

Problemas Adicionais

CAPÍTULO I - UNIDADES E DIMENSÕES

- 1.1. A massa específica da água é 1 g.cm^{-3} . Qual o seu valor em kg/m^3 ?
- 1.2. A constante de força de uma mola, k , pode ser determinada aplicando na extremidade uma força F conhecida e medindo a elongação produzida, x , sendo $k = F/x$.
- a) Determine as dimensões de k .
 - b) Relacione a unidade SI de k com a unidade CGS.
- 1.3. Um carrossel dá 5 voltas por minuto. Calcule no sistema SI:
- a) o período do movimento
 - b) a frequência do movimento
- 1.4. a) O erg é a unidade de trabalho do sistema CGS. Qual o valor, expresso em erg, correspondente ao trabalho de 1 J (Joule = N.s, unidade SI).
- b) O quilográmetro (kgm) é a unidade de trabalho correspondente à adopção do kgf como unidade de força e ao metro como unidade de comprimento. Calcule, em Joule, o valor de 100 kgm.
- c) A potência de uma máquina é 50 W (J/s). Converta-a em unidades CGS.
- d) Numa habitação consumiram-se 200 kWh de energia eléctrica. Converta em joule.
- 1.5. a) Um disco efectuou 30 revoluções. Qual o ângulo descrito por cada um dos seus pontos expressos em graus e radianos ?
- b) Um gira-discos pode trabalhar a 45 rpm ou a 33 rpm. Converta estes valores em radianos por segundo.

CAPÍTULO II - CÁLCULO VECTORIAL

- 2.1. Um avião voa a 7 km acima do chão e encontra-se a 24 km de uma estação de radar (distância medida horizontalmente). A que distância da estação de radar se encontra o avião ?
- 2.2. Um camião anda 1 km para Norte, em seguida 2 km para Leste e finalmente 3 km para Nordeste. Achar o deslocamento resultante:
- a) graficamente
 - b) analiticamente (usando componentes).
- 2.3. Achar o módulo e a direcção dos vectores que cada um dos pares de componentes representa:
- a) $A_x = 3 \text{ cm}$; $A_y = -4 \text{ cm}$
 - b) $A_x = -5 \text{ m}$; $A_y = -12 \text{ m}$.
- 2.4. Dados dois vectores $\vec{a} = 3\hat{i} + 4\hat{j} - 5\hat{k}$ e $\vec{b} = -\hat{i} + 2\hat{j} + 6\hat{k}$, calcule:
- a) o comprimento de cada vector
 - b) o produto escalar
 - c) o ângulo formado pelos dois vectores

- d) a soma $\vec{a} + \vec{b}$ e a diferença $\vec{a} - \vec{b}$
 e) os produtos $\vec{a} \times \vec{b}$ e $\vec{b} \times \vec{a}$.

2.5. Considere os dois vectores: $\vec{A} = 2\hat{i} + 3\hat{j} + 4\hat{k}$ e $\vec{B} = \hat{i} - 2\hat{j} + 3\hat{k}$.

- a) Calcular o módulo de cada vector.
 b) Escrever uma expressão para a soma vectorial, usando vectores unitários.
 c) Determinar o módulo do vector soma.
 d) Escrever uma expressão para o vector diferença ($\vec{A} - \vec{B}$).
 e) Determinar o módulo do vector diferença ($\vec{A} - \vec{B}$). Este módulo é o mesmo que de ($\vec{B} - \vec{A}$)? Porquê?

2.6. Usando os dois vectores dados no problema anterior, calcule:

- a) o seu produto interno
 b) o seu produto vectorial. Qual o valor do módulo deste vector?

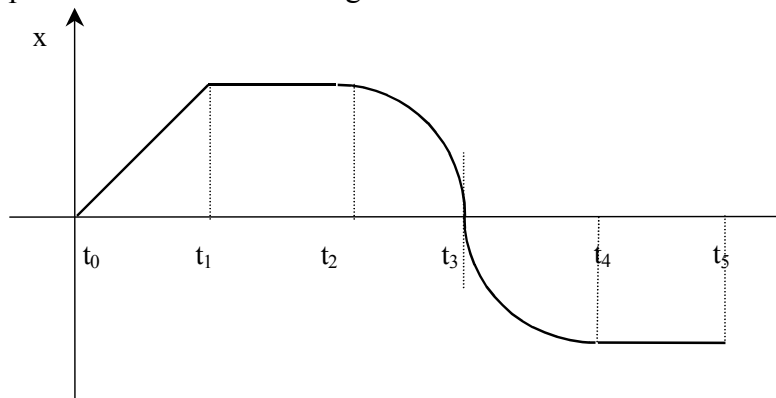
2.7. Dos vectores: $\vec{a} = 2\hat{i} + 4\hat{j} - 3\hat{k}$, $\vec{b} = 4\hat{i} + 3\hat{j} + 2\hat{k}$, $\vec{c} = 4\hat{i} - 8\hat{j} + 6\hat{k}$, $\vec{d} = 6\hat{i} + 12\hat{j} - 9\hat{k}$, e $\vec{e} = -8\hat{i} - 6\hat{j} - 4\hat{k}$.

- a) Indique os vectores:
 i) iguais
 ii) com o mesmo módulo
 iii) com a mesma direcção
 iv) com sentidos opostos
 b) Determine o vector soma de \vec{a} com \vec{c} .

2.8. Uma criança atira uma bola com uma velocidade de 4.0 m/s, numa direcção que faz um ângulo de 30° com a horizontal. Determine as componentes horizontal e vertical do vector velocidade da bola no momento do lançamento.

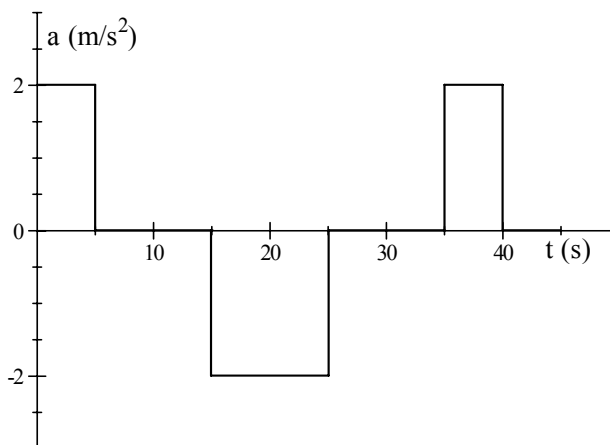
CAPÍTULO III - CINEMÁTICA

3.1. A posição de uma partícula material, com movimento rectilíneo segundo a direcção Ox , varia no tempo da forma indicada na figura.



- a) Diga em que instantes ou intervalos de tempo a partícula tem velocidade instantânea:
 1) nula 2) positiva 3) negativa.
 b) Diga em que sentido se desloca a partícula durante os intervalos de tempo:
 1) $]t_0, t_1[$; 2) $]t_2, t_3[$; 3) $]t_3, t_4[$.
 c) Diga em que intervalos de tempo o módulo da velocidade da partícula é:
 1) nula; 2) constante; 3) variável.

- 3.2. Na figura está representado um gráfico da aceleração de um corpo movendo-se no eixo dos xx . Esquematizar o gráfico da sua velocidade e da sua posição como funções do tempo se $x = v = 0$ quando $t = 0$.



- 3.3. O movimento de uma partícula é definido pela expressão: $x = t^3 - 6t^2 - 36t - 40$ (SI) na qual x e t são expressos, respectivamente em metros e em segundos. Determine:
- o instante em que a velocidade é zero.
 - a velocidade, aceleração e a distância total percorrida quando $x = 0$.
- 3.4. A aceleração de uma partícula é definida pela expressão: $a = 6 \text{ m/s}^2$. Sabendo que $x = -32 \text{ m}$ quando $t = 0$, e $v = -6 \text{ m/s}$ quando $t = 2 \text{ s}$, determine a velocidade, a posição e a distância total percorrida quando $t = 5 \text{ s}$.
- 3.5. Uma partícula oscila entre os pontos correspondentes a $x = 40 \text{ mm}$ e $x = 160 \text{ mm}$ com uma aceleração $a = k(100 - x)$, com k constante. A velocidade da partícula é de 18 mm/s quando $x = 100 \text{ mm}$ e torna-se nula para as posições $x = 40 \text{ mm}$ e $x = 160 \text{ mm}$. Determine:
- o valor de k .
 - a velocidade quando $x = 120 \text{ mm}$.
- 3.6. A aceleração de uma partícula é definida através da relação: $a = 0.4(1 - kv)$ onde k é uma constante. Sabendo que em $t = 0 \text{ s}$ a partícula parte do repouso em $x = 4 \text{ m}$, e que quando $t = 15 \text{ s}$, $v = 4 \text{ m/s}$, determine:
- a constante k .
 - a posição da partícula quando $v = 6 \text{ m/s}$.
 - o valor máximo da velocidade.
- 3.7. A aceleração de uma partícula é definida pela relação: $a = 6x - 14$ na qual a e x são expressos em m/s^2 e em m , respectivamente. Sabendo que $v = 4 \text{ m/s}$ quando $x = 0$, determine:
- o valor máximo de x .
 - a velocidade após a partícula percorrer uma distância de 1 m .
- 3.8. A aceleração de uma partícula é directamente proporcional ao quadrado do tempo t . Quando $t = 0$ a partícula encontra-se em $x = 24 \text{ m}$. Sabendo que em $t = 6 \text{ s}$, $x = 96 \text{ m}$ e $v = 18 \text{ m/s}$, como pode expressar x e v em função de t ?
- 3.9. A aceleração de um ponto material é definida pela relação: $a = kt^2$ (SI)
- Sabendo que $v = -6.25 \text{ m/s}$ quando $t = 0$ e $v = 6.25 \text{ m/s}$ quando $t = 5 \text{ s}$, determine o valor de k .
 - Escreva as equações do movimento, sabendo que $x = 0$ quando $t = 2 \text{ s}$.

3.10. Uma partícula move-se ao longo do eixo dos xx , de tal modo que a sua posição em qualquer instante é dada por: $x = 5t^2 + 1$ (SI)

Calcule:

- a) a sua velocidade média no intervalo de tempo $[2, 3]$ s.
- b) a velocidade instantânea para $t = 2$ s.

3.11. Uma partícula move-se tal que a sua posição em qualquer instante é dada por:

$$s = 2t^2 - 10t \quad (\text{SI})$$

Determine:

- a) a velocidade média da partícula no intervalo de tempo $[2, 4]$ s.
- b) velocidade instantânea para $t = 2$ s.
- c) a aceleração no instante $t = 2$ s.
- d) o intervalo de tempo durante o qual o movimento é acelerado.
- e) o intervalo de tempo durante o qual o movimento é retardado.

3.12. Uma partícula move-se ao longo do eixo dos xx segundo a lei: $x = t^3 - 3t^2 - 9t + 5$

Determine:

- a) os intervalos de tempo para os quais a partícula se move no sentido positivo de x e aqueles para os quais a partícula se move no sentido negativo.
- b) os intervalos de tempo durante os quais o movimento é acelerado e aqueles durante os quais o movimento é retardado.
- c) Represente os gráficos de x , v e a em função do tempo.

3.13. O movimento de um ponto material é definido pela relação: $x = t^3/3 - 3t^2 + 8t + 2$

onde, x é expresso em metros e t em segundos. Determine:

- a) o instante em que a velocidade se anula.
- b) a posição e a distância total percorrida quando a aceleração se anula.

3.14. Uma partícula move-se em linha recta, de acordo com $x = 16t - 6t^2$ (SI)

- a) Verifique se a partícula tem um movimento uniforme, uniformemente acelerado, retardado, ou com aceleração variável ?
- b) Calcule a sua posição ao fim de 1 s.
- c) Em que instantes passa o ponto na origem ?
- d) Calcule a velocidade média no intervalo $[0, 2]$ s.
- e) Calcule a sua velocidade inicial.
- f) Em que instantes e posições pára a partícula ?
- g) Calcule a aceleração instantânea em qualquer instante.
- h) Em que intervalos de tempo é o movimento acelerado e em que intervalos é retardado ?

3.15. Uma partícula de massa desprezável desloca-se ao longo de uma trajectória rectilínea. A posição da partícula em cada instante é dada pela equação: $x = 2t^3 - 24t + 6$ (SI)

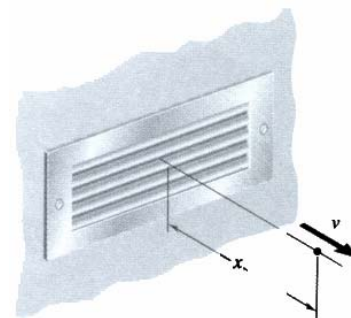
Determine:

- a) o tempo necessário para a partícula atingir a velocidade de $(72 \text{ m/s})\hat{i}$.
- b) a aceleração da partícula quando a sua velocidade é $(30 \text{ m/s})\hat{i}$.

3.16. Uma esfera, com uma velocidade de $v_0 = 10 \text{ m/s}$, penetra num líquido viscoso passando a sofrer uma aceleração de sentido contrário à velocidade e de grandeza $0.2v$.

- a) Determine a lei das velocidades no referido meio e represente-a graficamente.
- b) Calcule o intervalo de tempo necessário para que a velocidade seja $1/100$ da inicial.
- c) Qual o espaço percorrido no intervalo de tempo referido em b) ?

- 3.17.** Os dados experimentais indicam que, numa região onde se situa uma grelha difusora, a velocidade do ar emitido é definida por $v = 0.18v_0/x$, na qual v e x são, respectivamente, expressos em m/s e em m, sendo v_0 a velocidade inicial de descarga do ar. Para $v_0 = 3.6$ m/s, determine:



- a aceleração do ar em $x = 2$ m.
- o tempo necessário para o ar percorrer o espaço entre $x = 1$ m e $x = 3$ m.

- 3.18.** As coordenadas de uma partícula que se move no plano Oxy são (unidades SI):

$$x = 3t + 5$$

$$y = 0.5t^2 + 3t - 4$$

- Escreva a expressão do vector de posição da partícula em função do tempo.
- Calcule a grandeza da velocidade no instante de tempo $t = 4$ s.
- Determine o ângulo formado pelos vectores velocidade e aceleração no instante $t = 4$ s.

- 3.19.** O movimento de um ponto material é descrito pelas equações:

$$\begin{cases} x = \frac{t^3}{2} - 2t^2 \\ y = \frac{t^2}{2} - 2t \end{cases}, \text{ onde } x \text{ e } y \text{ são expressos em metros e } t \text{ em segundos.}$$

Determine:

- a velocidade e a aceleração quando $t = 1$ s.
- a velocidade e a aceleração quando $t = 3$ s.
- o instante em que o valor da coordenada y é mínimo.
- a velocidade e a aceleração do ponto material nesse instante.

- 3.20.** O vector de posição de uma partícula é: $\vec{r} = 5t\hat{i} + 10t^2\hat{j}$ ($|\vec{r}|$ em m quando t em s)

Determine:

- o vector velocidade em qualquer instante e a sua grandeza.
- a equação da trajectória e faça um esboço dela.
- o vector aceleração em qualquer instante e represente-o em alguns pontos da trajectória esboçada em b).

- 3.21.** Uma partícula descreve uma trajectória curvilínea plana, sendo as leis de variação das suas coordenadas dadas por:

$$x = 2t^3 - 3t^2$$

$$y = t^2 - 2t + 1$$

(x, y em m e t em s). Calcule:

- o vector de posição da partícula e a sua distância à origem no instante $t = 2$ s.
- o vector velocidade da partícula.
- o vector aceleração da partícula.
- as componentes normal e tangencial da aceleração no instante $t = 2$ s.
- Haverá algum instante em que a aceleração seja paralela ao eixo do yy ?

