contra um bloco com 3,95 kg como mostrado na figura. Inicialmente o bloco encontra-se em repouso sobre uma superficie cujo coeficiente de atrito cinetico e 0,5. Apas a colisao o projectil fica alojado no bloco, deslocando-se o conjunto formado pelos dois corpos 1,6 m ate se imobilizar.

9.1. Qual a velocidade do projectil imediatamente antes da colisao?

9.2. Considerando que o projectil percorre uma distancia de 160 mm no interior do bloco ate se imobilizar e que o bloco apenas se desloca apas o processo de colisao estar completo, quanto tempo demorou a colisao.

9.3. Admitindo que a colisao ocorreu num intervalo de tempo de 0,005 s, qual o valor da forca de impacto do projectil sobre o bloco?



10. Uma força \vec{F} , de intensidade variável com o tempo, actua num corpo com massa de 10 kg, inicialmente em repouso, durante 3 s. A intensidade da força, em função do tempo, é dada pela expressão seguinte: $\vec{F} = (8 + 4t)\vec{i}$ (N), em que t representa o tempo expresso em segundos.

10.1. Determine a quantidade de movimento e a velocidade do corpo ao fim dos 3s;

10.2. Durante quanto tempo, deveria a força actuar sobre o corpo, para que o valor do impulso sofrido por ele fosse de 400 N.s ?

10.3. Suponha que o corpo tinha inicialmente, uma velocidade $\vec{v} = -5\vec{j}$ (m/s), determine a quantidade de movimento final do corpo ao fim dos 3 s.

Soluções:

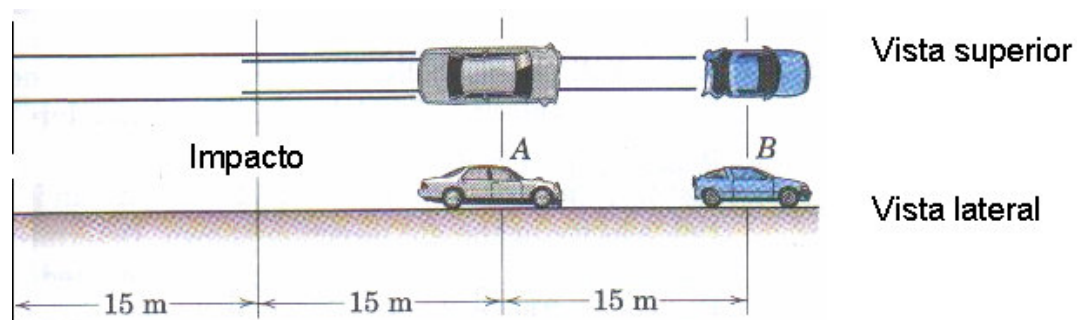
10.1. $42 \hat{i}$ N.s; $4,2 \hat{i}$ [m/s]

10.2. 12,3 s

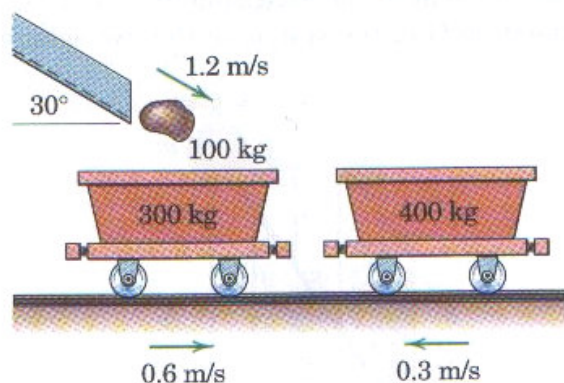
10.3. $42 \hat{i} - 50 \hat{j}$ [N.s]

11. Uma bola de bilhar (A), inicialmente com uma velocidade de 10 m/s, colide elasticamente com uma outra bola (B), de igual massa e que se encontrava em repouso. Após a colisão, a bola A passa a deslocar-se numa direcção que faz um ângulo de 30° com a direcção do seu movimento inicial, anterior à colisão. Determine: o valor da velocidade de cada bola após a colisão e o ângulo que a direcção do movimento da bola B, faz com a direcção do movimento inicial da bola A, também após a colisão.

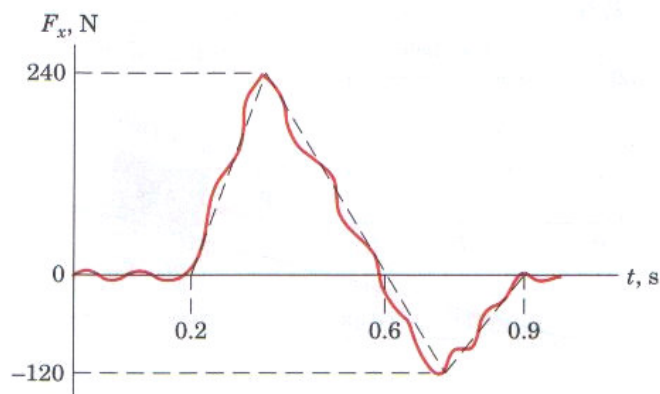
12. Na figura encontra-se representado o esquema correspondente a um acidente de viação envolvendo dois veículos ligeiros. O veículo A (massa de A igual a 1800 kg) circulava numa estrada plana, quando o seu condutor se apercebeu do veículo B (massa de B igual a 900 kg), imobilizado na mesma faixa de rodagem. O condutor do veículo A travou a 15 m do veículo B, mas derrapou e não conseguiu evitar a colisão. Após o impacto o veículo A deslizou 15 m, enquanto o veículo B deslizou 30 m. As posições finais dos veículos encontram-se representadas na figura. Considerando o coeficiente de atrito cinético igual a 0,9, determine o valor da velocidade com que circulava o veículo A antes de travar.



13. Duas vagonetas deslocam-se sobre os carris de uma mina, conforme representado na figura. Instantes antes de colidirem, um fragmento de rocha é lançado para o interior de uma das vagonetas, ficando em repouso em relação ao veículo. Em seguida as vagonetas colidem, permanecendo juntas após a colisão. Determine o valor da velocidade do conjunto. Despreze o atrito.



14. No decurso de uma experiência de Física, um grupo de alunos utilizou um bloco de 4 kg de massa, colocando-o em movimento rectilíneo sobre uma superfície polida. Com recurso a um sensor de movimento, registaram um valor constante de velocidade, igual a 10 m.s^{-1} . Submeteram em seguida o bloco a uma força na direcção do movimento, de intensidade variável com o tempo, conforme representado no gráfico da figura. Efectuaram o ajuste dos dados experimentais de intensidade de força (curva a cheio) e obtiveram a linha a tracejado.



Com base nos registos referidos, determine:

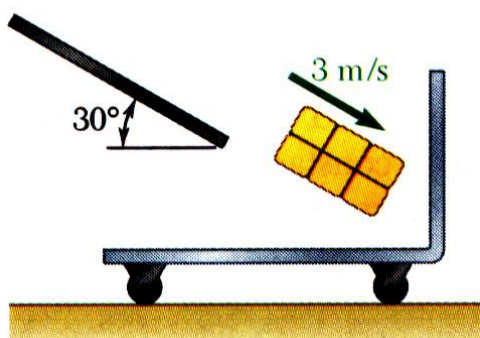
- 14.1. o impulso da força aplicada, no intervalo de tempo entre $t = 0,2$ e $t = 0,6$ s;
- 14.2. o momento linear do bloco no instante $t = 0,6$ s;
- 14.3. a velocidade do bloco no instante $t = 0,9$ s;
- 14.4. a intensidade de uma força constante, que aplicada ao bloco, durante o intervalo de tempo compreendido entre 0,2 e 0,9 s, produzisse o mesmo efeito que a força de intensidade variável.

15. Uma caixa de 10 kg de massa após perder o contacto com a rampa colide com o carro de massa igual a 24 kg, conforme representado na figura. Imediatamente antes da colisão a caixa está animada com uma velocidade de 3 m/s. Sabendo que o carro está inicialmente em repouso e pode rolar livremente, determine:

15.1. a velocidade final do carro;

15.2. o impulso exercido pelo carro sobre a caixa;

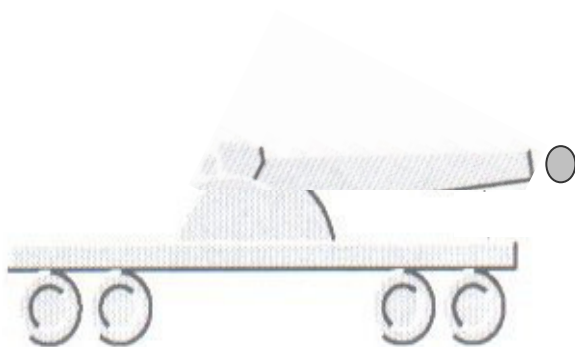
15.3. a fracção de energia inicial perdida durante o impacto da caixa com o carro.



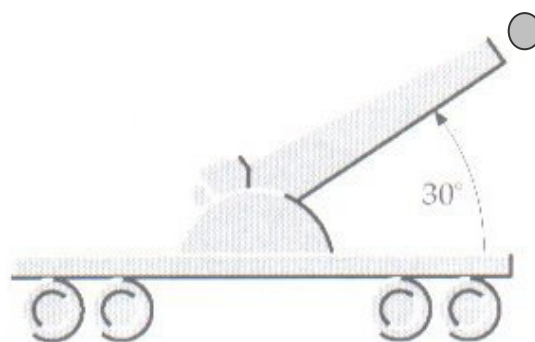
16. Um canhão encontra-se fixo a um carro parado que se pode deslocar, com atrito, sobre uma superfície horizontal. A massa do conjunto carro-canhão é de 400 kg. Um projectil de 5 kg de massa é disparado com uma velocidade de 150 ms^{-1} na direcção horizontal como mostra a figura (a). Determine:

16.1. o vector velocidade com que o carro se desloca e respectiva intensidade, logo após o disparo;

16.2. se o projectil tivesse sido disparado com uma velocidade de igual valor, mas fazendo um ângulo de 30° com a horizontal, figura (b), o carro teria feito o mesmo percurso até parar? Justifique (caso a resposta seja negativa, determine o valor da velocidade com que o carro-canhão se desloca).



(a)



(b)

17. Uma bola **B**, que se encontra em repouso sobre uma superfície gelada, é atingida por uma bola **A** idêntica. A bola **A**, com velocidade de 24 ms^{-1} antes da colisão, desvia-se 30° relativamente à direcção original como resultado do embate. A bola **B** passa a mover-se segundo uma direcção que faz um ângulo de 45° com a direcção do movimento inicial da bola **A**.

17.1. Calcule o valor da velocidade de cada uma das bolas após o choque;

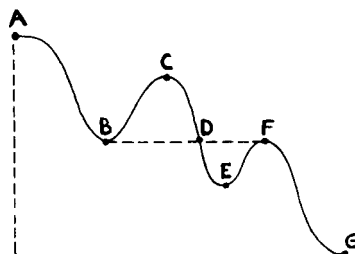
17.2. A colisão é elástica? Justifique.

TRABALHO E ENERGIA

1. Numa diversão de feira do tipo “ montanha russa “, um carro é largado sem velocidade inicial em A. Apenas será travado à sua chegada em G. Despreze o atrito.

1.1 Em que ponto(s) B, C, D, E e F a velocidade é maior? E menor?

1.2 Em B, um passageiro sofre, para além da sua força gravítica, mais alguma força? Explique.



2. Uma criança puxa o seu carrinho ao longo de 2 metros. Sabendo que ela exerceu uma força de intensidade igual a 10 N calcule o trabalho realizado sobre o carrinho. Desprezando as perdas de energia por atrito calcule a velocidade final do carrinho. Massa do carrinho igual a 0,5 kg.



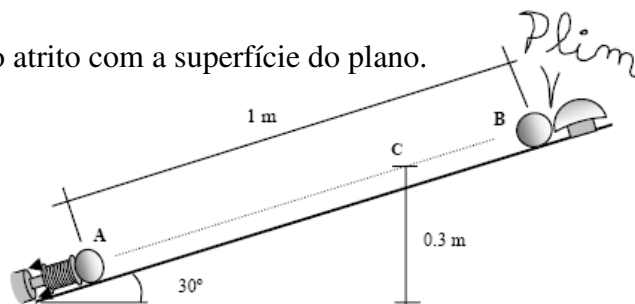
3. Num jogo de “flippers” a esfera de massa igual a 100 g, é impulsionada por uma mola. Ao atingir o ponto B (ver figura) choca com uma campainha e inicia um movimento descendente passando pelo ponto C. Sabendo que inicialmente a mola se encontra comprimida 3 cm e que a constante elástica da mola é de 2500 N/m, determine:

3.1.a velocidade inicial da esfera.

3.2. a velocidade da esfera no ponto B, imediatamente antes do choque.

3.3. a energia dissipada no choque com a campainha se a velocidade da esfera ao passar no ponto C, no seu movimento descendente, o fizer com uma velocidade de 1 m/s.

Nota: Despreze o atrito com a superfície do plano.



4. Um carro desloca-se segundo uma direcção horizontal numa auto-estrada a 120 km/h. O condutor ao aperceber-se de uma situação potencialmente perigosa actua sobre os travões reduzindo a velocidade para 60 km/h. Considerando que o veículo em questão tem massa igual a 1000 kg determine:

4.1. O trabalho realizado pela força de atrito entre a estrada e os pneus.

4.2. A distância percorrida durante a travagem descrita, sabendo que o carro possui ABS e que o coeficiente de atrito estático é $\mu_e = 0,7$ e o coeficiente de atrito cinético é $\mu_c = 0,3$.

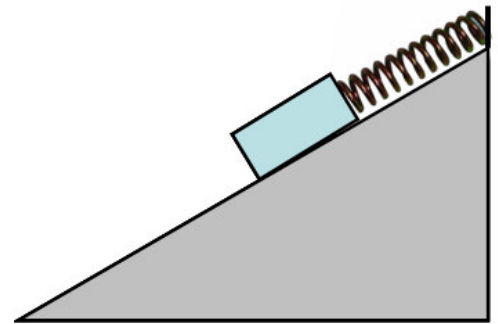
4.3. Resolva as alíneas anteriores considerando que o carro circula sobre um troço de auto-estrada com inclinação de 5° no sentido descendente.



5. Um bloco de massa m encontra-se ligado à extremidade superior de um plano inclinado através de uma mola elástica de comprimento l_0 , quando não deformada, constante de elasticidade k e massa desprezável. O plano inclinado forma um ângulo θ com a horizontal. Existe atrito entre as superfícies do plano e do bloco, sendo μ_e , o coeficiente de atrito estático e μ_c , o coeficiente de atrito cinético.

O bloco é deslocado ao longo do plano inclinado sob a acção de uma força, que provoca o aumento do comprimento da mola. Para determinada deformação da mola, a referida força deixa de actuar e o bloco fica em repouso, na iminência de movimento.

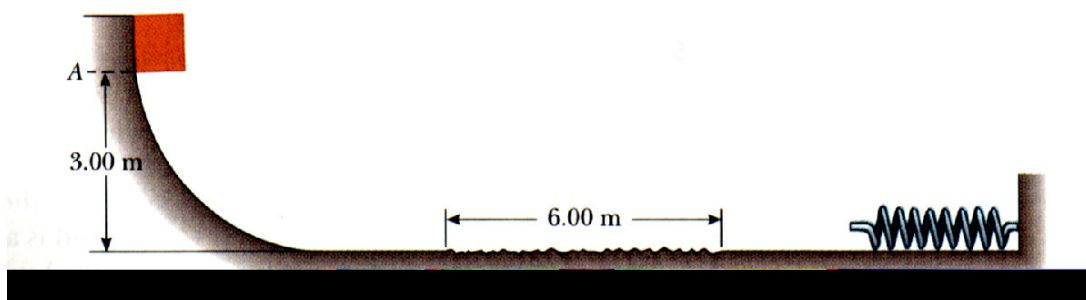
Mostre que, nas condições referidas, a variação de comprimento da mola, $\Delta l = l - l_0$, é dada por: $\Delta l = \frac{m g}{k} (\sin \theta + \mu_e \cos \theta)$



6. Um bloco de massa $m = 10,0$ kg é largado no ponto A, conforme representado na figura. O bloco desliza ao longo de uma superfície sem atrito, excepto no que respeita ao trajecto BC, de comprimento 6,0 m. Ao colidir com a mola de constante 2250 N/m, o bloco comprime-a de 0,3 m desde a posição de equilíbrio até ficar momentaneamente em repouso. Determine:

6.1. o trabalho realizado pela mola sobre o bloco, até ao instante em que este fica momentaneamente em repouso.