3.22. Um ponto material move-se no plano Oxy e o vector posição é:

$$\vec{r}(t) = [a \cdot \cos(\omega t)]\hat{i} + [b \cdot \sin(\omega t)]\hat{j}$$

onde a , b e ω são constantes positivas e $a > b$.

- a) Mostre que a trajectória é uma elipse.
- b) Em que condições a trajectória é circular ?
- c) Escreva a equação para a velocidade do ponto material, e diga qual é a forma da trajectória.

3.23. A aceleração devida à gravidade, a uma altura y acima da superfície da Terra, pode ser traduzida pela expressão:

$$a = \frac{-9.81}{\left[1 + \left(\frac{y}{6.37 \times 10^6}\right)\right]^2}$$

na qual a e y são expressos em m/s^2 e em m , respectivamente. Calcule a altura atingida por um projectil, disparado verticalmente desde a superfície da Terra, se a sua velocidade inicial for:

- a) 547 m/s.
- b) 912 m/s.
- c) 11 159 m/s.

3.24. A aceleração de uma partícula em queda livre, devida à gravidade, é dada por: $a = -gR^2/r^2$, na qual r é a distância da partícula ao centro da Terra, R é o raio da Terra, e g é a aceleração devida à gravidade ao nível da Superfície da Terra. Se $R = 6371.64 \text{ km}$, calcule a “*velocidade de escape*”, i.e., a velocidade mínima com que a partícula deve ser projectada desde a superfície Terrestre e verticalmente para cima, se admitirmos que não deve regressar à Terra. (Sugestão: $v = 0$ para $r = \infty$).

3.25. Um automóvel desloca-se numa auto-estrada a 120 km/h. Suponha que o condutor olha para as faixas de circulação com sentido oposto à que segue, de forma a ver um acidente que entretanto havia acontecido. Esta observação foi de apenas 2 segundos. Calcule qual foi o espaço percorrido pelo automóvel neste intervalo de tempo.

3.26. Não confunda velocidade média com a média de um conjunto de velocidades (média das velocidades). Calcule a velocidade média de um atleta nos seguintes casos:

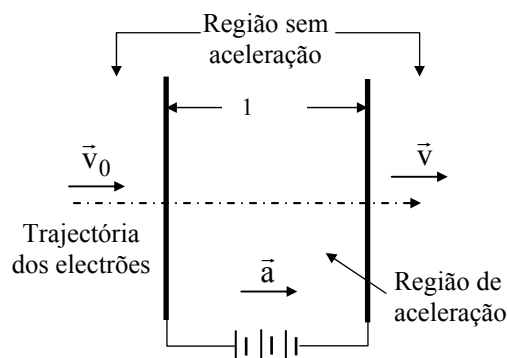
- a) o atleta anda 150 m com velocidade 1.5 m/s e depois corre 100 m com velocidade 4 m/s ao longo de uma pista rectilínea;
- b) o atleta anda 2 minutos com velocidade 1.5 m/s e a seguir corre durante 3 minutos com velocidade 4.5 m/s ao longo de um caminho em linha recta.

3.27. Um jacto Jumbo necessita de uma velocidade de 360 km/h na pista para poder levantar voo. Suponha que a pista de descolagem tem 1.6 km. Qual a aceleração constante mínima que deve ter para poder descolar desta pista ?

3.28. Suponha que um advogado o contrata para dar uma opinião sobre um problema relacionado com Física, surgido num dos seus casos. A questão seria de saber se um motorista excedeu ou não a velocidade limite de 60 km/h, antes de parar de emergência, aplicando os travões. As marcas dos pneus na estrada, produzidas pelo deslizamento das rodas, tinham um comprimento de 8.0 m. O Inspector fez o cálculo da velocidade do automóvel levando em consideração que a desaceleração produzida pelos travões não

podia exceder, em módulo, o valor de g e deteve o motorista por excesso de velocidade. Refaça os cálculos do inspector e verifique se estes cálculos estavam correctos ou não. Com base na hipótese de que a desaceleração era igual a g , qual seria a velocidade do automóvel no momento da aplicação dos travões ?

- 3.29.** Um electrão com velocidade inicial $v_0 = 1.5 \times 10^4$ m/s entra numa região de 1 cm de largura onde é acelerado pela acção do campo eléctrico. O electrão emerge do campo considerado com velocidade 5.0×10^6 m/s. Calcule a aceleração do electrão. Suponha que o movimento do electrão seja rectilíneo e que a aceleração seja constante. Compare este valor a que estamos sujeitos devido à gravidade.



- 3.30.** Um foguete é lançado verticalmente e sob com aceleração vertical constante de 21 m/s^2 durante 30 s. O seu combustível é inteiramente consumido e ele continua a viajar somente sob a acção da gravidade.
- Qual a altitude máxima por ele atingida ?
 - Qual o tempo total decorrido desde o lançamento até que o foguete volte à Terra ?
- 3.31.** Numa viagem, um autocarro percorre 12 km em linha recta. No percurso, o autocarro viaja 11 km à velocidade média de 75 km/h e 1.0 km à velocidade média de 15 km/h, devido ao trânsito. Calcule a velocidade média do autocarro no percurso mencionado.
- 3.32.** Um avião voa horizontalmente a uma altitude de 1450 m com uma velocidade de 75.0 m/s. Um míssil terra-ar é disparado verticalmente com uma velocidade inicial de 375.0 m/s. A que distância do míssil (medida na horizontal) se deve encontrar o avião no momento do disparo para este poder ser atingido por baixo ?
- 3.33.** Muitas vezes os semáforos de uma rua estão regulados de tal modo que, se um automóvel viajar com uma dada velocidade, ele pode atravessar todos os cruzamentos dessa rua sem ser obrigado a parar nos semáforos vermelhos. Indique, justificando, como devem ser cronometrados os semáforos dessa rua para que esta situação se verifique.
- 3.34.** Dois corpos são lançados com um intervalo de tempo de 1.5 s, de uma mesma altura. Quanto tempo depois do primeiro começar a cair estarão os dois corpos separados por 15 m ?
- 3.35.** Um elevador aberto está a subir com uma velocidade constante de $v = 10 \text{ m/s}$. Um dos ocupantes do elevador, quando está à altura $h = 20 \text{ m}$ acima do solo, atira para cima um porta-chaves. A velocidade inicial do porta-chaves relativamente ao elevador é $v_0 = 20 \text{ m/s}$. Determine:
- a altura máxima atingida pelo porta-chaves.
 - quanto tempo passa até o porta-chaves regressar ao elevador.
- 3.36.** Um condutor viaja, a 100 km/h, de noite quando vê, a uma distância de 70 m, um veículo parado na faixa de rodagem. Admitindo que o condutor demora 0.5 s a pôr o pé no travão, e que durante a travagem a desaceleração do carro é de 5 m/s^2 , qual será o fim da história:
- se o condutor fosse mais rápido podia evitar o acidente ?
 - E se a velocidade fosse 50 km/h ?

- 3.37.** Um avião ao descolar percorre 600 m em 15 s. Admitindo aceleração constante, calcule a velocidade de descolagem. Calcule também a aceleração em m.s^{-2} .
- 3.38.** Um grupo e turistas visita um parque natural na África do Sul, e resolve parar para fazer um pic-nic. A certa altura avistam um chita que os observa a 200 m. Precipitam-se para dentro do carro descapotável, e em 10 s arrancam. Admita que o chita pode acelerar de 0 a 100 km/s em 2 s, e que não ultrapassa geralmente os 120 km/h. Será que o chita consegue almoçar ? (admita para o automóvel valores de velocidade máxima e aceleração que lhe pareçam razoáveis).
- 3.39.** Um automóvel está parado num semáforo vermelho. Quando se acende a luz verde, o automóvel inicia um movimento rectilíneo com uma aceleração de 2.0 m/s^2 e mantém esta aceleração durante os primeiros 6.0 segundos, seguindo depois com uma velocidade constante. No instante em que o automóvel iniciou o seu movimento, este foi ultrapassado por um camião, movendo-se na mesma direcção e sentido do automóvel, com uma velocidade de 10.0 m/s. A que distância da posição de partida do automóvel se dará uma nova ultrapassagem ?
- 3.40.** Dois estudantes realizam a seguinte experiência num laboratório de Física: Do nível do chão de uma varanda, um dos estudantes deixa cair um objecto. Num dos pisos de baixo o seu colega verifica, com um dispositivo automático para medir o tempo, que esse objecto demora 0.15 s a percorrer o espaço compreendido entre a parte superior e a parte inferior da porta da varanda cuja altura é de 2 m. Assumindo que o objecto partiu sem velocidade inicial, calcular a distância entre os dois pisos.
- 3.41.** O código de estrada de um dado país, estabelece que a distância mínima, em m , que um carro deve guardar em relação ao carro seguinte é 50 % da sua velocidade, expressa em km/h.
- Qual o fundamento Físico desta disposição ?
 - Para uma velocidade de 90 km/h, qual o valor dessa distância ?
 - Para esta velocidade, qual o valor da aceleração que esta norma pressupõe ?
- 3.42.** Um carro arranca e acelera constantemente, com uma aceleração de 8 m/s^2 .
- Qual a sua velocidade ao fim de 10 s ?
 - De quanto se afastou em relação ao ponto de partida nesses 10 s ?
 - Qual a sua velocidade média nesse percurso ?
- 3.43.** Um carro desloca-se a 80 km/h numa zona de velocidade controlada. Um polícia arranca no seu carro no instante em que é ultrapassado e, com uma aceleração constante de 2 m/s^2 , persegue-o.
- Quanto tempo depois o alcança ?
 - A que velocidade se desloca nesse momento ?
 - Se a velocidade máxima do carro da polícia for 120 km/h, em quanto tempo e a que distância alcança o carro ?
- 3.44.** Um automóvel A parte de um ponto O e mantém uma aceleração constante de 1.2 m/s^2 . Após um curto intervalo de tempo, passa por um camião que vem em sentido contrário, com uma velocidade constante de 13.5 m/s. Sabendo que o camião passa pelo ponto O 25 s após o automóvel A de lá ter saído, determine quando e onde os dois veículos se cruzaram.

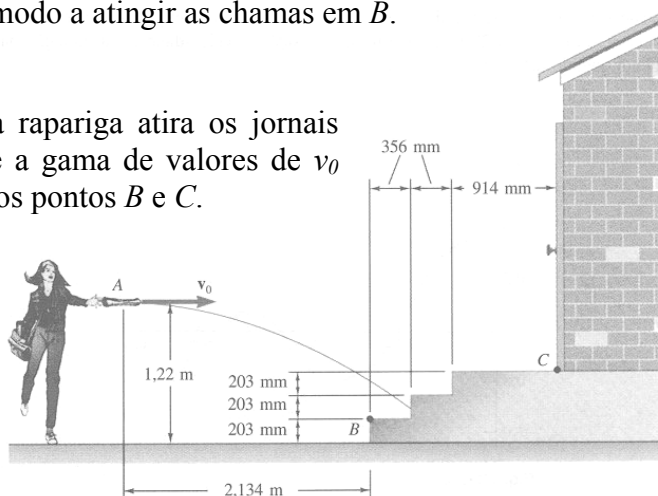
- 3.45.** Deixa-se cair uma bola de uma altura de 39.0 m. O vento sopra segundo a horizontal comunicando à bola uma aceleração horizontal constante de 1.20 m.s^{-2} .
- Mostre que nas condições anteriores a trajectória da bola é rectilínea.
 - Calcule a distância que a bola percorreu, segundo a horizontal, ao chegar ao solo.
 - Calcule a velocidade com que chega ao solo (grandeza e inclinação horizontal).
- 3.46.** Um pai e uma criança escorregam em dois trenós iguais por uma encosta de 100 m que faz um ângulo de cerca de 30° em com a direcção horizontal.
- Faça um esquema da situação.
 - Imaginando que não existisse atrito qual seria a aceleração da criança, durante a descida ?
 - Se o pai e o filho fizerem uma corrida, quem ganha ? Porquê ?
 - Cronometraram o tempo de descida da criança e verificaram que a descida nunca demorava menos de 5 s. O que se pode concluir ? Em função deste resultado mantém a sua resposta à alínea anterior ? Porquê ?
- 3.47.** Um carro, partindo do repouso, move-se com aceleração de 1 m.s^{-2} durante 15 s. Desliga-se então o motor e o carro passa a ter um movimento retardado, devido ao atrito, durante 10 s com aceleração de 5 cm.s^{-2} . Em seguida os travões são aplicados e o carro pára após 5 s. Calcular a distância percorrida pelo carro. Representar graficamente x , v e a versus t .
- 3.48.** Um motorista espera que o sinal de trânsito abra. Quando a luz verde acende, o carro é acelerado uniformemente durante 6 s, na razão de 2 m.s^{-2} , de seguida passa a ter velocidade constante. No instante em que o carro começou a mover-se foi ultrapassado por um camião, movendo-se no mesmo sentido com velocidade uniforme de 10 m.s^{-1} . Após quanto tempo e a que distância da posição de partida do carro os dois veículos de encontrarão novamente ?
- 3.49.** Dois automóveis partem no mesmo instante, em sentidos opostos, dos pontos A e B , distanciados de 200 km, com as velocidades de 80 km/h e 60 km/h respectivamente. Nestas condições determine:
- o tempo que demoram a encontrar-se.
 - a distância do ponto de encontro dos dois automóveis ao ponto A .
 - com que antecedência deve partir o automóvel de B para que o encontro se dê a meio do percurso AB ?
- 3.50.** O maquinista de um comboio de passageiros que viaja a 30 m.s^{-1} avista um comboio de carga 200 m à sua frente, na mesma linha. O comboio de carga está a viajar no mesmo sentido a uma velocidade constante de 10 m.s^{-1} . O maquinista do comboio de passageiros trava imediatamente, causando uma desaceleração constante de 1 m.s^{-2} , enquanto que o outro comboio mantém a mesma velocidade.
- Haverá colisão ?
 - Se a resposta à alínea a) for positiva, onde ocorrerá a colisão ?
- 3.51.** Dois corredores, A e B , participam na final dos 100 m livres. O primeiro arranca com uma aceleração de 40 m/s^2 que se mantém durante 0.25 s, correndo o resto do percurso com velocidade constante. O segundo acelera durante todo o percurso com uma aceleração $a = 2 + 0.024t^2 \text{ (m/s}^2\text{)}$. Determine quem ganha a corrida.
- 3.52.** Dois automóveis, A e B , viajando na mesma direcção e em faixas adjacentes, param num sinal vermelho. Assim que o sinal se torna verde, o automóvel A acelera à razão de 2

- m/s^2 . Dois segundos mais tarde, o automóvel B inicia a sua marcha com uma aceleração de 3.6 m/s^2 . Determine:
- a) quando e onde B ultrapassa A .
 - b) a velocidade de cada automóvel nesse instante.
- 3.53.** Dois automóveis aproximam-se um do outro, quando se encontram em faixas de rodagem adjacentes. Em $t = 0$, A e B estão distanciados de 1 km , com velocidades $v_A = 108 \text{ km/h}$ e $v_B = 63 \text{ km/h}$, e situam-se, respectivamente, nos pontos P e Q . Sabendo que A passa pelo ponto Q , 40 s depois de B aí ter passado, e que B passa pelo ponto P 42 s depois de A ali ter passado, determine:
- a) as acelerações uniformes de A e de B .
 - b) o instante em que os veículos passam um pelo outro.
 - c) a velocidade de B nesse instante.
- 3.54.** O carro A está estacionado na faixa Norte de uma auto-estrada, e o carro B viaja pela faixa Sul à velocidade constante de 96.54 km/h . Quando $t = 0$, A inicia o movimento e acelera a uma razão a_A , enquanto em $t = 5 \text{ s}$, inicia a desaceleração com um valor de $a_A/6$. Sabendo que quando os carros se cruzam, $x = 89.6 \text{ m}$ e $v_A = v_B$, determine:
- a) a aceleração a_A .
 - b) o momento em que os veículos se cruzam.
 - c) a distância d entre os veículos quando $t = 0$.
- 3.55.** Um pára-quedista encontra-se em queda livre a uma velocidade de 200 km/h e abre o seu pára-quedas quando se encontra a uma altitude de 600 m . Após sofrer uma brusca e constante desaceleração, prossegue a sua descida à velocidade de 50 km/h entre a altitude 586 m e 30 m , altura em que manobra o seu pára-quedas contra o vento de modo a tornar ainda mais lenta a descida. Admitindo que o pára-quedista aterra com velocidade vertical desprezável, determine:
- a) o tempo necessário para a aterragem do pára-quedista, desde a abertura do seu pára-quedas.
 - b) a desaceleração inicial.
- 3.56.** Dois postos de controlo de uma prova de rali estão colocados na mesma estrada e afastados 12 km um do outro. Os limites de velocidade nos primeiros 8 km e nos últimos 4 km são, respectivamente, de 100 km/h e 70 km/h . Os condutores devem efectuar a paragem em cada posto de controlo, sendo o tempo entre A e B especificado para 8 min. e 20 s . Admitindo que o condutor acelera e desacelera com um valor constante, determine o valor da sua aceleração se ele procurar viajar com o máximo de velocidade possível.
- 3.57.** Um elevador sobe com uma aceleração, para cima, de 2 m/s^2 . No instante em que a sua velocidade é de 4.0 m/s , um parafuso solto cai do tecto do elevador, que está a 2.5 m do seu piso. Determine:
- a) o tempo que o parafuso gasta para atingir o piso.
 - b) o seu deslocamento relativamente ao poço do elevador.
- 3.58.** Um meteorito entra verticalmente na atmosfera Terrestre e passa a “cair” em direcção ao centro da Terra com uma aceleração variável dada por: $a = kt^{1/2}$ onde g é a aceleração da gravidade na superfície Terrestre, t é o tempo em segundos e $k = 1 \text{ s}^{-1/2}$. Considere a velocidade inicial do meteorito igual a 40 m/s . determine:
- a) a aceleração do meteorito para $t = 100 \text{ s}$.
 - b) a velocidade do meteorito para $t = 100 \text{ s}$.