6.2. o coeficiente de atrito cinético entre a superfície BC e o bloco.



7. Analise as afirmações sobre trabalho mecânico apresentadas nas alternativas e indique a (ou as) correcta(s).

- A- Sempre que uma força não nula actua numa partícula, essa força realiza trabalho.
- B- O trabalho realizado pela força resultante que actua sobre um corpo, na direcção do movimento, é nulo.
- C- O trabalho realizado pela força de atrito que actua sobre um corpo em movimento é nulo.
- D- Sobre uma partícula que permanece em repouso pode estar a ser realizado trabalho.
- E- O trabalho realizado pela força que actua sobre um corpo pode ser igual à variação da energia cinética desse corpo.

8. Dois tenistas jogam uma partida. O tenista do lado esquerdo da figura serve. Ele atira a bola para cima e bate-lhe com a raquete quando ela se encontra na posição mais elevada, o ponto B (a 2,5 m do solo). Com o impacto na raquete a bola adquire uma velocidade inicial com o valor de 10 m/s. A trajectória não balística da bola é descrita pelo tracejado BCDE, atingindo o solo no ponto E. Despreze a resistência do ar. Massa da bola 100 g.

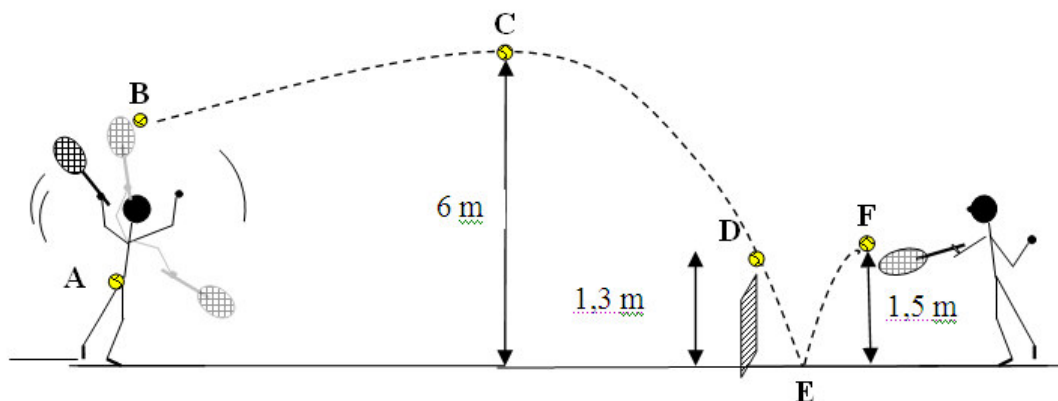
8.1. Determine o trabalho realizado pelo tenista desde que retira a bola do bolso a 1 metro de altura do chão até ao momento em que a bola é atingida pela raquete.

8.2. Calcule o vector velocidade da bola quando atinge o ponto C. Não se esqueça de assinalar devidamente o referencial escolhido.

8.3. Calcule o valor da velocidade que a bola atinge no ponto D.

8.4. Determine a energia dissipada pelo choque da bola com o solo (em E), sabendo que a sua velocidade no ponto mais alto do salto (em F) é de 2 m/s.

8.5. Determine o vector força média que o tenista do lado direito deverá imprimir à raquete para que o impacto com a bola a coloque numa trajectória com 5 m/s de velocidade e direcção 30° com a horizontal. O impacto dura 0,1 segundos.



Soluções:

8.1. 1,47 J; 8.2. $5,6\hat{i}$ (m/s); 8.3. 11,1 m/s; 8.4. -5,76 J; 8.5. $-6,3\hat{i}+2,5\hat{j}$ N

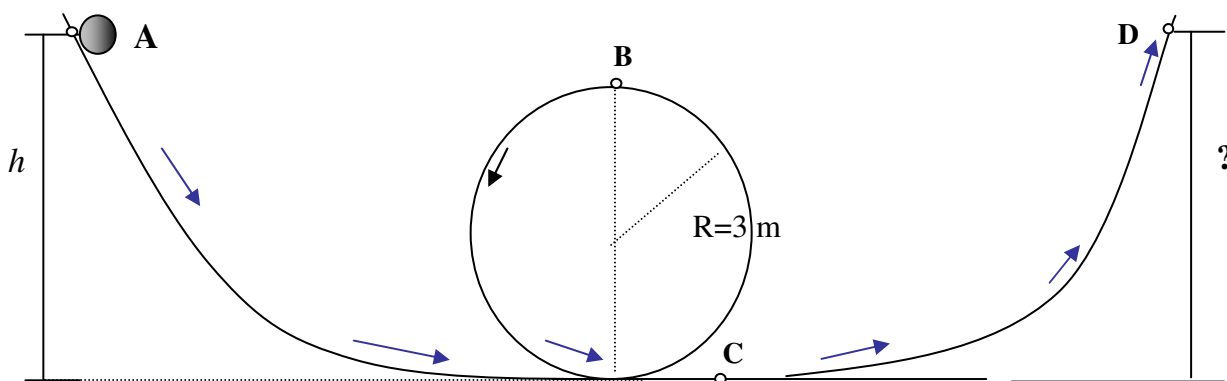
9. Uma esfera de massa 0.5 kg, é lançada do ponto **A** com uma velocidade inicial de 2 m/s, de forma a passar pelo ponto **B** e continuar a sua trajectória até ao ponto **C** (de acordo com as setas da figura). A esfera parte de uma altura h e chega ao ponto **B** com uma velocidade de 8 m/s. O raio do loop (da circunferência) é de 3 m.

9.1. Calcule a altura h , despreze o atrito na trajectória de **A** a **D**.

9.2. Calcule a velocidade da esfera no ponto **C** (despreze o atrito na trajectória de **A** a **D**).

9.3. Calcule a altura do ponto **D**, sabendo que nesse ponto a esfera se imobiliza (despreze o atrito na trajectória de **A** a **D**).

9.4. Numa outra experiência em que o atrito entre a superfície e a esfera não era desprezável, constatou-se que se a mesma esfera fosse largada de uma altura de 15 m, a velocidade medida no ponto **B** era de apenas 6 m/s. Calcule o trabalho exercido pela força de atrito entre **A** e **B**.



10. O condutor do veículo de massa $m=1200$ kg, representado na figura, pretende descrever completamente a trajectória circular, de raio $R=4,0$ m, na iminência de perder o contacto com a sua superfície. Para tal destrava o seu automóvel, que se encontrava inicialmente em repouso e a uma altura h da base do plano inclinado. Desprezando o atrito e a resistência do ar, determine:

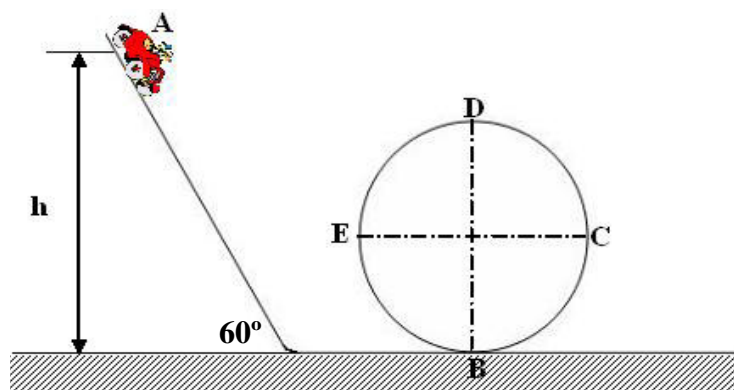
10.1. a velocidade do automóvel no ponto mais alto da trajectória circular (ponto **D**). represente o correspondente diagrama do corpo livre.

10.2. a aceleração do automóvel no ponto **C**.

10.3. a altura h .

10.4. o trabalho da força gravítica no percurso do automóvel até ao ponto **D**.

10.5. a altura h' do novo ponto, a partir do qual o carro deverá iniciar o seu movimento, considerando a existência de forças de atrito que realizam o trabalho de $-1,6 \times 10^4$ J.



11. Uma experiência do laboratório de Física consistia em estudar a colisão de duas esferas metálicas, como esquematizado da figura. Uma primeira esfera, A, era largada do topo de uma rampa com uma altura de 20 cm. No fundo da rampa encontrava-se uma outra esfera, B, em repouso. As esferas colidem. Usando papel químico nas paredes do dispositivo é possível determinar onde bateram as esferas e com isso determinar a sua trajetória (ver figura). A massa de ambas as esferas é de 200 g.