Projecteis

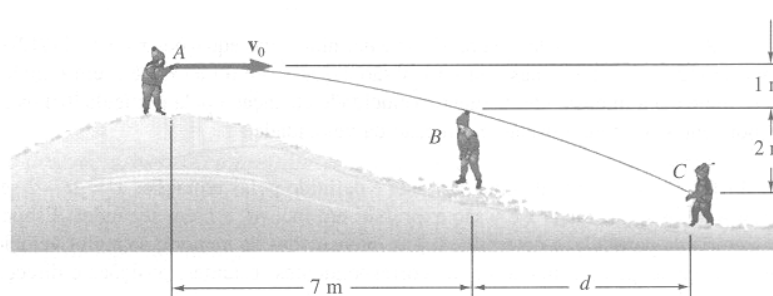
- 3.59.** Um avião para combate a incêndios está preparado para lançar água, enquanto voa a uma velocidade de 315 km/h e a uma altitude de 80 m. Determine a distância d para a qual o piloto deve lançar a água de modo a atingir as chamas em B .

- 3.60.** Enquanto faz a distribuição, uma rapariga atira os jornais com uma velocidade v_0 . Determine a gama de valores de v_0 que permitam aos jornais cair entre os pontos B e C .



- 3.61.** Três crianças atiram, entre si, bolas de neve. A criança A lança uma bola com a velocidade horizontal v_0 . Se a bola passar pela cabeça da criança B e atingir a criança C , determine:

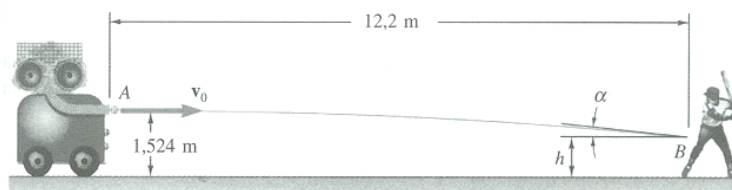
- a) o valor de v_0 .
b) A distância d .



- 3.62.** Uma bola de futebol é chutada com velocidade inicial v_0 fazendo um ângulo de 45° com a horizontal. Qual deverá ser o valor de v_0 para que a bola atinja a linha de golo, situada a 80 m do local do chuto ?

- 3.63.** Uma máquina lança bolas de baseball com uma velocidade horizontal v_0 . Sabendo que a altura h varia entre 787 mm e 1067 mm, determine:

- a) a gama de valores de v_0 .
b) α para as alturas $h = 787$ e $h = 1067$ mm.



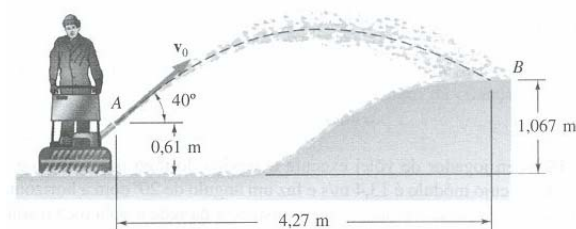
- 3.64.** Uma arma, localizada a 40 m acima de uma planície horizontal, dispara horizontalmente um projectil com uma velocidade inicial de 300 m/s.

- a) Quanto tempo o projectil permanece no ar ?
b) A que distância horizontal ele atinge o solo ?
c) Qual o módulo da componente vertical da velocidade no momento em que atinge o solo ?

- 3.65.** Uma arma, cuja velocidade de disparo é de 550 m/s, é usada para atirar num alvo colocado à distância de 45 m. Para que altura acima do centro do alvo deve ser apontada a arma, de modo a atingir o alvo ?

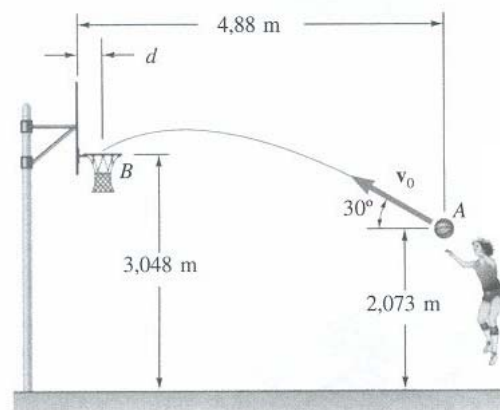
3.66. Um canhão dispara um projectil com uma velocidade inicial de 300 m/s. Calcule o alcance máximo atingido pelo projectil.

3.67. O proprietário de uma casa usa um lança-neve para desimpedir a sua via de acesso. Sabendo que a neve é descarregada com um ângulo de 40° com a horizontal, determine a velocidade inicial v_0 da neve.



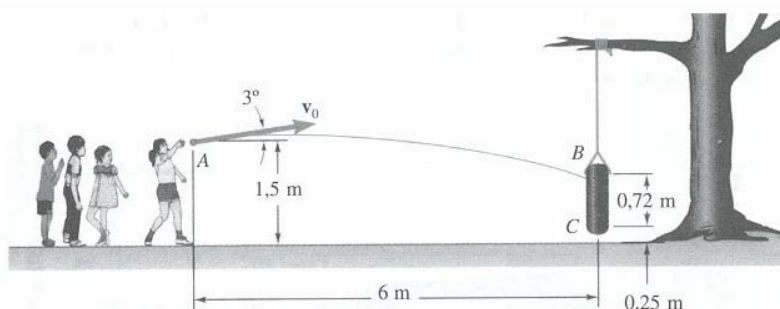
3.68. Uma jogadora de basquete lança a bola quando está a 4,88 m do cesto. Sabendo que a bola possui uma velocidade inicial v_0 e faz um ângulo de 30° com a horizontal, determine o valor de v_0 quando d é igual a:

- a) 228.6 mm.
- b) 431.8 mm.



3.69. Uma bola rola do alto de uma escada com uma velocidade horizontal de módulo igual a 2.0 m/s. Os degraus têm 20 cm de altura e 35 cm de largura. Qual o degrau que a bola tocará primeiro?

3.70. Um grupo de crianças atira bolas contra um pneu que tem um diâmetro interior de 0.72 m e que se encontra suspenso numa árvore. Uma das crianças atira uma bola com uma



velocidade inicial v_0 e com um ângulo de 3° com a horizontal. Determine a gama de valores de v_0 para os quais a bola atravessa o pneu.

3.71. Uma bola é atirada do chão para o ar. Quando ela atinge uma altura de 9 m, a velocidade é dada por: $\vec{v} = 6\hat{i} + 3\hat{j}$ em m/s (eixo Ox horizontal, eixo Oy vertical).

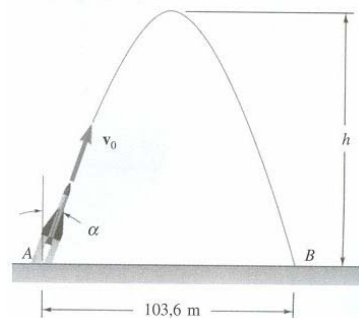
- a) Até que altura a bola subirá?
- b) Qual será a distância horizontal total percorrida pela bola?
- c) Qual será a velocidade da bola (módulo e direcção) no instante em que toca no solo?

3.72. Durante o Campeonato Europeu de Futebol, um jogador de uma equipe de futebol efectuou um remate à baliza, impulsionado a bola com uma velocidade de 198 km/h. O chute deu-se a 40 m da baliza, cuja trave horizontal se situa a 2.3 m acima do solo. Determine o intervalo de ângulos possíveis para que a bola atinja as redes da baliza.

3.73. Um jogador chuta uma bola com um ângulo de 37° com a horizontal e velocidade inicial de 48 m.s^{-1} . Um segundo jogador, a 100 m do primeiro e na direcção do chute, avança para a bola no instante em que ela é chutada. Com que velocidade ele deve correr para alcança-la, no momento em que bate no chão?

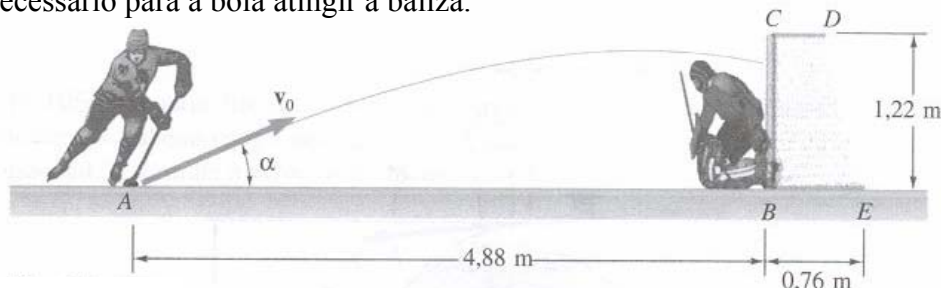
3.74. Um modelo de foguete é lançado a partir do ponto A com uma velocidade v_0 de 85.34 m/s. Se o pára-quedas do foguete não for accionado e o foguete aterrar 103.6 m distante de A, determine:

- o ângulo α que v_0 faz com a vertical.
- A altura máxima atingida pelo foguete.
- A duração do voo.



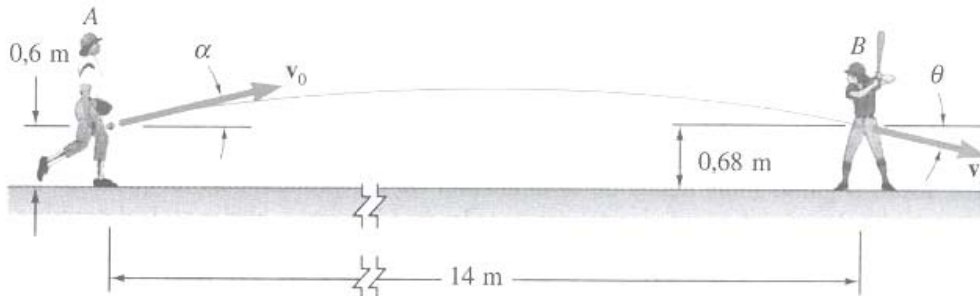
3.75. A velocidade inicial v_0 de uma bola de hóquei é de 168.9 km/h. determine:

- o maior valor (menor que 45°) do ângulo α para o qual a bola entra na baliza.
- O tempo necessário para a bola atingir a baliza.



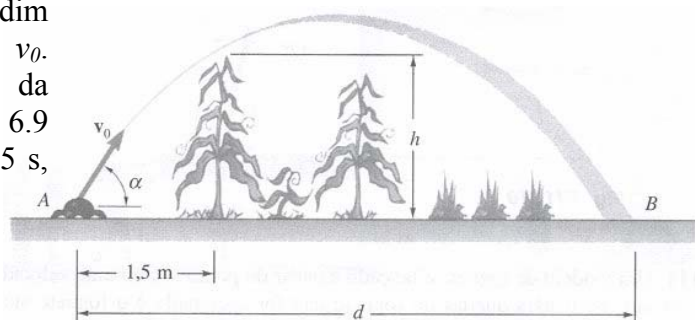
3.76. Um jogador responsável pelo lançamento de bolas atira uma bola com uma velocidade inicial v_0 de 72 km/h fazendo um ângulo α com a horizontal. Se a altura da bola no ponto B for de 0.68 m/s, determine:

- o ângulo α .
- O ângulo θ que a velocidade da bola forma com a horizontal no ponto B.
- A altura máxima atingida pela bola.
- A velocidade (forma vectorial) nesse ponto e em B.



3.77. Um aspersor oscilante de um jardim lança água com uma velocidade v_0 . Sabendo que no ponto mais alto da trajectória a velocidade da água é de 6.9 m/s, atingindo o ponto B ao fim de 5 s, determine:

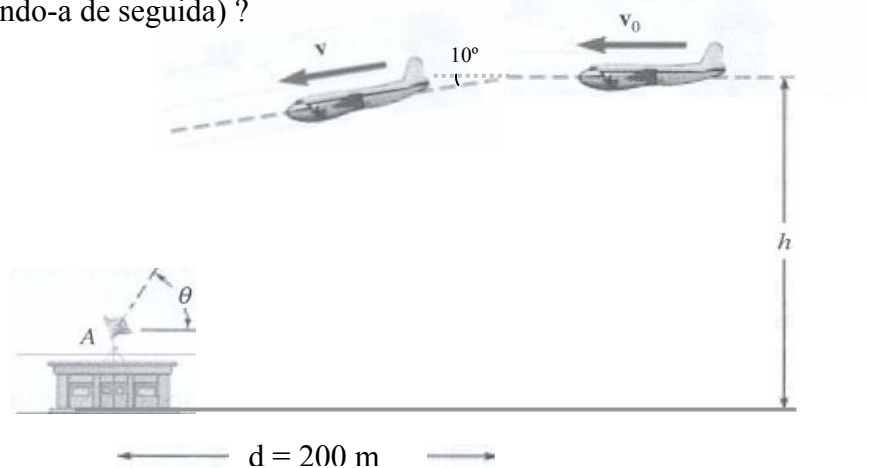
- a distância d .
- O ângulo α .
- A velocidade inicial, v_0 .
- O vector velocidade no ponto a que corresponde a distância horizontal, $x = 1.5$ m.
- A direcção do vector velocidade no ponto a que corresponde a altura, $h = 20$ cm.



3.78. Um caça Americano desloca-se a uma velocidade v constante (altura $h = 2000$ m), quando o piloto decide fazer um reconhecimento da área. Para isso, o piloto provoca uma inclinação no avião de 10° relativamente à trajectória inicial, mantendo, contudo, a mesma velocidade. Nesse instante, o avião sofre um ataque inimigo, com projecteis

disparados de uma bateria antiaérea situada no topo de um edifício ($h' = 50$ m). Sabendo que os projectéis são disparados com uma velocidade inicial de 300 m/s, com uma direcção $\theta = 40^\circ$:

- verifique se ocorrerá colisão.
- Em caso afirmativo, caracterize o ponto em que tal ocorre (vector posição e velocidade do caça e do projectil).
- Caracterize a velocidade do projectil e do avião nesse instante ?
- O que aconteceria se o avião ao iniciar a descida aumenta-se a velocidade para o dobro (mantendo-a de seguida) ?

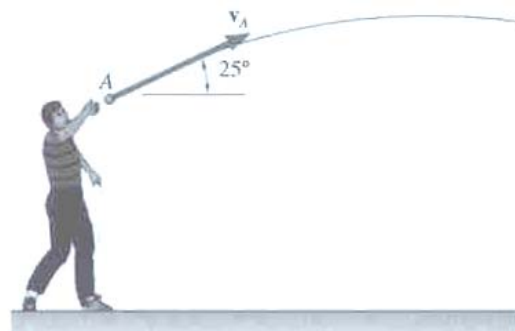


- 3.79.** Numa partida de golfe, um jogador lança uma bola de um ponto A . No instante $t = 5$ s, a bola encontra-se num ponto B e possui uma velocidade de 48.6 m/s, fazendo um ângulo de 22.2° com a horizontal. Calcule:
- as componentes da velocidade inicial da bola. ($v_{ox} = 45$ m/s ; $v_{oy} = 67.36$ m/s).
 - O ângulo de lançamento da bola. (56.26°).
 - As coordenadas da bola no instante $t = 5.1$ s. ($x = 229.5$ m; $y = 216.1$ m).
 - As componentes da velocidade da bola no mesmo instante. (v_{ox} ; $v_y = 17.38$ m/s).
 - O alcance da bola. ($x = 618.6$ m).

- 3.80.** Um canhão dispara um projectil com o objectivo de atingir um alvo colocado a 1000 m de altitude e a 500 m de distância medida na horizontal. O alvo é largado no preciso instante em que a arma é disparada. Considere que o canhão dispara os projectéis com velocidade de módulo $v_0 = 224$ m/s. Determine:

- o ângulo com que o canhão deverá ser disparado para que o alvo seja atingido;
- O tempo que decorre desde o disparo até o alvo ser atingido.
- A velocidade com que o projectil atinge o alvo.
- Verifique se a colisão ocorre antes ou depois de o projectil atingir a altura máxima.

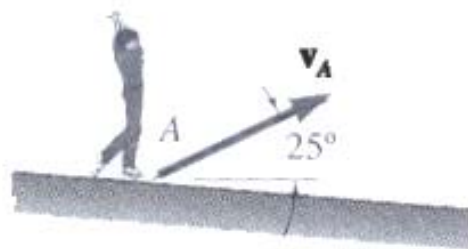
- 3.81.** Uma criança lança uma bola a partir do ponto A com uma velocidade inicial fazendo um ângulo de 25° com a horizontal. Determine a velocidade da bola, nos pontos para os quais o raio de curvatura da trajectória da bola é igual a três quartos do valor em A .



3.82. Um jogador de golfe lança a sua bola a partir de um ponto A , com uma velocidade inicial de 50 m/s e fazendo um ângulo de 25° com a horizontal.

Determine o raio de curvatura da trajectória descrita pela bola:

- no ponto A .
- No ponto mais elevado da trajectória.

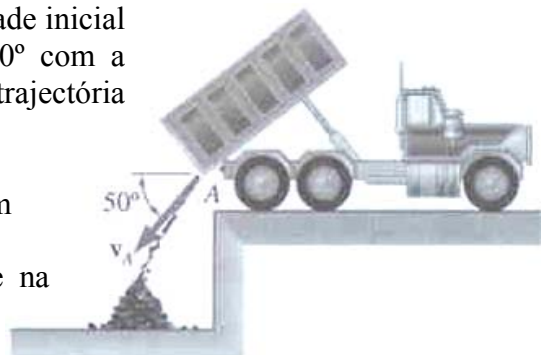


3.83. Sabendo que a dada altura do movimento da bola referida no problema anterior, a sua velocidade segundo o eixo Oy é -8.3 m/s , determine:

- o raio de curvatura nesse ponto.
- O vector posição da bola.
- A aceleração (total e componentes normal e tangencial).
- O ângulo e velocidade necessários para que uma bola lançada 100 m à frente do ponto A , colidisse com esta no ponto a que se refere este problema.

3.84. Um camião descarrega carvão com a velocidade inicial de $v_A = 1.83 \text{ m/s}$, fazendo um ângulo de 50° com a horizontal. Determine o raio de curvatura da trajectória descrita pelo carvão:

- no ponto A .
- No ponto da trajectória que está 0.9 m abaixo de A .
- A aceleração total nesse ponto (escalar e na forma vectorial).



3.85. Um balão sobe com velocidade 15 m/s e está a 100 m de altitude quando dele se deixa cair um saco de areia. Determine:

- o espaço total percorrido pelo saco de areia.
- O intervalo de tempo em que o saco de areia permanece no ar, ao percorrer a trajectória mencionada na alínea anterior ?

Movimento circular

3.86. Um disco gira num gira-discos a 33 rpm . Determine a velocidade linear de um ponto do disco sob a agulha:

- no começo do disco, a uma distância de 13 cm do eixo de rotação.
- no fim do disco, a uma distância de 7 cm do eixo de rotação.

3.87. A frequência angular do motor de um automóvel aumenta 1000 rpm para 3500 rpm em 18 s .

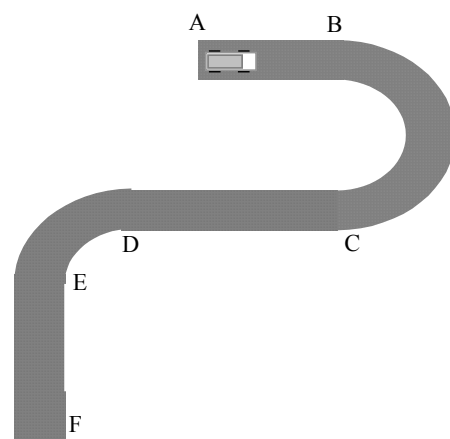
- Calcule a aceleração angular do motor, supondo que ela seja uniforme.
- Quantas rotações completas efectua o motor durante esse período ?

3.88. Uma roda fixa a um motor gira com uma frequência angular de 240 rpm . A partir deste momento o motor pára de funcionar e a roda passa a girar com velocidade angular que decresce uniformemente até parar. Seis segundos depois do motor parar, a roda possui uma frequência angular de 180 rpm . Calcule o tempo total que a roda leva a parar.

3.89. Um motorista parte do repouso, iniciando uma curva de 120 m de raio e acelera numa razão uniforme de 0.9 m/s^2 . Determine a distância que o automóvel terá percorrido até que a sua aceleração seja de 1.8 m/s^2 .

3.90. A figura ao lado mostra a trajetória de um automóvel, constituída por troços rectilíneos e troços circulares. O automóvel parte do repouso em *A* e, a partir do ponto *B* desloca-se, com velocidade constante, até ao ponto *E*. A partir de *E* trava, até parar em *F*.

- A meio de cada segmento (*AB*, *BC*, *CD*, *DE*, *EF*) qual a direcção do vector velocidade ?
- Em quais desses pontos tem o carro aceleração, e qual a sua direcção e sentido, relativamente à concavidade da curva ?



3.91. Um motorista entra numa curva de 150 m de raio, com uma velocidade de 72 Km/h. Ao travar, diminui a velocidade numa razão constante de 1.5 m/s^2 . Determine o do módulo da aceleração total do automóvel, quando a sua velocidade é de 64 Km/h.

3.92. A órbita da Terra em volta do Sol é aproximadamente circular com raio $R = 1.5 \times 10^{11} \text{ m}$. Determine a grandeza da velocidade angular e da velocidade linear correspondentes.

3.93. Na figura seguinte estão representadas posições e instantes de partículas que descrevem movimentos circulares com velocidades diferentes. Calcule a grandeza da aceleração média entre as duas posições indicados em cada caso.

3.94. Uma pedra atada a um fio, descreve uma circunferência, num plano horizontal, com um metro de raio. Qual o número de voltas por minuto que deve executar se a sua aceleração normal for igual à aceleração da gravidade ?

3.95. Uma partícula move-se numa trajetória circular de raio 1 m e centro no ponto (1,0) no sentido dos ponteiros do relógio. No instante $t = 0$ está na origem, em repouso e inicia o seu movimento de tal modo que a sua velocidade aumenta à razão de $\pi/2 \text{ m/s}^2$.

- Quanto tempo leva a percorrer meia circunferência ?
- Qual a sua velocidade nesse ponto ?
- Qual a direcção dessa velocidade ?
- Qual a sua aceleração tangencial ?
- Qual a grandeza e direcção da sua aceleração ?

3.96. A posição de uma partícula em função do tempo é dada por:

$$\vec{r}(t) = 4\sin(2\pi t)\hat{i} + 4\cos(2\pi t)\hat{j}$$

- Mostre que a trajetória desta partícula é uma circunferência de raio 4 m centrada na origem.
- Determine o vector velocidade em qualquer instante e mostre que $v_x/v_y = -y/x$.
- Determine o vector aceleração em qualquer instante e mostre que tem a direcção radial e grandeza v^2/r .

- 3.97.** Uma centrífugadora tem uma velocidade de rotação, constante, de 600 rotações por minuto.
- Qual a aceleração de uma partícula à distância de 15 cm do eixo de rotação ?
 - Qual deverá ser a velocidade de rotação se se pretender que a referida partícula tenha uma aceleração de valor igual à aceleração da gravidade ?

- 3.98.** Um carro, que se desloca a uma velocidade constante de 90 km/h, entra numa curva. A aceleração de que necessita para descrever essa curva é função do raio de curvatura da mesma.
- Calcule e compare os valores dessas acelerações para raios de curvatura de 10 m e 50 m.
 - Para quanto deverá reduzir a velocidade se, no 1º caso, quiser uma aceleração semelhante ao 2º ?

- 3.99.** Uma partícula descreve uma trajectória circular em torno da origem dos eixos. A sua posição é dada por:

$$\vec{r} = \left(3 \sin \frac{\pi}{3} t \right) \hat{i} + \left(3 \cos \frac{\pi}{3} t \right) \hat{j}$$

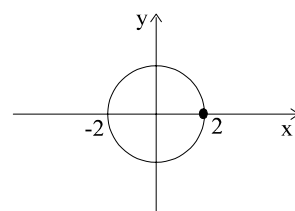
onde r é expresso em metros e o argumento da função trigonométrica em radianos.

- Caracteriza o movimento.
 - Calcule $\vec{v}(t)$ e $\vec{a}(t)$.
 - Calcule a posição, a velocidade e a aceleração nos instantes $t = 2$ s.
 - Calcule a velocidade angular do movimento.
- 3.100.** Uma partícula parte do repouso e descreve uma trajectória circular de raio 2 m, com uma velocidade angular proporcional ao tempo. Sabendo que ao fim de $\sqrt{3}$ segundos a aceleração é de $2\sqrt{10} \text{ m.s}^{-2}$, qual será nesse mesmo instante:
- a velocidade da partícula ?
 - O ângulo descrito ?

- 3.101.** Uma partícula material de massa $m = 2 \text{ kg}$ descreve uma trajectória circular de raio $R = 2 \text{ m}$, segundo a lei horária: $s = 4\pi t$ (SI)

No instante $t = 0 \text{ s}$, a partícula encontra-se no ponto (2, 0) m, como indica a figura. Determine:

- o instante em que a partícula passa pela primeira vez no ponto (-2, 0) m.
- o vector velocidade no instante $t = 0.5 \text{ s}$, em coordenadas cartesianas.
- as componentes normal e tangencial da aceleração no instante t .



- 3.102.** O vector de posição de uma partícula de massa $m = 0.1 \text{ kg}$ é:

$$\vec{r}(t) = 2\cos(\pi t)\hat{i} + 2\sin(\pi t)\hat{j} + 2t\hat{k} \text{ (S.I.)}$$

- Determine a posição, velocidade e aceleração no instante $t = 0.25 \text{ s}$.
- Determine as componentes normal e tangencial da aceleração no instante $t = 0.25 \text{ s}$.
- Determine o raio de curvatura nesse mesmo instante.
- A força que se exerce sobre a partícula.

Movimento relativo

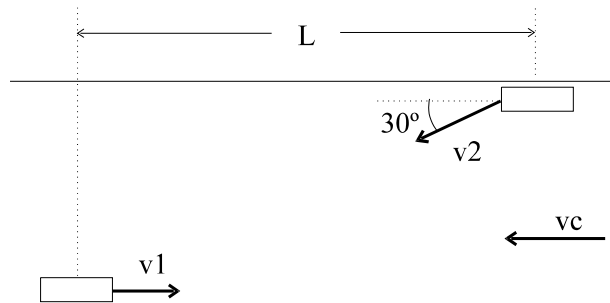
- 3.103.** As gotas de água da chuva caem verticalmente com velocidade de 8 m/s. Um automóvel percorre uma estrada rectilínea com uma velocidade de 60 km/h. Determine o módulo, a direcção e o sentido da velocidade das gotas de água em relação a um observador situado dentro deste automóvel.
- 3.104.** Um homem consegue remar um barco, em águas paradas, com uma velocidade de 4.5 km/h.
- Suponha que ele esteja a atravessar um rio em que a velocidade da corrente é 2.0 km/h. determine, nesta situação, a direcção segundo a qual ele deve orientar o barco para que ele atinja um ponto directamente oposto ao ponto de onde partiu.
 - Se a largura do rio for 3.0 km, quanto tempo o barco levará para atravessar o rio nas condições da alínea anterior ?
 - Quanto tempo ele gastaria se o homem remasse a 2.0 km/h rio abaixo e, em seguida, ele retomasse ao ponto de partida ?
 - Quanto tempo ele gastaria para fazer um percurso inverso ao anterior, i.e., primeiro remar 2.0 km rio acima e, em seguida, retornar ao ponto de partida ?
- 3.105.** Um barco move-se no sentido N 60° W com velocidade de 4 km/h relativa à água. O sentido da corrente é tal que o movimento resultante relativo à terra é de 5 km/h para oeste. Calcular a velocidade e o sentido da corrente relativa à terra.
- 3.106.** A velocidade de um barco de corrida em águas paradas é 55 km/h. O piloto quer ir para um ponto que dista 80 km para S 20° E. A corrente, muito forte, é de 20 km/h no sentido S 70° W.
- Calcule para que direcção deve o barco ser dirigido para que vá em linha recta até ao seu destino.
 - Determine a duração do percurso.
- 3.107.** Um avião move-se na direcção Noroeste à velocidade de 125 km/h relativamente ao solo, devido ao facto de existir um vento a soprar para oeste com uma velocidade de 50 km/h relativamente ao solo. Qual seria a velocidade (direcção e grandeza) com que o avião se moveria se não houvesse vento ?
- 3.108.** Duas cidades, *A* e *B*, estão situadas uma em frente à outra nas margens de um canal com 8 km de largura e cujas águas se deslocam com uma velocidade de 5 km/h. Um habitante da cidade *A* quer ir para a cidade *C*, que está a 6 km a montante em relação ao curso das águas e na mesma margem do canal que a cidade *B*. Se o seu barco tiver uma velocidade máxima de 10 km/h e ele pretender chegar no mínimo de tempo possível, que rumo deve ele seguir e qual será a duração da jornada ?
- 3.109.** A torre de controle de um aeroporto observa um avião que voa com rumo *NE* a uma velocidade de 3.0 km/min. O vento sopra de Norte com uma velocidade de 52 km/h.
- Represente esquematicamente os vectores velocidade que deve considerar.
 - Calcule a velocidade do avião em relação ao vento.
- 3.110.** Um rio segue para o Norte com uma velocidade de 2 m.s⁻¹. Um homem rema num barco, atravessando o rio, com uma velocidade relativa à água de 3 m.s⁻¹ para Leste.
- Qual a velocidade do homem em relação à Terra ?
 - Se a largura do rio é de 1 km, qual o tempo gasto na travessia do rio ?
 - Em que ponto atingirá ele a margem oposta ?