11.1. Desprezando o atrito na rampa, calcule o valor da velocidade da esfera A imediatamente antes do choque com a esfera B.

11.2. Escreva sob a forma vectorial o vector velocidade nas condições da alínea anterior. Não se esqueça de assinalar o referencial escolhido.

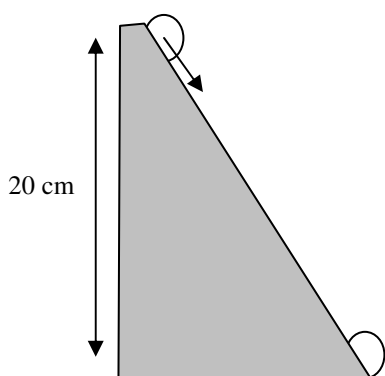
11.3. Calcule o trabalho da força gravítica durante o movimento da esfera A na rampa.

11.4. Calcule os valores das velocidades das esferas imediatamente depois do choque sabendo que estas seguem as trajetórias descritas na figura.

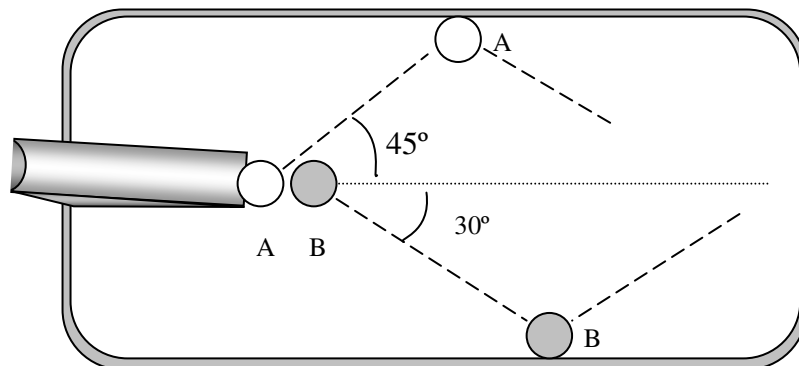
11.5. Sabendo que o valor da velocidade da esfera A se mantém igual depois da colisão com a parede, classifique essa colisão em elástica ou inelástica. Justifique.

11.6. Calcule o trabalho da força de atrito entre a esfera A e o tampo da mesa no trajecto entre a parede e o ponto onde a esfera se imobiliza. Se não calculou o valor da velocidade da esfera A depois do choque com a esfera B assumo o valor de 1ms^{-1} .

11.7. Imagine uma experiência diferente. Em vez de uma rampa temos disponível, um lançador horizontal munido de uma mola. Calcule a deformação que deverá sofrer a mola para imprimir a mesma velocidade calculada na alínea 11.1. Se não calculou esse valor assumo o valor de 1ms^{-1} . A constante elástica da mola é de 100Nm^{-1} .



Vista lateral da rampa.



Vista de topo da experiência.

Soluções

11.1. $v_A = 2\text{ m/s}$

11.2. $\mathbf{v}_A = 2\mathbf{i} + 0\mathbf{j}$ [m/s]

11.3. $W_{Fg} = 0,4\text{ J}$

11.4. $v_A = 1,035\text{ m/s}$ e $v_B = 1,464\text{ m/s}$

11.5. Elástica.

11.6. $W_{Fa} = -0,107\text{ J}$

11.7. $\Delta l = 0,089\text{ m}$

12. Dois pêndulos de igual massa, $m=200\text{g}$ e igual comprimento, $l=50\text{ cm}$, encontram-se em repouso como mostra a figura a). O pêndulo A é movido até à posição 1 formando um ângulo de 60° com a vertical. Posteriormente é largado.

12.1. Calcule a velocidade do pêndulo A imediatamente antes da colisão com B.

12.2. Assumindo que a colisão é elástica calcule a velocidade de B imediatamente após a colisão.

12.3. Calcule a altura máxima atingida por B.

12.4. Calcule a força média que A exerceu sobre B sabendo que a colisão durou 0.05 s .

12.5. Assumindo desta vez que a colisão é perfeitamente inelástica determine a velocidade de A e B imediatamente após a colisão.

12.6. Numa outra experiência o pêndulo B foi substituído por uma mola de constante elástica $k=1000\text{ N/m}$ como mostra a figura b). Determine o comprimento de deformação da mola assumindo que o pêndulo A fica imóvel após a colisão.

Soluções:

12.1- 2.236 m/s

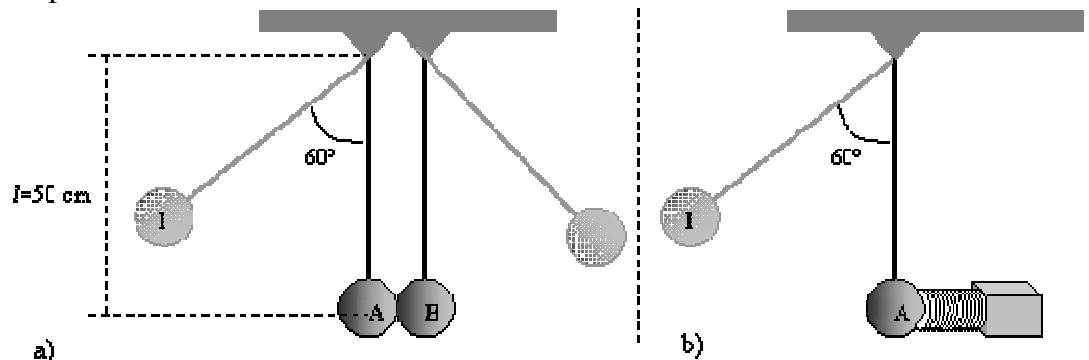
12.2- 2.236 m/s

12.3- 0.25 m

12.4- 8.94 N

12.5- 1.12 m/s

12.6- 3.16 cm

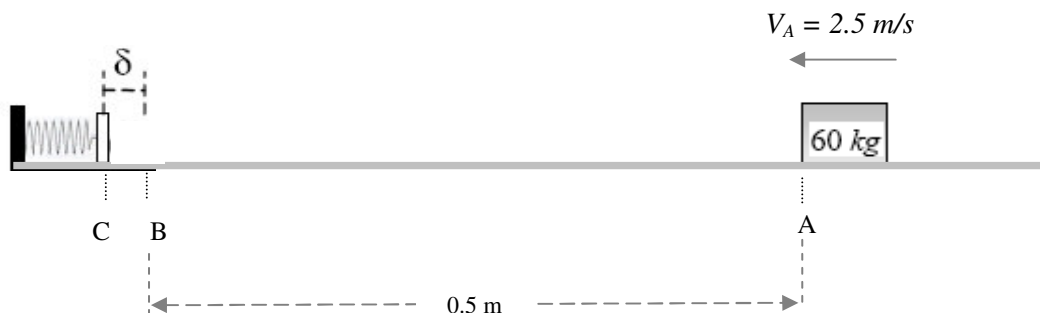


13. Um corpo de 60 kg desliza sobre um plano horizontal com atrito. Ao passar pela posição A mostrada na figura, o corpo tem a velocidade, $v_A=2.5\text{ m/s}$. Quando atinge o ponto B, o corpo entra em contacto com uma mola de constante elástica igual a 20 kN/m comprimindo-a, 0.12 m . Após a compressão da mola, esta distende-se imprimindo uma velocidade ao corpo com a mesma direcção e sentido oposto ao mostrado na figura.