3.111. Observa-se um barco a motor a viajar com uma velocidade de 20 km/h em relação à Terra, na direcção 37° a Norte do Leste. Se a velocidade do barco devido ao vento é de 4 km/h em direcção a Leste e a velocidade devido à corrente é 8 km/h na direcção sul, qual o módulo e a direcção da velocidade do barco devido à sua própria potência ?

3.112. É dado um sistema de coordenadas fixo relativo à Terra (supor a Terra plana e sem movimento). Considere um projectil disparado, com a velocidade de 250 m/s relativa à arma da cauda de um avião que voa a 200 m/s. Descreva o movimento do projectil:

- relativamente ao sistema de coordenadas da Terra.
- relativamente ao sistema de coordenadas ligado ao avião.
- Calcule em que ângulo deve o atirador apontar a arma, para que o projectil não tenha componente horizontal de velocidade no sistema de coordenadas fixo à Terra.

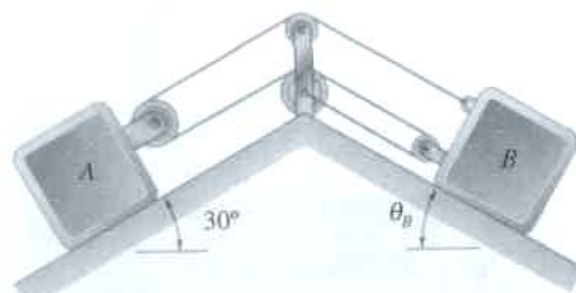
3.113. Os barcos 1 e 2 estão ancorados num rio cuja velocidade da corrente, v_c , é de 2 km/h. A distância horizontal, L , entre os dois barcos é de 500 m. Pretende-se que os barcos choquem exactamente a meio dessa distância. O motor do barco 2 confere-lhe uma velocidade máxima, em relação à corrente, de 10 km/h. O barco 2 seguirá numa direcção de 30° com o curso do rio, e o barco 1 seguirá na direcção do curso do rio. Ambos os barcos partem ao mesmo tempo.



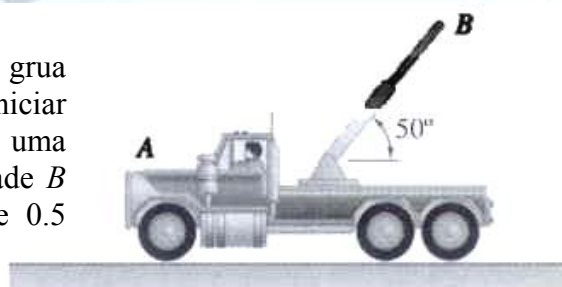
- Qual o tempo mínimo e a largura do rio para que os barcos se encontrem exactamente a meio da distância L ?
- Qual a velocidade mínima, em relação à corrente, do barco 1 para que os barcos se encontrem no local desejado ?

3.114. Um comboio viaja para Sul à velocidade de 27 m/s (relativamente ao solo). Está a cair chuva que é batida pelo vento para Sul. A trajectória de cada gota de chuva faz um ângulo de 21.6° com a vertical, quando medida por um observador em repouso. Contudo, um observador que viaje no comboio vê a chuva cair verticalmente. Determine a velocidade da chuva relativamente ao solo.

3.115. Sabendo que a velocidade do bloco B relativamente a A é $v_{B/A} = 5.6$ m/s e faz um ângulo de 70° com a horizontal, determine as velocidades de A e B .



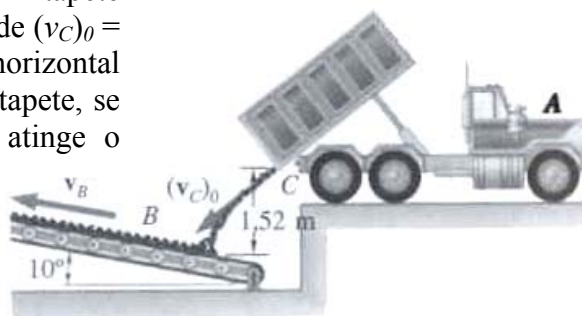
3.116. O camião ilustrado na figura possui uma grua telescópica cuja extremidade móvel é B . Ao iniciar o seu movimento de retaguarda com uma aceleração constante de 1.2 m/s^2 , a extremidade B recolhe-se com uma aceleração constante de 0.5 m/s^2 relativamente ao camião. Determine:



- a aceleração da extremidade B .
- a velocidade da extremidade B quando $t = 2$ s.

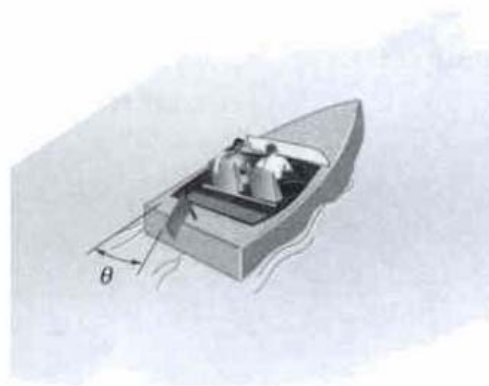
- 3.117.** Um caminhão descarrega carvão sobre um tapete transportador no ponto B com uma velocidade $(v_C)_0 = 1.83 \text{ m/s}$ fazendo um ângulo de 50° com a horizontal (ver figura). Determine a velocidade v_B do tapete, se a velocidade relativa com que o carvão atinge o tapete for:

- a) vertical.
b) tão pequena quanto possível.



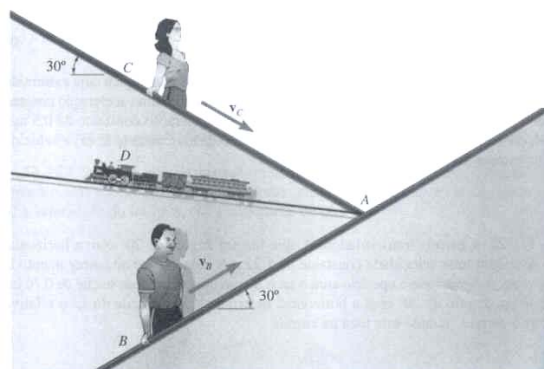
- 3.118.** Um automobilista viaja para Norte à velocidade de 25 km/h , quando observa um caminhão que se aproxima de Noroeste. Depois de reduzir a velocidade para 15 km/h , muda de rumo em direcção a Noroeste, e observa de novo o caminhão, parecendo-lhe agora que se aproxima Oeste. Considerando que a velocidade do caminhão é constante durante o período de observação, determine o módulo e a direcção da velocidade do caminhão.

- 3.119.** Quando um pequeno barco se desloca para Norte à velocidade de 5 km/h , verifica-se que a bandeira colocada na sua popa forma um ângulo $\theta = 50^\circ$ com a linha central do barco, como mostra a figura. Mais tarde, quando o barco se dirige para leste a 20 km/h , o ângulo θ é novamente de 50° . Determine a velocidade e direcção do vento.



- 3.120.** Um barco leva um tempo $t = 20 \text{ s}$ para ir de um ponto A a um ponto B situado sobre a mesma margem de um rio, se se deslocar no sentido contrário ao da corrente. Quando ele volta do ponto B ao ponto A , o barco gasta um tempo igual a $t/2$. A velocidade do barco em relação à água é constante e igual a 8 m/s . Calcule a distância AB .
- 3.121.** Quando dois automóveis se movem uniformemente em sentidos contrários sobre a mesma estrada rectilínea, eles conseguem se aproximar 9 m a cada décimo de segundo. Quando eles se deslocam no mesmo sentido e com as mesmas velocidade originais, conseguem, a cada segundo, se aproximar 10 m . Calcule as velocidades originais destes automóveis.
- 3.122.** O piloto de um avião mede a velocidade do vento relativamente ao avião. Ele verifica que o módulo desta velocidade é 25 km/h e que o ângulo formado entre a direcção da velocidade do vento em relação ao avião e a direcção do avião é de 60° . Um observador situado no solo informa o piloto, através do rádio, que a velocidade do vento relativamente ao solo tem módulo igual a 45 km/h . Determine:
- a) o módulo da velocidade do avião relativamente ao solo.
b) o ângulo formado entre a velocidade do vento e velocidade do avião, medido pelo observador situado no solo.

- 3.123.** Um armazém tem em exposição o modelo de um comboio, D , que se desloca num plano inclinado situado entre as escadas de acesso ascendente e descendente. Quando o comboio e os clientes passam pelo ponto A , acontece que um cliente, situado na escada ascendente B , tem a percepção de que o comboio se move para baixo,

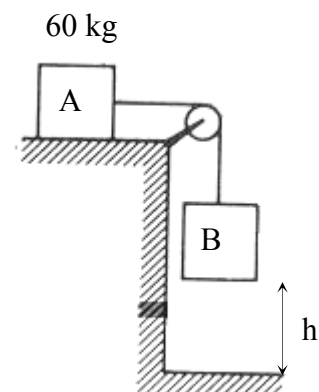


- formando um ângulo de 22° com a horizontal, enquanto para um cliente situado na escada descendente C , o comboio parece antes a mover-se para cima e para a esquerda com um ângulo de 23° com a horizontal. Sabendo que a velocidade das escadas é de 0.9 m/s , determine a velocidade e a direcção do comboio.
- 3.124.** Durante uma tempestade um automóvel desloca-se para Norte com uma velocidade de 40 km/h . Enquanto isto, observa-se, através da janela esquerda, que a trajectória das gotas de água da chuva parecem formar um ângulo de 75° com a vertical e estar direccionadas para a esquerda. Quando observadas da janela direita de um outro automóvel, que viaja para sul com a velocidade de 30 km/h , as gotas de água parecem formar um ângulo de 60° com a vertical. Se o condutor do automóvel que se desloca para Norte decidir parar, com que ângulo serão vistas as gotas cair ?

CAPÍTULO IV - DINÂMICA

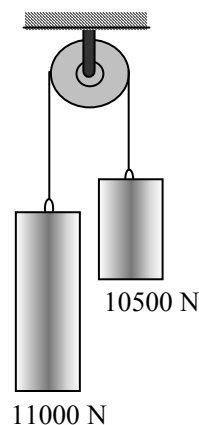
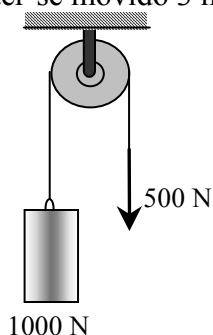
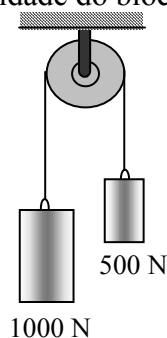
- 4.1.** Uma força F aplicada a um objecto de massa m_1 produz uma aceleração de 3.0 m/s^2 . A mesma força aplicada a um outro objecto de massa m_2 produz uma aceleração de 1.0 m/s^2 .
- Qual o valor da razão m_1/m_2 ?
 - Se os dois objectos se mantiverem em contacto, qual será o valor da aceleração do conjunto sob a acção da força F ?
- 4.2.** A massa de um astronauta é igual a 70 kg . Determine o seu peso quando estiver em repouso sobre uma balança-dinamómetro:
- na Terra.
 - na Lua.
 - em Júpiter.
 - Qual a sua massa em cada um destes locais ?
- 4.3.** Um bloco de madeira de peso 2 N , está sobre uma mesa e precisa de uma força horizontal de 0.8 N para entrar em movimento.
- Qual é o coeficiente de atrito estático entre a mesa e o bloco ?
 - Se colocarmos um peso de 5 N sobre o bloco, qual será a força necessária para o pôr em movimento ?
 - Resolva de novo *a)* admitindo agora que a força faz um ângulo de 30° com a horizontal.
- 4.4.** Um corpo de 1.0 kg encontra-se num plano inclinado que forma um ângulo de 30° com a horizontal. Qual a aceleração do corpo, se aplicarmos uma força de 8.0 N , paralela ao plano, dirigida:
- para cima.
 - para baixo.

- 4.5.** Calcule a força de atrito exercida pelo ar sobre um corpo de 0.4 kg se ele cair com uma aceleração de 9.0 m.s^{-2} .
- 4.6.** Comparada com a sua massa na Terra, um astronauta em Vénus, onde a aceleração da gravidade é 8.8 m/s^2 , teria:
- menos massa e menos peso.
 - menos massa e o mesmo peso.
 - a mesma massa e mais peso.
 - a mesma massa e menos peso.
- 4.7.** Uma força que produz uma aceleração de 1.6 m/s^2 num objecto de 2.0 kg, produziria num objecto de 8 kg uma aceleração de:
- 0.2 m/s^2 .
 - 0.4 m/s^2 .
 - 1.6 m/s^2 .
 - 6.4 m/s^2 .
- 4.8.** Um motorista circulando a uma velocidade de 72 km/h trava repentinamente e pára após derrapar 45 m. Determine:
- o tempo requerido para o carro parar.
 - o coeficiente de atrito entre o pneu e o pavimento.
- 4.9.** Um automóvel desliza 27 m numa estrada plana antes de parar. Se o coeficiente de atrito entre os pneus e o pavimento é 0.75, determine:
- a velocidade do carro antes dos travões serem aplicados.
 - o tempo necessário para o automóvel atingir o repouso.



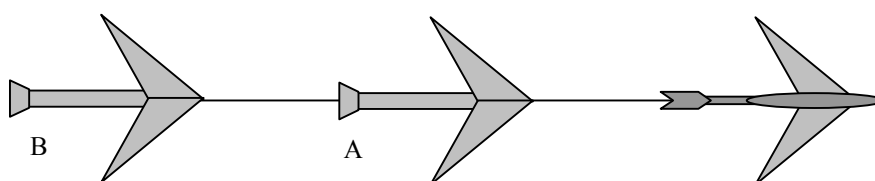
- 4.10.** O sistema representado na figura é libertado a partir do repouso. O bloco B desce com uma aceleração de 3 m/s^2 . Desprezando o efeito do atrito, determine:
- a tensão no cabo.
 - a massa do bloco B.

- 4.11.** Cada um dos sistemas representados está inicialmente em repouso. Supondo as roldanas sem peso e desprezando o atrito no eixo, determine para cada sistema:
- a aceleração do bloco A.
 - a velocidade do bloco A após 4 s.
 - a velocidade do bloco A após ter-se movido 3 m.



- 4.12.** Um automóvel de 13750 N movia-se com velocidade 72 km/h quando os travões foram aplicados, fazendo as rodas derraparem. Determine o tempo necessário para parar o automóvel:
- sobre a estrada.
 - sobre o gelo.