13.1. Represente os diagramas de corpo livre para os trajectos AB, BC e CB.

13.2. Determine a força de atrito cinético entre as superfícies do corpo e do plano.

13.3. Determine a distância percorrida pelo corpo até se imobilizar, quando se desloca no sentido BA.

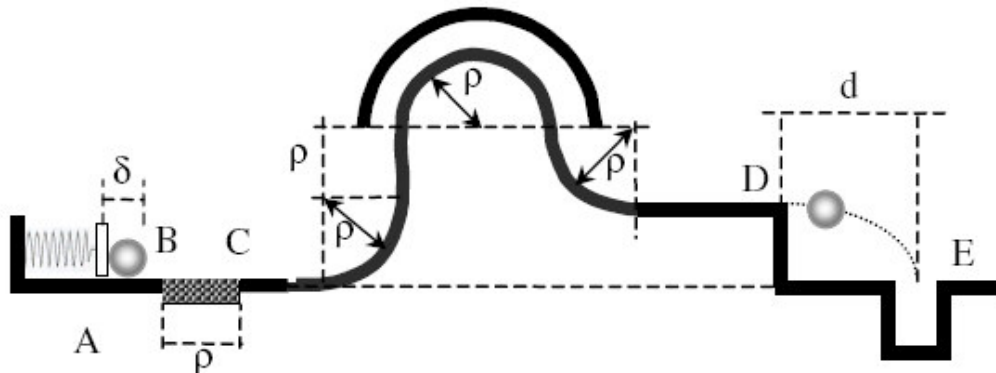


14. O objectivo do jogo mostrado na figura é introduzir uma bola de massa $m=10\text{ g}$ no buraco E. A mola é comprimida de um comprimento δ e largada subitamente. A bola sujeita a este impulso percorre a pista entre os pontos B e E. A pista só tem a atrito no percurso entre os pontos B e C, onde o coeficiente de atrito cinético entre a bola e a pista é de 0.1 . Considerando que a mola tem uma constante elástica de 800 N/m , $p=0.12\text{ m}$ e $d=0.34\text{ m}$, determine:

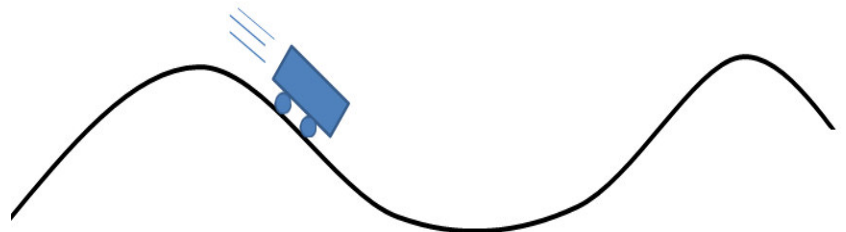
14.1. os valores das velocidades, v_D e v_C , que a bola deverá ter ao passar, respectivamente, pelos pontos D e C da pista de modo a cair no buraco E;

14.2. o valor da velocidade v_B com que a bola deve ser impulsionada pela mola, admitindo a condição da alínea anterior;

14.3. a deformação da mola (δ) necessária para induzir a bola no buraco.



15. Um vagão contendo areia movimentar-se ao longo de um trajeto entre colinas, como pode ser observado na figura. O referido vagão inicia o seu movimento, partindo de um ponto situado a uma altura h_1 , relativamente ao ponto mais baixo da sua trajetória. Após atravessar o vale representado, sobe uma segunda colina na qual atinge a altura h_2 . Considere a ausência de atrito ao longo de todo o percurso. Se o vagão perder areia durante o mesmo trajeto, sobe a segunda colina e atinge uma altura h_3 . Estabeleça com base em conceitos físicos, uma relação entre h_1 , h_2 e h_3 .

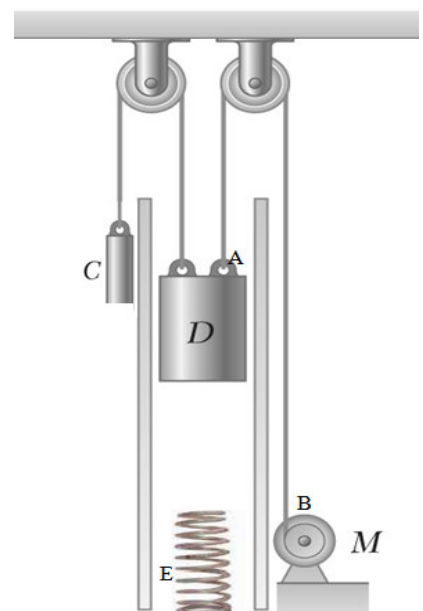


16. O mecanismo de elevação de carga representado na figura é composto pelo elevador de carga **D** de massa $m_D = 1200 \text{ kg}$, pelo contrapeso **C** com massa $m_C = 950 \text{ kg}$ o motor eléctrico **M**, os cabos e as polias. O processo de elevação da carga pode ser dividido em duas fases relevantes: de arranque, com movimento uniformemente variado, e de subida a velocidade constante V . A fase de arranque dura 1 s e o elevador aumenta a sua velocidade até atingir a velocidade constante $v=0,9 \text{ m/s}$. Após a fase de arranque o elevador desloca-se 54 m no sentido ascendente em 1 min . Desprezando as massas das polias, as massas dos cabos e o atrito, determine:

16.1. o trabalho que o motor do elevador deve desenvolver durante a fase de arranque;

16.2. o trabalho que o motor do elevador deve desenvolver para que o elevador se mova no sentido ascendente com velocidade constante;

16.3. o valor da deformação sofrida pela mola **E** ($k=12 \cdot 10^3 \text{ kN/m}$)



sabendo que o contrapeso se soltou e o elevador cai em queda livre de uma altura de 54 m sobre a mola;

16.4. a potência do motor para as condições da alínea 16.2.

Soluções:

16.1. 1996 J; **16.2.** 135 kJ; **16.3.** 32,9 cm; **16.4.** 2250 W

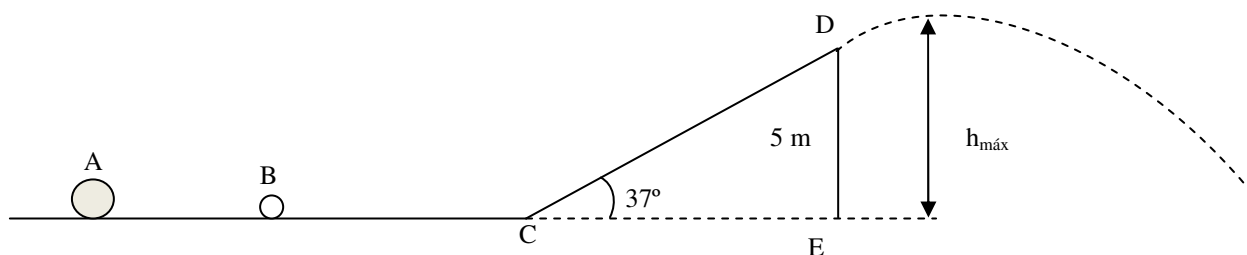
17. A esfera A, de massa 6 kg, desloca-se com uma velocidade de 10 m/s quando colide com a esfera B, de massa 3 kg, que se encontrava em repouso. A colisão é perfeitamente elástica e o atrito na superfície horizontal desprezável. A esfera B sobe o plano inclinado, cujo coeficiente de atrito é de 0,3.

17.1. Determine o valor da velocidade das esferas A e B após a colisão.

17.2. Verifique se a esfera B atinge o topo do plano inclinado.

17.3. Determine o valor da velocidade da esfera B ao abandonar o plano inclinado.

17.4. Considerando como origem do referencial o ponto C, determine o vector posição da esfera B, quando atinge a altura máxima.



Soluções:

17.1. $v_{Af}=3,33$ m/s, $v_{Bf}=13,34$ m/s

17.2. Sim, $h=6,35$ m

17.3. $v_D=6,18$ m/s

17.4. $\vec{r} = 8,46 \hat{i} + 5,69 \hat{j}$ [m]

18. Um atleta de salto em comprimento executa um primeiro salto. O atleta corre até à linha de chamada e de seguida executa o salto. Considere o atleta como um ponto material representado pelo ponto branco (ver figura). No ponto de altura máxima a sua velocidade é de 10 m/s. Massa do atleta: 65 kg. Assuma que durante o salto a única força a actuar é a gravítica. $g=10$ m.s⁻².

18.1. Determine o vector momento linear (ou quantidade de movimento) no ponto mais alto da trajectória. Não se esqueça de assinalar o referencial escolhido.

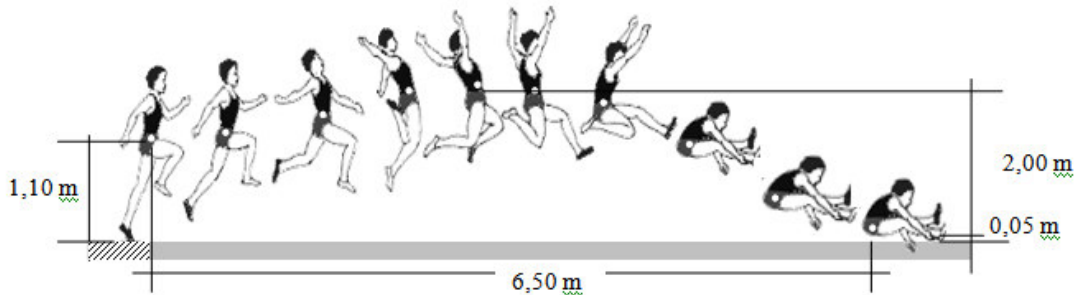
18.2. Determine o vector velocidade imediatamente antes de atingir o solo.

18.3. Calcule o valor da velocidade inicial do salto.

18.4. Calcule o trabalho da força gravítica durante o salto.

18.5. Qual o vector momento linear (ou quantidade de movimento) adquirido pela totalidade da areia após o impacto do atleta com o solo.

18.6. Imagine que o atleta em vez de cair na posição esquematizada na figura, cai de pés, sem flectir as pernas nem dar um passo em frente, immobilizando-se ao fim de 0.1 s. Calcule a força média a que o seu corpo estará sujeito durante o contacto com o solo.



Soluções:

18.1. $650 \mathbf{i}$ [kg.m/s];

18.2. $10 \mathbf{i} - 5.57 \mathbf{j}$ [m/s]

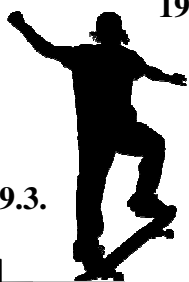
18.3. $V = 10.86$ m/s;

18.4. 682.5 J

18.5. $\mathbf{p}_{\text{areia}} = -650 \mathbf{i} + 362.05 \mathbf{j}$ [kg.m/s]

18.6. $F_{\text{média}} = 7440.3$ N

19. Um praticante de *skate* desce por uma rampa, não percebendo porém que no fundo desta se encontra um obstáculo. O skate choca com o obstáculo immobilizando-se, no entanto o praticante é projectado para a frente caindo desamparado um pouco mais à frente, immobilizando-se no solo. Assuma que o praticante de *skate* inicia a trajectória com velocidade nula. Massa do praticante: 60 kg; massa do skate: 1 kg, aceleração gravítica = 10ms^{-2} .



19.1. Calcule o valor da velocidade do praticante imediatamente antes da colisão com o obstáculo. Despreze o atrito da rampa.

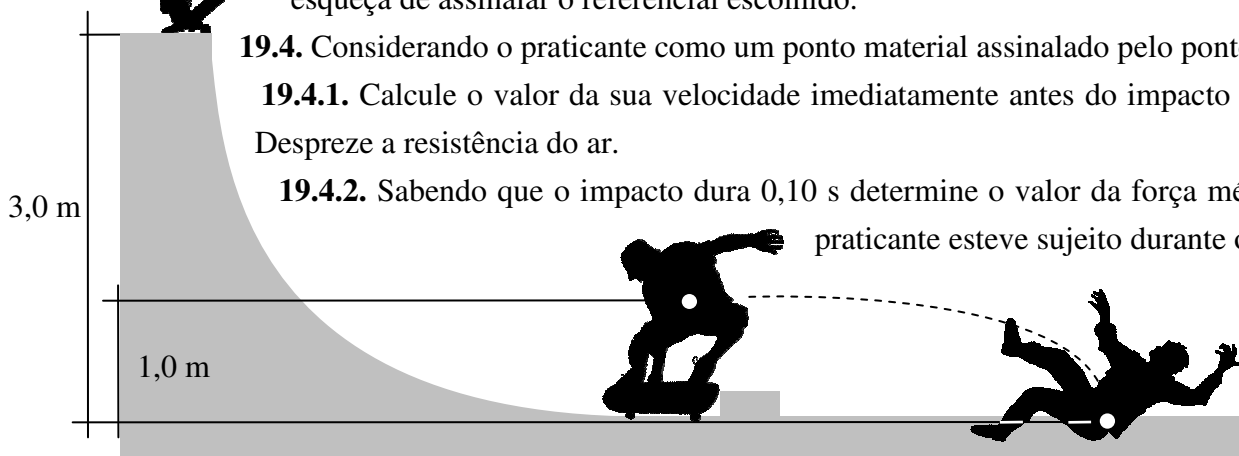
19.2. Calcule o trabalho da força gravítica do praticante durante a trajectória executada sobre a rampa.

19.3. Determine o vector velocidade do praticante após a colisão com o obstáculo. Não se esqueça de assinalar o referencial escolhido.

19.4. Considerando o praticante como um ponto material assinalado pelo ponto branco:

19.4.1. Calcule o valor da sua velocidade imediatamente antes do impacto com o solo. Despreze a resistência do ar.

19.4.2. Sabendo que o impacto dura 0,10 s determine o valor da força média a que o praticante esteve sujeito durante o impacto.



20. Considere o salto pendular apresentado na figura. Um indivíduo de massa 70 kg deixa-se cair de uma cabine suspensa de uma altura de 30 metros (ponto 0). Até ao ponto 5 o salto pode considerar-se em queda livre, a partir daí o movimento torna-se pendular, ou seja um movimento circular não uniforme, atingindo a altura máxima no ponto 11. O comprimento do cabo é de 25 metros.

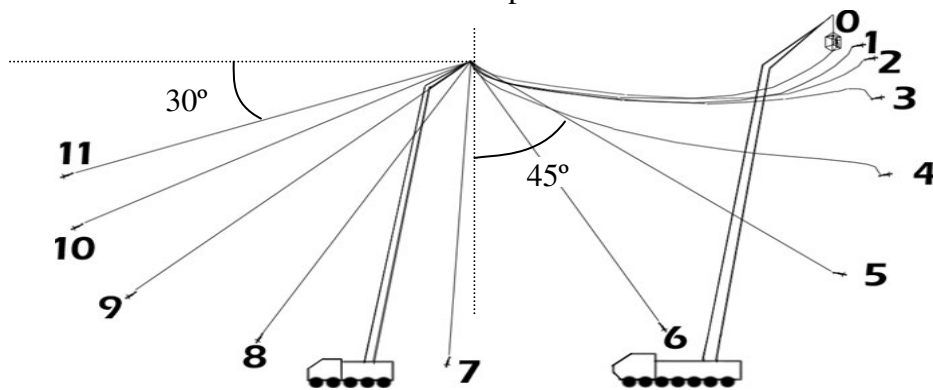
20.1. Caracterize o tipo de movimento entre as posições 5 e 7 e entre as posições 7 e 11.

20.2. Calcule o valor da velocidade no ponto 5. Despreze a resistência do ar.

20.3. Calcule o trabalho da força gravítica entre 0 e 5.

20.4. Desenhe o diagrama do corpo livre do indivíduo no ponto 5 e calcule os respectivos valores das acelerações normal e tangencial. Determine o valor da força de tensão neste ponto.

20.5. Calcule o trabalho da resistência do ar entre os pontos 5 e 11.



Soluções:

20.1. 5-7 Movimento circular acelerado; 7-11 Movimento circular retardado

20.2. $v = 21.08 \text{ m/s}$ (com $g = 9.8 \text{ m/s}^2$)

20.3. 1555,7 J

20.4. $T = 1729 \text{ N}$; $a_n = 17,78 \text{ m/s}^2$; $a_t = 6,93 \text{ m/s}^2$

20.5. -15190 J

21. Um Pai ajuda o filho pequeno a andar de baloiço. Para tal empurra-o na posição A, fazendo com que a sua velocidade inicial seja de $0,1 \text{ ms}^{-1}$. O baloiço inverte o sentido do movimento no ponto C. Sabendo que o comprimento do cabo do baloiço é de 2 m e a massa do conjunto cadeira de baloiço - criança é de 20 kg, calcule:

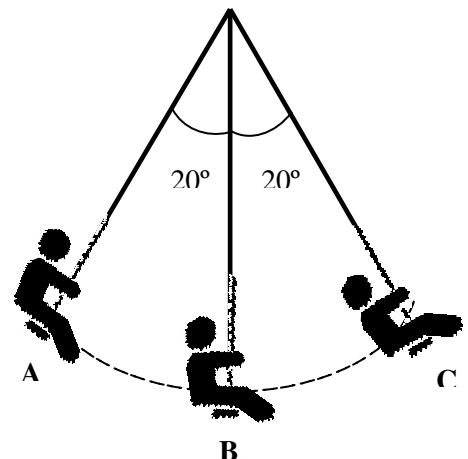
21.1. a energia dissipada pelo atrito entre A e C.

21.2. o trabalho da força gravítica entre o ponto A e B.