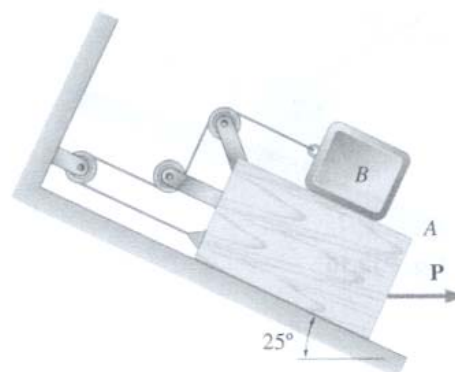
- 4.13.** Um avião de transporte vai descolar de um campo de aviação horizontal rebocando dois planadores, *A* e *B*, um atrás do outro, como se ilustra na figura. Cada planador tem a massa de 1200 kg. A força de atrito entre o avião e a pista é desprezável, mas a força de atrito entre cada planador e a pista é de 200 N. A tensão T_1 no cabo de reboque entre o aeroplano de transporte e o planador *A* não deve exceder 1000 N. Sabendo que a velocidade para descolagem é de 30 m/s, calcule:
- a tensão T_2 no cabo de reboque entre ambos os planadores, para que eles sejam acelerados para a descolagem.
 - a distância mínima a percorrer para que a descolagem se efectue.



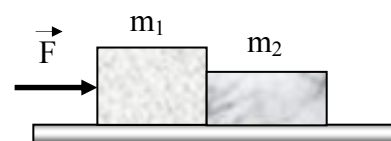
- 4.14.** Um cubo de gelo desliza ao longo de um plano inclinado, demorando o dobro do tempo que levaria a percorrer o mesmo espaço se deslizesse sem atrito. Exprima, em função do ângulo de inclinação α o coeficiente de atrito cinético.
- 4.15.** Um bloco de massa 0.2 kg sobe um plano inclinado que faz um ângulo de 30° com a horizontal. Se no início do plano inclinado tiver uma velocidade de 12 m.s^{-1} e o coeficiente de atrito cinético for de 0.16, determine:
- a altura a que o bloco sobe.
 - qual a velocidade do bloco quando (e se) voltar a passar pela base do plano.

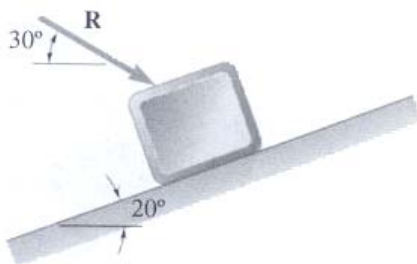
- 4.16.** Os blocos *A* e *B* têm, respectivamente, as massas de 40 kg e 8 kg. Os coeficientes de atrito entre as superfícies em contacto são $\mu_e = 0.20$ e $\mu_c = 0.15$.

- Se $P = 0$ determine:
 - a aceleração do bloco *B*.
 - a tensão na corda.
- Se $P = 40 \text{ N}$ determine:
 - a aceleração do bloco *B*.
 - a tensão na corda.



- 4.17.** Dois blocos estão em contacto sobre uma mesa plana sem atrito. Uma força horizontal é aplicada a um dos blocos conforme indicado na figura.
- Se $m_1 = 3.0 \text{ kg}$, $m_2 = 2.0 \text{ kg}$ e $F = 6 \text{ N}$, determine a força de contacto entre os dois blocos.
 - Suponha que a força F seja aplicada a m_2 , ao invés de m_1 . Obtenha o módulo da força de contacto entre os corpos.

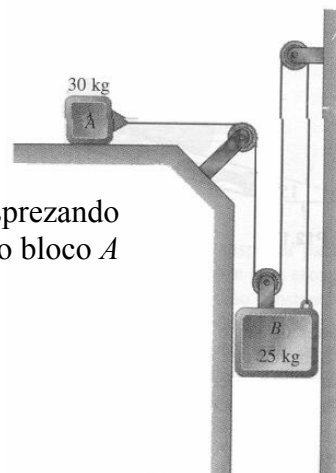




4.18. Uma embalagem com 20 kg está em repouso num plano inclinado quando sofre a acção de um força R . Sabendo que são necessários 10 s para a embalagem subir 5 m no plano, determine a intensidade de R . Os coeficientes de atrito estático e cinético entre a embalagem e o plano são 0.4 e 0.3, respectivamente.

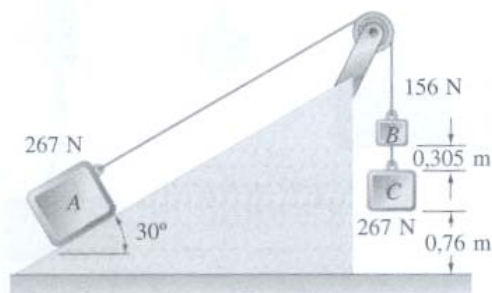
4.19. Os dois blocos ilustrados estão inicialmente em repouso. Desprezando a massa das roldanas e o efeito do atrito nos seus eixos e entre o bloco A e a superfície horizontal, determine:

- a aceleração de cada bloco.
- a tensão na corda.



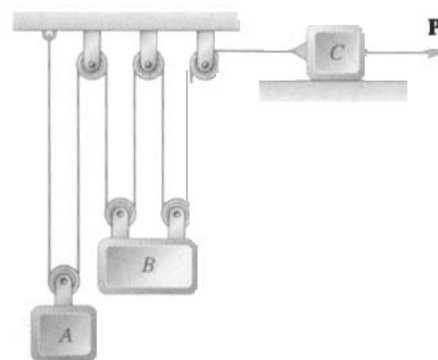
4.20. Os coeficientes de atrito entre a embalagem A e o plano inclinado são $\mu_e = 0.35$ e $\mu_c = 0.30$. Sabendo que o sistema está inicialmente em repouso e que o bloco B atinge o repouso sobre o bloco C , determine:

- a velocidade máxima alcançada pela embalagem A .
- a distância percorrida pela embalagem sobre o plano antes de atingir o repouso.



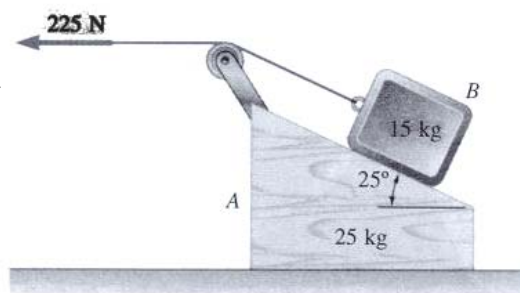
4.21. Os coeficientes de atrito entre o bloco C e a superfície horizontal são $\mu_e = 0.30$ e $\mu_c = 0.20$. As massas dos três blocos são $m_A = 8$ kg, $m_B = 16$ kg e $m_C = 10$ kg. Sabendo que os blocos estão inicialmente em repouso e que, em seguida, o bloco B se move 2 m para baixo durante 0.8 s, determine:

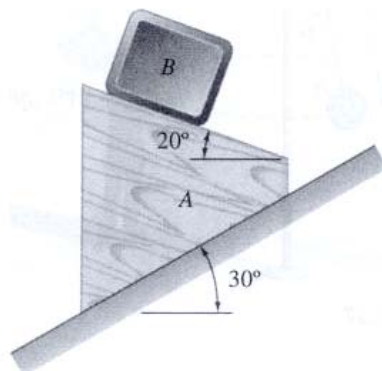
- a aceleração de cada bloco.
- a tensão na corda.
- a força P . Despreze o efeito da massa das roldanas e do atrito nos eixos.



4.22. Um bloco B de massa 15 kg está apoiado sobre o bloco A com 25 kg e está ligado a uma corda que está sujeita a uma força horizontal de 225 N, indicada na figura. Desprezando o atrito, determine:

- a aceleração do bloco A .
- a aceleração de B relativamente a A .

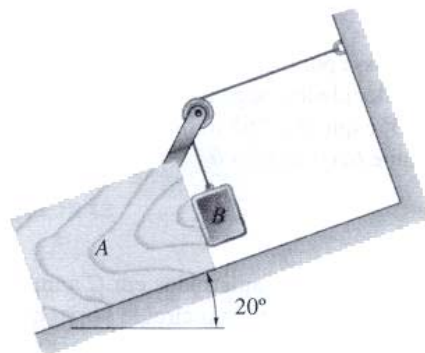




4.23. Um bloco B com 10 kg está em repouso sobre a superfície superior de uma cunha com 22 kg. Sabendo que o sistema é libertado do repouso, determine, ignorando o atrito:

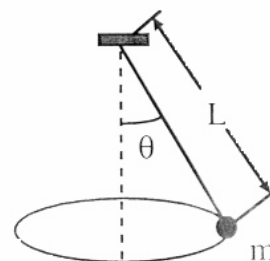
- a aceleração do bloco B .
- a velocidade do bloco B relativamente a A , quando $t = 0.5$ s.

4.24. Um bloco A com 22.7 kg está em repouso sobre uma superfície inclinada, e o contrapeso B com 13.6 kg está ligado ao cabo como se mostra. Desprezando o atrito, determine a aceleração de A e a tensão no cabo imediatamente após o sistema ser libertado do repouso.



4.25. Uma pequena bola de massa $m = 5$ kg é posta a girar numa circunferência horizontal, como se mostra na figura. Sabendo que a máxima tensão permitida na corda é de 100 N, determine:

- a máxima velocidade permitida se $L = 2$ m.
- o valor correspondente ao ângulo θ .



4.26. Uma bola, de massa 0.3 kg, desloca-se num pavimento perfeitamente liso. A bola desloca-se com uma velocidade de módulo 1.5 m.s^{-1} na direcção e sentido do semi-eixo positivo dos yy e, ao passar pela origem, fica sujeita a uma única força constante de módulo 1.5 N na direcção e sentido do semi-eixo positivo dos xx . Determine:

- as equações $x = x(t)$ e $y = y(t)$ da posição da bola.
- a equação da trajectória.
- o vector posição.
- o vector velocidade.
- o valor do módulo da velocidade no instante $t = 1.0$ s.
- o vector aceleração.
- o valor da aceleração normal e da aceleração tangencial no instante $t = 1.0$ s.

4.27. As coordenadas de posição de uma partícula são:

$$x = t^2 \quad \text{e} \quad y = (t + 2)^2 \text{ (SI)}$$

Calcule para $t = 1.0$ s:

- o valor da aceleração tangencial.
- o valor da aceleração normal.

4.28. Uma partícula de massa $m = 3$ kg move-se no plano xy sob a acção de uma força dada por:

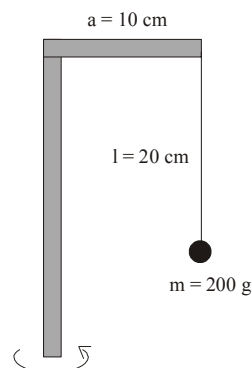
$$\vec{F} = 6t^2 \hat{i} + 4t \hat{j} \text{ (N)}$$

- Supondo-se que a partícula esteja em repouso na origem, no instante $t = 0$, obter expressões para os vectores aceleração, velocidade e posição em função do tempo.
- Esboçar a trajectória da partícula.
- Achar o módulo e a direcção da velocidade no instante $t = 3$ s.

4.29. Calcular a velocidade angular, a velocidade linear e a aceleração centrípeta da Lua, considerando que a Lua leva 28 dias para fazer uma revolução completa, e que a distância da Terra à Lua é 38.4×10^4 km.

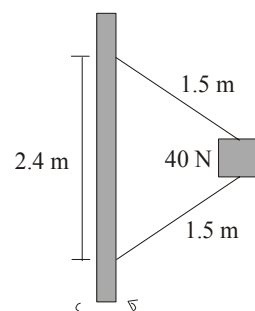
4.30. Considere a figura ao lado.

- A quantas rotações por minuto deve a aparelho rodar em torno do eixo vertical para que o cordão faça um ângulo de 45° com a vertical ?
- Qual é, nesse caso, a tensão na corda ?
- Achar o ângulo θ que o cordão faz com a vertical se o sistema girar a 1.5 rpm ? (Escrever a equação geral que relaciona o ângulo θ com o número de rotações por segundo, n , os comprimentos a e l , e a aceleração da gravidade, g . Calcular por tentativas o ângulo θ que satisfaz esta equação.



4.31. Um bloco de 40 N é preso a uma barra vertical por meio de duas cordas. Quando o sistema gira em torno da barra, as cordas distendem-se, como indica a figura.

- Quantas rotações por minuto deve o sistema realizar para que a tensão na corda superior seja de 75 N ?
- Nesse caso, qual a tração na corda inferior ?



4.32. Um balde de água, preso a uma corda, descreve uma circunferência vertical de 1.2 m de raio. Qual deve ser a velocidade mínima do balde no ponto mais alto para que não caia água ?

Estática

4.33. Um bloco, com um peso de 6 N, é empurrado numa superfície horizontal com o auxílio de uma vara, que faz um ângulo de 30° com a horizontal, por uma força de 6 N.

- Qual é a força total exercida perpendicularmente sobre a superfície ?
- Qual a força exercida paralelamente à superfície ?

4.34. Um bloco de pedra com 10 N de peso encontra-se num plano inclinado com 2 m de altura e 5 m de comprimento, fixo por um obstáculo. Qual a força exercida pelo bloco:

- No plano ?
- No obstáculo ?

4.35. Dadas três forças, $\vec{F}_1 = 500\hat{i}$ N, $\vec{F}_2 = 0\hat{i} - 200\hat{j} + 100\hat{k}$ N e $\vec{F}_3 = -100\hat{i} + 50\hat{j} - 400\hat{k}$ N. Determine a magnitude e direcção da força resultante.

4.36. Duas forças paralelas, e com o mesmo sentido, estão a uma distância de 20 cm. Se uma das forças tem uma intensidade de 13 N e a força resultante se encontrar a uma distância de 8 cm da outra força, calcule:

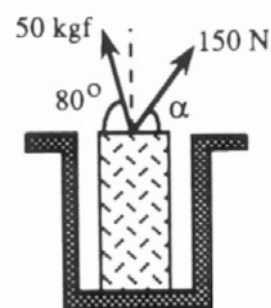
- a magnitude da força resultante.
- a magnitude da outra força.

4.37. Três forças cuja soma é zero actuam numa partícula. Uma força está dirigida segundo a direcção Este e tem uma intensidade de 3 N. Uma outra força está dirigida segundo a direcção Norte e tem uma intensidade de 5.2 N. Qual é a direcção e a intensidade da terceira força ?

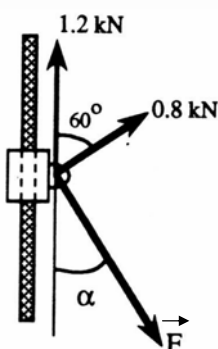
4.38. Um sistema está em equilíbrio sob a acção de três forças aplicadas no ponto (1,1). O módulo de uma das três forças é dado por: $F_1 = 10$ N e uma segunda força possui módulo igual a 20 N. O ângulo entre estas duas forças vale 60° . Calcule o módulo da terceira força de modo que o sistema se mantenha em equilíbrio sob acção das três forças.

4.39. Considere as forças: $\vec{F}_1 = \hat{i} + \hat{j}$; $\vec{F}_2 = -\hat{i} + \hat{j}$; $\vec{F}_3 = 2\hat{i} - 3\hat{j}$. Determine qual será a força \vec{F}_4 necessária para que o sistema permaneça em equilíbrio estático. Considere todas as forças aplicadas no mesmo ponto.

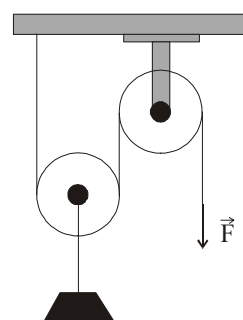
4.40. Um adulto e uma criança pretendem retirar um objecto de uma cavidade, de modo que aquele não toque nas paredes desta. O adulto puxa com uma força de 50 kgf segundo um ângulo de 80° com a horizontal. A criança exerce uma força de 150 N. Qual o ângulo que a força exercida pela criança deve fazer com a horizontal ?