21.3. o valor da aceleração normal do baloiço no ponto B.

Considere o trabalho da força de atrito entre C e B como metade do valor entre C e A.

21.4. o valor da aceleração tangencial do baloiço no ponto C.



Soluções:

21.1. $\Delta E = 2,5 \text{ J}$

21.2. $W_{Fg} = 23,64 \text{ J}$

21.3. $a_n = 1.057 \text{ ms}^{-2}$

21.4. $a_t = 3,35 \text{ m.s}^{-2}$

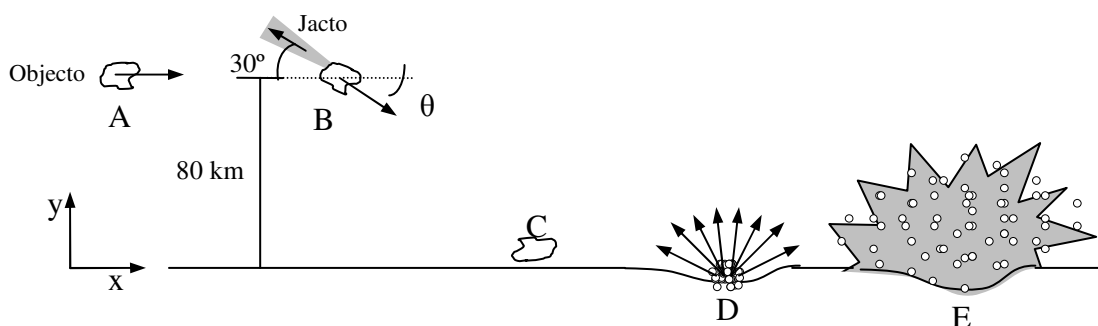
22. Um objecto de massa 10 kg, constituído por rocha e gelo, entra na atmosfera terrestre com uma velocidade de 10 km.s^{-1} (instante A). No instante B, o gelo evaporado é libertado sob a forma de jacto com uma velocidade de 15 km.s^{-1} . Neste processo o objecto perde 20% da sua massa. Ambos os valores de velocidade são medidos em relação ao observador. Assuma sempre uma aceleração gravítica de 9.8 m.s^{-2} .

22.1. Determine o ângulo que a trajetória do objeto faz com o eixo das abcissas após a libertação do jacto.

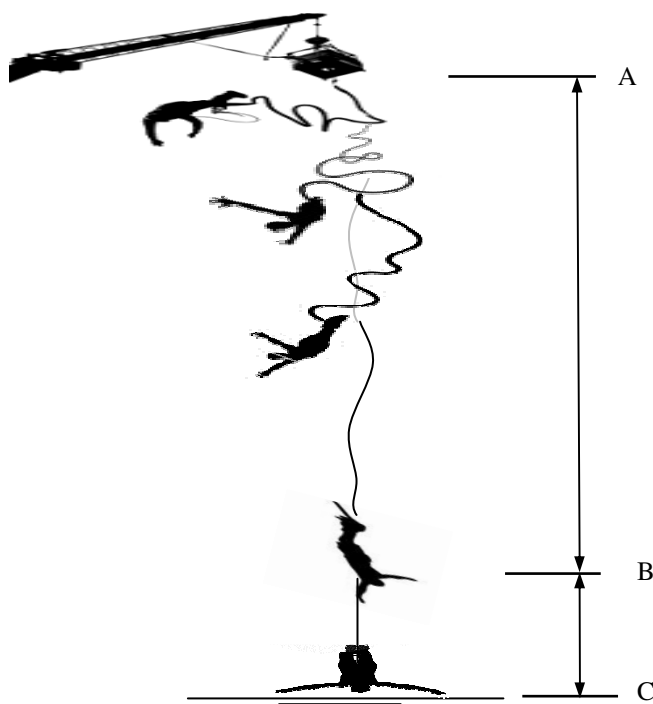
22.2. Calcule a velocidade do objecto imediatamente antes do impacto com o solo, instante C (despreze a resistência do ar e outros efeitos dissipativos).

22.3. Calcule o trabalho da força gravítica entre o instante B e o instante C.

22.4. Do ponto de impacto é lançado para o ar um grande número de partículas, todas com o mesmo valor de velocidade inicial (instante D). Assumindo que 1% da energia do objecto é dissipada pela nuvem formada pelas partículas (instante E), calcule a altura máxima da nuvem, tendo em conta que a sua massa é de 200 kg e uma partícula tem apenas 10 g.



23. Um adepto de desportos radicais de massa 70 kg executa um salto de “bungee jumping” a partir de uma ponte sobre um rio, como indicado na figura. O desportista deixa-se cair a partir de uma plataforma montada sobre a ponte (ponto A). O ponto de lançamento fica a 40 metros da superfície do rio. Até ao ponto B o movimento é livre, a partir daí o elástico entra em deformação elástica. *Despreze a resistência do ar.*



23.1. Calcule:

23.1.1. a constante elástica do elástico para que o indivíduo não toque com a cabeça na água (ponto C). O comprimento do elástico não deformado é de 20 metros;

23.1.2. o valor da velocidade no ponto B nas condições da alínea anterior;

23.1.3. o vector aceleração no ponto C nas condições da alínea anterior.

23.2. Imagine que numa nova situação o indivíduo mergulha verticalmente a cabeça dentro de água. A velocidade de entrada na água é de 0,1 m/s e imobiliza-se dentro dela ao fim de 0,5 metros. Determine o vector força média a que vai estar sujeito durante este movimento.

Soluções:

23. Considerando $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$ e sentido positivo descendente para o eixo y

23.1.1 $K = 137,2 \text{ N/m}$

23.1.2. $v_B = 19,8 \text{ m.s}^{-1}$

23.1.3. $\mathbf{a} = - 29,4 \mathbf{j} \text{ (m.s}^{-2}\text{)}$

23.1.4. $\mathbf{F}_m = - 7 \mathbf{j} \text{ (N)}$

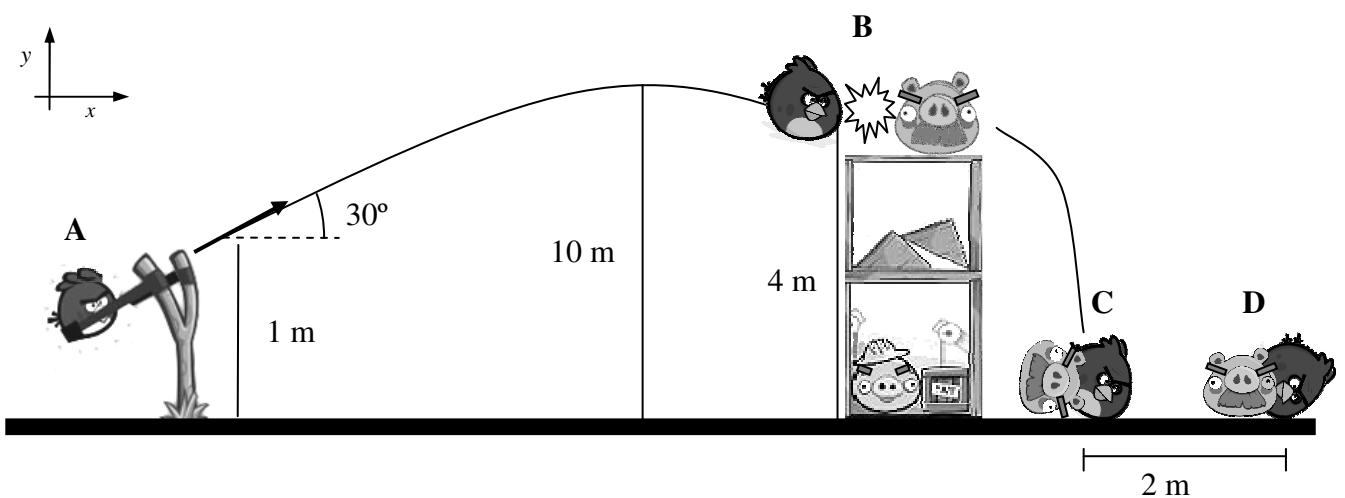
24. No conhecido jogo “Passaritos furiosos”, o objetivo é lançar por meio de uma fissa, um pássaro ($m_{\text{pássaro}}=1 \text{ kg}$) contra um porquinho ($m_{\text{porco}}=2 \text{ kg}$) fazendo com que este expluda ou caia. Considere a situação da figura em que um passarito é lançado com uma velocidade inicial de 20 m/s.

24.1. Calcule o vetor velocidade do pássaro no ponto B, imediatamente antes da colisão.

24.2. Determine a constante elástica da fissa, sabendo que a sua elongação foi de um metro.

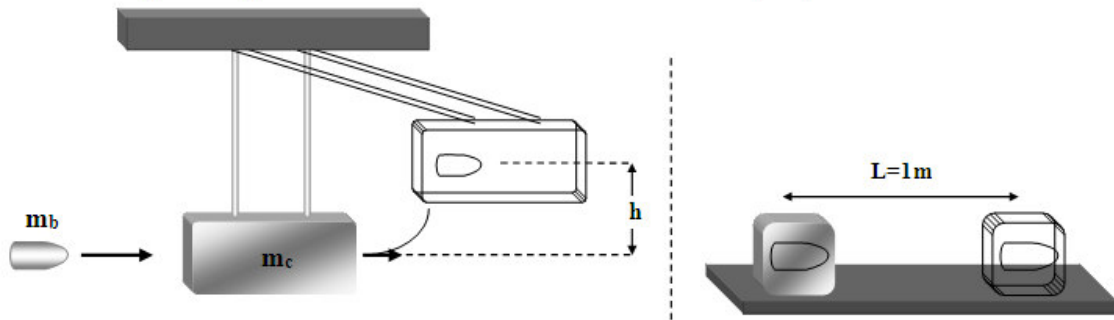
24.3. Calcule o alcance do movimento B-C assumindo que a colisão em B é perfeitamente inelástica.

24.4. Sabendo que o conjunto porco-pássaro se imobiliza no ponto D, calcule a força de atrito sofrida durante o percurso C-D. Assuma que, no ponto C, não há qualquer dissipação de energia no choque com o solo.



25. Considere o ensaio de balística, em que uma bala de massa 20 g atinge o pêndulo, inicialmente em repouso, esquematizado na figura.

25.1. O bloco do pêndulo, com a bala cravada, oscila atingindo uma altura de h de 10,4 cm. Sabendo que o bloco tem massa igual a 1 kg, determine o valor da velocidade inicial da bala.



25.2. Num segundo ensaio do mesmo dispositivo apenas o bloco é substituído por uma caixa oca de massa igual a 200 g. Desta vez a bala atinge a caixa, atravessando-a e vai colidir com um bloco de 500 g de massa, que se encontra em repouso em cima de uma mesa. Este último bloco com a bala cravada desloca-se 1m em cima de uma mesa, até se imobilizar. Considerando que o coeficiente de atrito cinético entre o bloco e a superfície da mesa é $\mu_c = 0,3$, determine:

25.2.1. a altura atingida pela caixa oca;

25.2.2. o trabalho realizado pela força de atrito entre bloco e superfície da mesa.

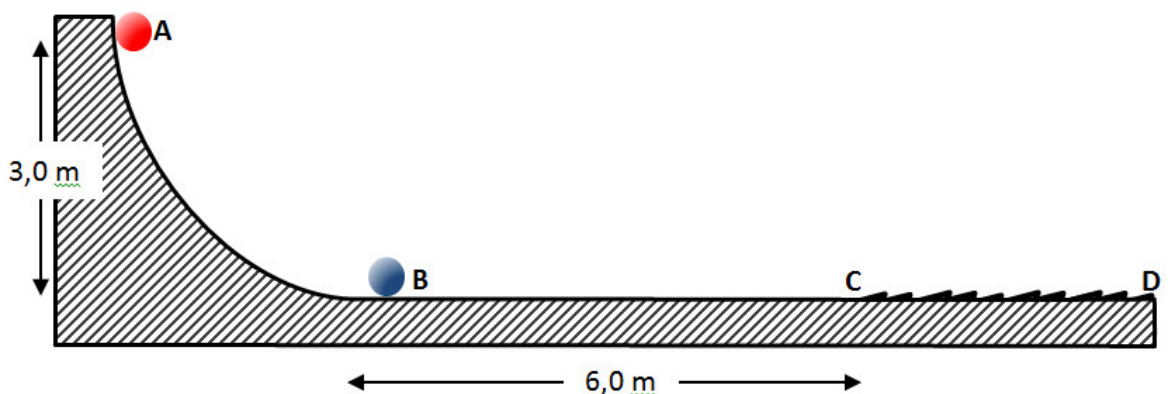
26. Uma esfera de massa $m = 2,0$ kg é largada do ponto A, conforme representado na figura. A esfera rola sem escorregamento ao longo de uma superfície sem atrito. No ponto B colide com outra esfera de igual massa. Após a colisão as esferas seguem juntas. Algures no plano com atrito (entre C e D), as esferas imobilizam-se. Determine, justificando devidamente os princípios usados:

26.1. valor da velocidade da esfera no ponto B, imediatamente antes da colisão.

26.2. o valor da velocidade das esferas após a colisão

26.3. o trabalho realizado pela força de atrito sobre as esferas.

26.4. o coeficiente de atrito cinético entre a superfície CD e as esferas, sabendo que se imobilizam a 3 metros do ponto C.



Soluções:

26.1. 7.67 m/s; 26.2. 3.83 m/s; 26.3. -29.4 J; 26.4. 0.25

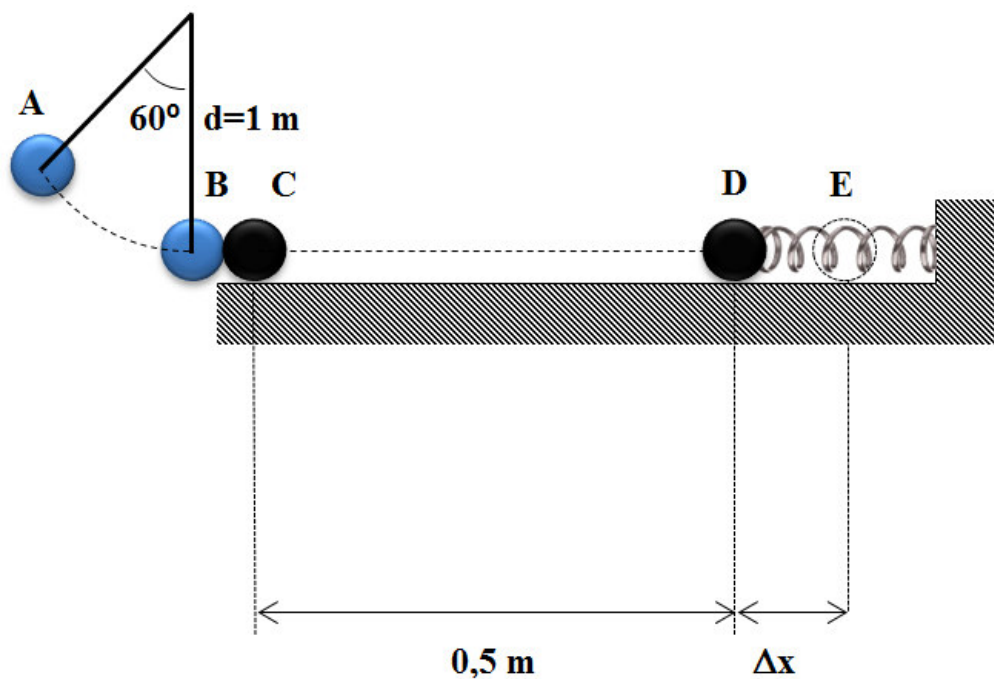
27. Uma esfera de massa 0,1 kg inicia o seu movimento pendular ideal (sem atrito) no ponto A, partindo do repouso. Colide de forma perfeitamente inelástica com uma outra esfera, de igual massa, que está em repouso sobre uma mesa. Esta entra em movimento deslocando-se até ao ponto D onde encontra uma mola de constante elástica $K=2000\text{N/m}$. A esfera imobiliza-se no ponto E, por compressão da mola. Considere a presença de atrito entre C e D e entre D e E. Para a esfera em questão, a superfície da mesa apresenta um coeficiente de atrito de 0,2. Determine:

27.1. O vetor velocidade da esfera do pêndulo imediatamente antes da colisão

27.2. O valor da velocidade da esfera no ponto D

27.3. O trabalho da força de atrito no trajeto entre C e D

27.4. O valor da elongação da mola, Δx



Soluções:

27.1. $v=3.13 \hat{i}$ [m/s]; 27.2: 0.7 m/s; 27.3: -0.091 J; 27.4: 7 mm