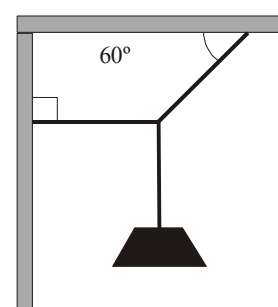
4.41. Um colar que pode deslizar ao longo duma haste vertical, está submetido às três forças ilustradas. A direcção da força \vec{F} pode variar. Se possível, determine a direcção da força \vec{F} para que a resultante das três forças seja horizontal, sabendo que a intensidade de \vec{F} é:
a) 2.4 kN.
b) 1.4 kN.



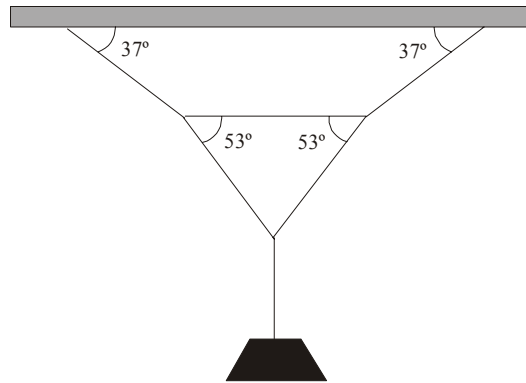
4.42. Um homem segura um peso P puxando a corda com uma força \vec{F} (ver figura ao lado). A roldana de cima está presa ao tecto por uma corrente; a de baixo está presa ao peso por uma outra corrente. Se $P = 40$ N, achar a tensão em cada corrente e a força F de forma a o sistema se encontrar em equilíbrio. Supor que os pesos das cordas, roldanas e correntes são desprezáveis.



4.43. Na figura ao lado o peso do bloco suspenso é de 50 N.
a) Achar a tensão em cada corda.
b) Calcule novamente as tensões em cada corda no caso de o ângulo ser de 45° .

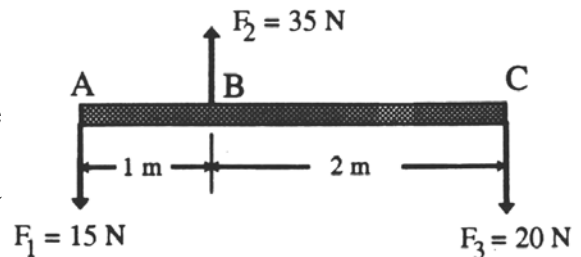


4.44. Calcule as tensões em cada corda da figura, caso o peso do bloco suspenso seja de 200 N.

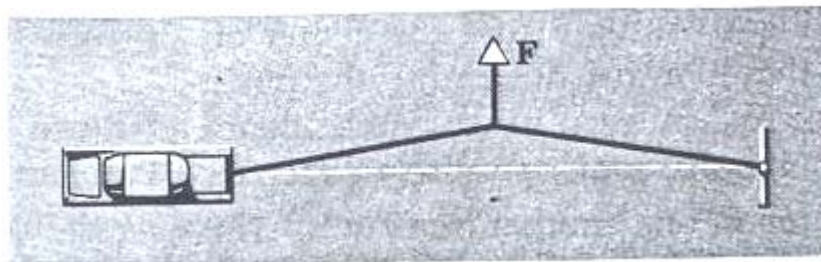


4.45. A barra AC tem peso desprezável.

- Mostre que uma das condições de equilíbrio é cumprida mas a outra não.
- Em que ponto se deverá aplicar a força \vec{F}_2 para que o sistema fique em equilíbrio.

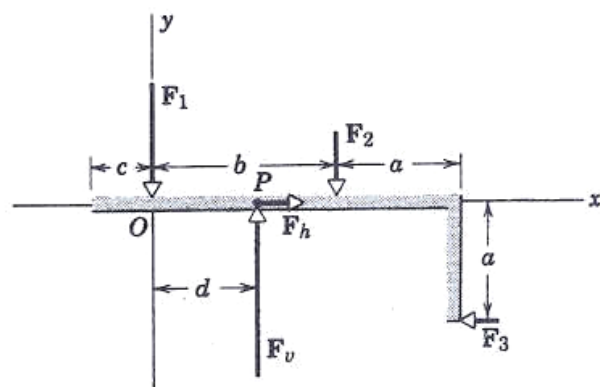


4.46. Na figura ao lado, um homem tenta retirar o seu carro (avariado) da via de uma estrada. Ele prende firmemente a ponta de uma corda no pára-choques dianteiro e a outra ponta a um poste telefónico a 18 m de distância. Então, ele empurra transversalmente a corda, no seu ponto central com uma força de 700 N deslocando o centro da corda 30 cm relativamente à sua posição inicial. O carro está prestes a mover-se. Que força a corda exerce no carro? (a corda distende-se um pouco sob tensão).

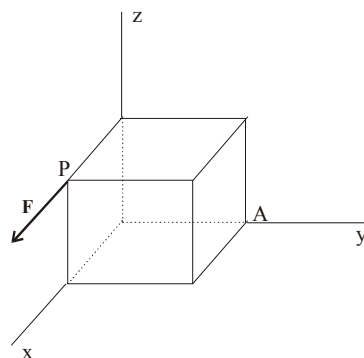


4.47. As forças \vec{F}_1 , \vec{F}_2 e \vec{F}_3 agem na estrutura da figura, como está indicado. Deseja-se colocar a estrutura em equilíbrio, aplicando no ponto P uma força cujos componentes vectoriais são: \vec{F}_h e \vec{F}_v . São fornecidos os valores $a = 2.0 \text{ m}$; $c = 1.0 \text{ m}$, $|\vec{F}_1| = 20 \text{ N}$, $|\vec{F}_2| = 10 \text{ N}$ e $|\vec{F}_3| = 5 \text{ N}$. Determine:

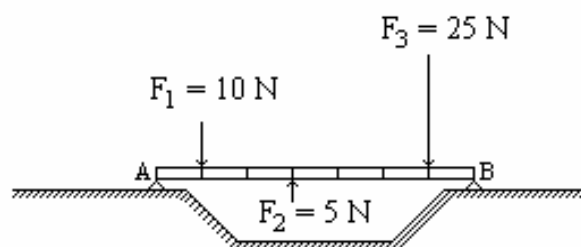
- \vec{F}_h e \vec{F}_v ;
- d .



- 4.48. Supondo que se aplica uma força de intensidade 3.0 N no ponto P , vértice de um cubo de lado 2.0 m, e paralelamente a uma aresta, calcular o vector momento dessa força em relação ao vértice oposto, A , num sistema de eixos $Oxyz$, como indicado na figura.



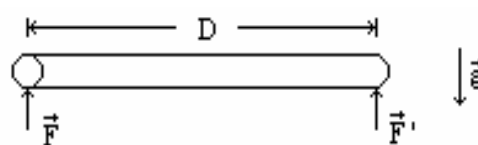
- 4.49. Calcule a magnitude e a posição da resultante do sistema de forças representado na figura. Determine também as forças em A e B para balançar as outras forças. Cada segmento tem 10 cm.



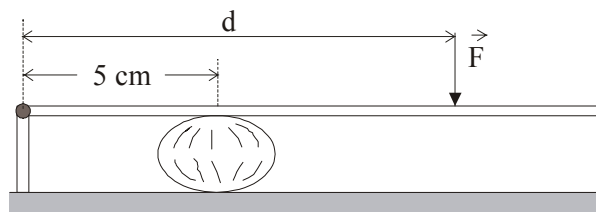
- 4.50. Considere uma barra homogênea de comprimento $D = 10$ m e sujeita às forças \vec{F} e \vec{F}' , aplicadas nas extremidades. Sabendo que $|\vec{F}| = 1.0$ N, $|\vec{F}'| = 3.0$ N e $g = 9.8$ m/s², calcule a intensidade, o sentido e o ponto de aplicação da

força \vec{X} que mantém a barra horizontal, se:

- a barra não tem peso.
- a barra tem peso $P = 4.0$ kgf.



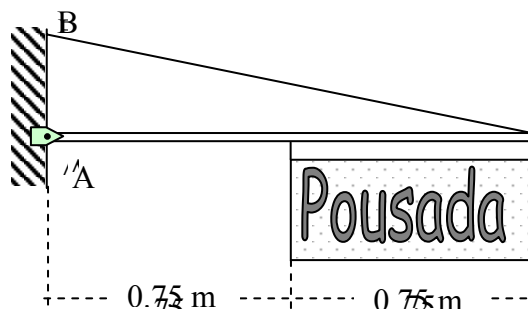
- 4.51. Supondo que a noz suporta, sem quebrar, uma força de 2000 N, a que distância mínima da articulação, d , se deve aplicar a força F de 250 N?



- 4.52. Uma régua está apoiada sobre uma parede vertical sem atrito. A outra extremidade da régua está apoiada sobre um piso horizontal. O coeficiente de atrito estático entre a régua e o piso é 0.5. Calcule o maior ângulo que a régua pode fazer com a parede sem que ocorra escorregamento da régua.

- 4.53. O letreiro de uma pousada pesa 400 N. A barra que o suporta tem de massa 20 kg e o sistema é mantido por um cabo que não pode submeter-se a uma tensão superior a 1200 N.

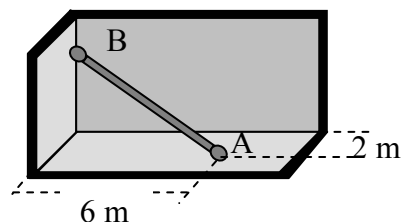
- Qual é a distância mínima possível entre os pontos A e B ?
- Qual é, nestas condições, o módulo e a direcção da força exercida sobre a barra suporte em A ?



- 4.54. Um veleiro ($M_{\text{veleiro}} = 5.0$ toneladas), tem o seu centro de gravidade localizado num ponto G , sobre o eixo de simetria. A direcção do mastro coincide com a direcção do eixo de simetria. O mastro encontra-se na posição vertical quando o centro de gravidade da

carga ($m_{\text{carga}} = 500 \text{ kg}$) que o veleiro transporta se encontra sobre o eixo de simetria. Quando centro de gravidade da carga se desloca em relação ao eixo de simetria do veleiro, este roda em torno de um ponto O localizado 0.8 m acima do ponto G . Determine qual o deslocamento do centro de massa da carga que dá origem a uma rotação do veleiro de 5.0° .

- 4.55.** Uma haste muito fina com a massa de 200 kg e o comprimento de 7.00 m está encostada no solo e numa parede vertical, como se mostra na figura. Desprezando o atrito entre a haste e a parede vertical, calcule as forças exercidas pelo solo e pela parede nas extremidades A e B da haste.



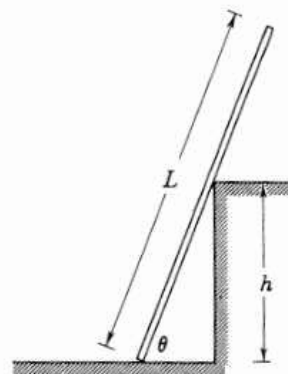
- 4.56.** A massa de um automóvel é de 2 toneladas e a distância entre os eixos é igual a 3.50 m . O centro de massa do automóvel está situado a 1.20 m atrás do eixo dianteiro. Suponha que todas as rodas do automóvel são idênticas. Determine a força exercida pelo solo sobre cada uma das rodas (despreze a largura do automóvel):

- dianteiras.
- traseiras.

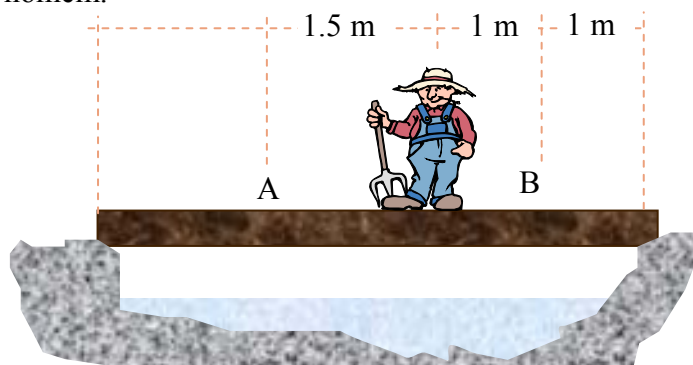
- 4.57.** Uma porta tem 2.3 m de altura, 0.85 m de largura e massa igual a 25 kg . Duas dobradiças distantes 0.35 m , uma da parte superior e a outra da parte inferior, suportam, cada qual, metade do peso da porta. Suponha que o centro de gravidade coincida como o centro geométrico da porta e determine as componentes horizontal e vertical das forças exercidas por cada dobradiça sobre ela.

- 4.58.** Uma escada de 40 kg e de comprimento igual a 8 m repousa no solo e sobre um rolamento (não ilustrado), sem atrito, no topo de um muro de altura $h = 3 \text{ m}$. O centro de gravidade da escada coincide com o seu centro geométrico. Ela permanece em equilíbrio para qualquer valor do ângulo $\theta = 70^\circ$. Mas escorrega se $\theta < 70^\circ$.

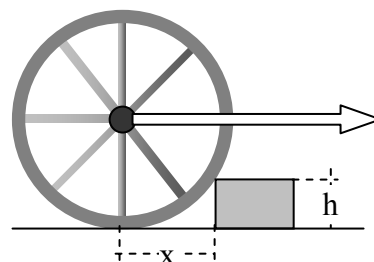
- desenhe um diagrama que mostre todas as forças que actuam na escada.
- Determine o coeficiente de atrito estático entre a prancha e o solo.



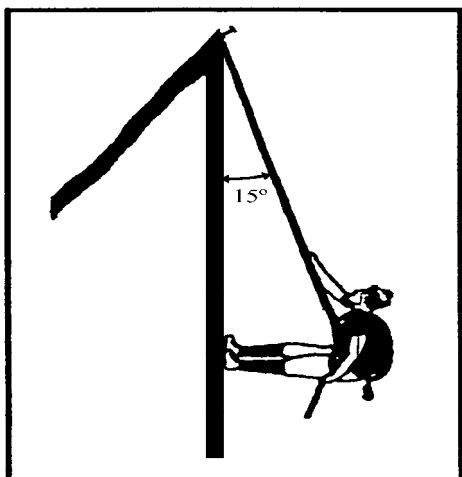
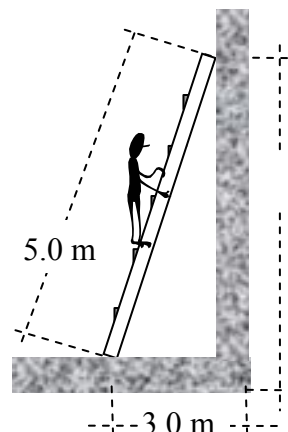
- 4.59.** Um homem de 90 Kg está de pé sobre uma prancha de madeira de 5 m de comprimento. O homem foi substituído por duas pessoas que se colocaram nos pontos A e C . Determine o peso das duas pessoas sabendo que o seu efeito sobre a prancha é equivalente ao efeito provocado pelo homem.



- 4.60. Uma roda de massa M e raio R permanece em repouso sobre uma superfície horizontal, encostada a um degrau de altura h ($h \ll R$). Que força F é necessário aplicar para que a roda suba o degrau ?

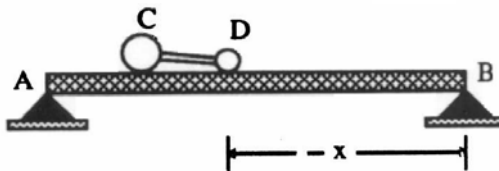


- 4.61. Um homem ($M_{homem} = 80$ kg) sobe uma escada ($L = 5$ m; $m_{escada} = 20$ kg) que está encostada a uma parede, com se mostra na figura. Admita que os coeficientes de atrito entre a escada e a parede e entre a escada e o chão são, respectivamente: $\mu_{parede} = 0.4$ e $\mu_{chão} = 0.6$. Verifique se o homem pode subir a escada em segurança, ou qual é a altura máxima a que pode subir em segurança.

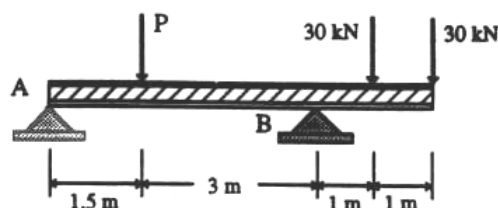


- 4.62. A figura ao lado mostra uma técnica de descida usada pelos montanhistas para descer faces rochosas verticais. O montanhista senta-se numa cadeira de cordas e a corda de descida passa através de um dispositivo de atrito preso a esta cadeira. Supor que a rocha é perfeitamente lisa e que os pés do montanhista a empurram horizontalmente. Se o peso do montanhista for de 800 N achar a tensão na corda e a força que os pés exercem na face rochosa.

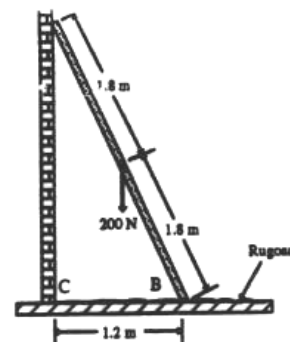
- 4.63. A barra AB tem 1.2 m de comprimento e peso desprezível. As esferas C e D (40 e 20 kg respectivamente), ligadas pela haste CD , estão apoiadas sobre ela. A distância entre os centros das esferas é 0.3 m. Calcular a distância x tal que a reacção em B seja metade da reacção em A .



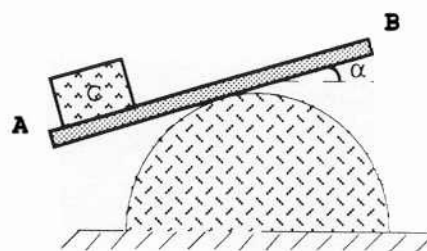
- 4.64. Desprezando o peso da viga determine a faixa de valores de P , para os quais a viga é segura, sabendo que o máximo valor permissível para cada uma das reacções é 150 kN e que a reacção em A é dirigida para cima.



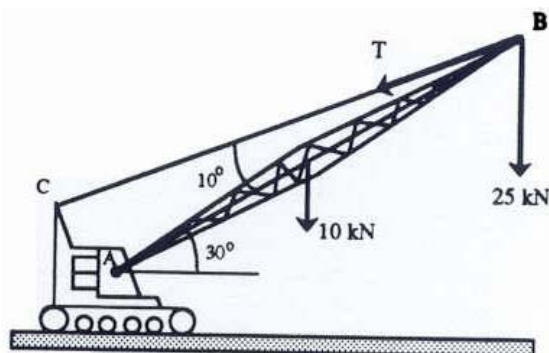
- 4.65. Uma escada de 3.6 m e pesando 200 N, apoia-se contra uma parede vertical lisa. A extremidade inferior da escada repousa sobre a superfície rugosa mostrada, a 1.2 m da parede. Determine as reacções em ambas as extremidades.



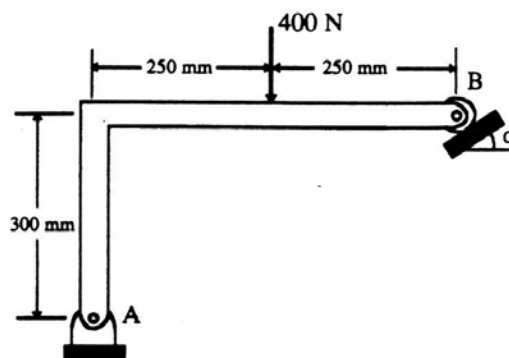
- 4.66. Sobre a superfície cilíndrica representada na figura que se segue, é colocada uma tábua homogênea AB , de massa M , ficando em equilíbrio na posição horizontal. Sobre o extremo A da tábua, fixa-se um pequeno corpo C de massa m e a nova posição de equilíbrio é alcançada quando a direcção da tábua faz um ângulo α com a horizontal. Determine o coeficiente de atrito estático entre a tábua e a superfície, em função do maior ângulo α , para o qual não há escorregamento.



- 4.67. A lança do guindaste AB , de 12 m, pesa 10 kN. A distância do eixo A ao centro de gravidade G da haste é de 6 m. Para a posição ilustrada, determine a tracção T no cabo e a reacção em A .



- 4.68. Determine o valor de α para o qual a reacção em B é mínima. Quais as correspondentes reacções em A e B ?

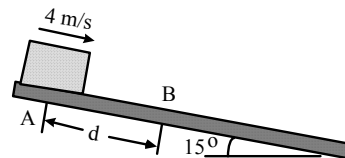


CAPÍTULO V - TRABALHO E ENERGIA

- 5.1. Uma pedra de 40 N de peso é solta de uma altura h e atinge o solo com a velocidade de 22.5 m/s.
- Calcule a energia cinética da pedra quando atinge o solo e a altura h da qual foi solta.
 - Resolva a alínea anterior supondo que a mesma pedra foi solta na Lua (a aceleração da gravidade na Lua é de 1.593 m/s^2).

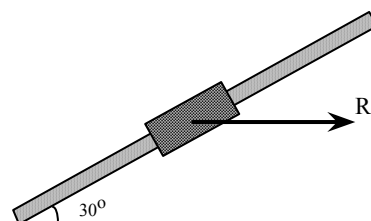
- 5.2.** Uma caixa de 5 kg é arremessada para baixo num plano inclinado com velocidade inicial de 4 m/s. Sabendo que o coeficiente de atrito entre a caixa e o plano é de 0.35, determine por dois métodos diferentes:

- a) a velocidade da caixa após ter percorrido 3 m.
b) a distância percorrida pela caixa até atingir o repouso.



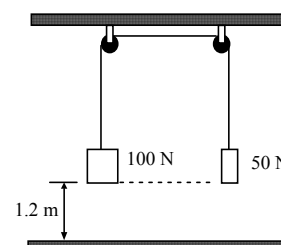
- 5.3.** Um corpo com 10 g de massa cai de uma altura de 3 m sobre um monte de areia e penetra 3 cm na areia antes de parar. Qual a força média exercida pela areia sobre o corpo ?

- 5.4.** O colar de 3 kg, representado na figura, movia-se para baixo ao longo da barra, com velocidade de 3 m/s, quando uma força horizontal \vec{R} foi aplicada no colar. Supondo um coeficiente de atrito de 0.20 entre o colar e a barra, determine por dois métodos diferentes o módulo da força, R, se o colar parar após percorrer 1 m para baixo ao longo da barra.

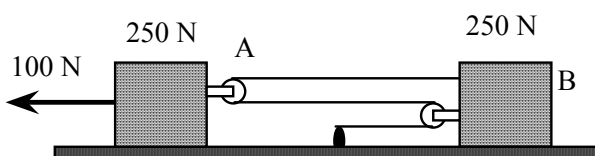


- 5.5.** Dois cilindros estão suspensos por dois cabos inextensíveis, como ilustrado na figura. Se o sistema é libertado do repouso, determine:

- a) a velocidade máxima alcançada pelo cilindro de 50N.
b) a altura máxima acima do piso que o cilindro de 50N atingirá.

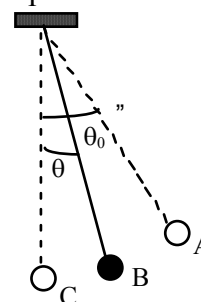


- 5.6.** O sistema ilustrado na figura está em repouso quando uma força de 100 N é aplicada ao bloco A. Determine a velocidade do bloco A após ter percorrido 2.7 m, considerando que o coeficiente de atrito entre o bloco e o plano horizontal é de 0.20.

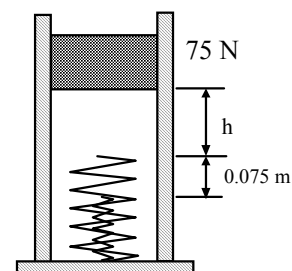


- 5.7.** Uma bola de peso P é libertada sem velocidade da posição A e oscila num plano vertical, presa na extremidade de uma corda de comprimento l . Determine:

- a) a componente tangencial da aceleração na posição B em função do ângulo θ .
b) a velocidade na posição B em função de θ , θ_0 e l .
c) a tensão na corda em função de P e θ_0 quando a bola passa na posição mais baixa, C.
d) o valor de θ_0 se a tensão na corda for $T = 2P$ quando a bola passa pela posição C.

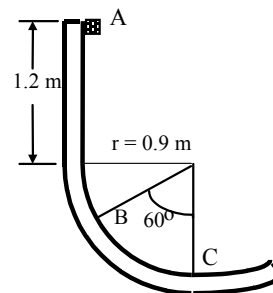


- 5.8.** Um êmbolo de 75 N é libertado do repouso na posição ilustrada na figura e é parado por duas molas, uma no interior da outra. A constante elástica da mola externa é de 4×10^3 N/m e a constante elástica da mola interna é de 12×10^3 N/m. Se a máxima deformação da mola externa observada for de 0.125 m, determine a altura h da qual o êmbolo foi libertado.



5.9. Uma pequena caixa de 2.5 N é libertada do repouso em A e desliza sem atrito ao longo da superfície ilustrada na figura. Determine a força exercida pela superfície sobre a caixa quando ela passa:

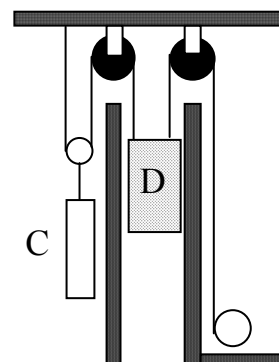
- pelo ponto B.
- pelo ponto C.



5.10. A carga máxima que um dado elevador industrial pode elevar é 300 kN a uma velocidade de 1.2 m/min. Sabendo que a potência do motor é de 11.25 kW, determine o rendimento total.

5.11. O elevador D e o seu contrapeso C pesam 3750 N cada um.

- Determine a potência requerida quando o elevador:
 - se move para cima com velocidade constante de 0.36 m/s.
 - tem uma velocidade de 0.36 m/s para cima e uma aceleração também para cima, de 0.90 m/s^2 .
- Determine a aceleração do elevador sabendo que o motor fornece ao sistema 6.75 kW no instante em que a velocidade do elevador é de 3.6 m/s para cima.



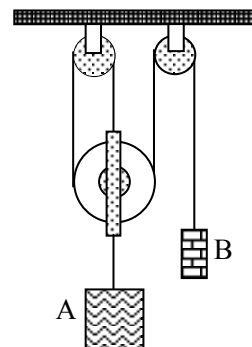
5.12. Dois carros, A e B, entram numa corrida, numa pista horizontal e recta, de 2000 m de comprimento. O carro A, de 1200 kg de massa, parte com 5.0 segundos de avanço sobre o carro B. Cada condutor mantém constante a aceleração do seu carro durante os primeiros 10 segundos do movimento. Depois, terá de manter constante, a leitura do velocímetro carregando no acelerador apenas o suficiente para anular as perdas por atrito. O carro A atinge a velocidade de 144 km/h ao fim dos 10 primeiros segundos de movimento. O carro B, depois de atingir a velocidade constante, percorre o espaço entre duas marcas da pista, distantes de 100 m, em 2.0 segundos.

- Calcule:
 - a aceleração de cada carro durante o percurso.
 - o intervalo de tempo que decorre entre a chegada à meta dos dois carros.
- Determine o coeficiente de atrito entre o carro A e a estrada, sabendo que, se durante o período em que a sua velocidade é constante, o condutor deste carro tirasse o pé do acelerador, sem travar, o carro pararia ao fim de 400 m (considere que todo o atrito durante o movimento do carro é com a estrada).
- Admitindo que 40% da energia consumida pelo motor do carro A é perdida por atrito, determine a potência desenvolvida por aquele motor, no instante em que o carro atinge a velocidade máxima.
- Considere agora que a pista de 2000 m é não rectilínea, mas circular de 400 m de raio. Calcule a aceleração de A, no período em que o velocímetro indica 144 km/h.

5.13. Um automóvel de 1500 kg viaja 200 m, numa estrada horizontal, enquanto é acelerado uniformemente de 50 a 75 km/h. Considere que, nesta estrada, a resistência ao rolamento é igual a 2% do peso do automóvel. Determine:

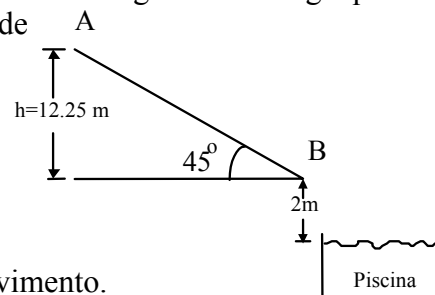
- a potência máxima desenvolvida.

- b) a potência necessária para manter, após a aceleração, uma velocidade constante de 75 km/h.
- 5.14. Um pequeno bloco é libertado em A com velocidade nula e move-se, como se mostra na figura, sem atrito, em direcção ao ponto B onde abandona a guia com velocidade horizontal. Sabendo que $h = 2.40$ m e $b = 0.9$ m, determine:
- a) a velocidade do bloco ao atingir o solo em C
 - b) a distância horizontal percorrida até embater no solo.



- 5.15. O bloco A de 100 kg está ligado ao contrapeso B de 25 kg pelo cabo mostrado na figura.
- Se o sistema é libertado a partir do repouso, determine:
 - 1) a tensão no cabo.
 - 2) a velocidade de B após 3 s.
 - 3) a velocidade de A após ter-se movido 1.2 m.
 - Resolva de novo as alíneas a.2) e a.3), usando outro processo.

- 5.16. Um banhista prepara-se para entrar numa piscina descendo ao longo do escorrega que se mostra na figura. O banhista parte de A com velocidade nula e o coeficiente de atrito entre os calções de banho e o escorrega é de 0.2. O percurso entre A e B demora 2.5 s a ser percorrido.



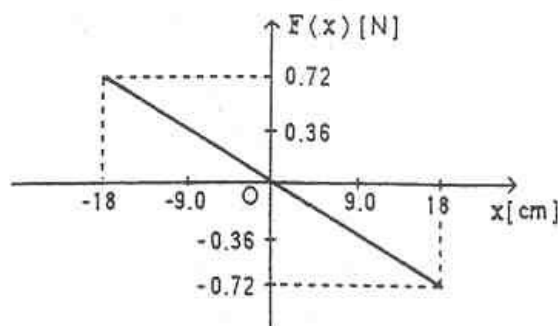
- Calcule a velocidade com que o banhista atinge o ponto B:
 - 1) Usando o Teorema do Trabalho e Energia.
 - 2) Usando o Teorema do Impulso e Quantidade de Movimento.
- A que distância do bordo C da piscina é que ele penetra na água?
- A velocidade com que o banhista chega a B é independente da sua massa. Diga, justificando, em que condições é que esta afirmação é verdadeira.

CAPÍTULO VI- MOVIMENTO OSCILATÓRIO

- 6.1. Um corpo vibra com movimento harmónico simples com uma amplitude de 12 cm e frequência de 4 vibrações por segundo. Calcular:
- A aceleração e velocidade máximas.
 - A aceleração e velocidade quando o deslocamento é de 6 cm.
 - O tempo necessário para se afastar do equilíbrio até um ponto situado a 8 cm dessa distância.

- 6.2. Uma partícula de 2.5 g de massa move-se, segundo Ox (entre os pontos $x = -18$ cm e $x = 18$ cm), sob a acção de uma força $\vec{F} = F(x)\hat{i}$ (N). A lei de variação de $F(x)$ com a coordenada da partícula está representada graficamente na figura ao lado.

- Dê exemplos de sistemas físicos que realizem a descrição apresentada.
- Sabendo que, no instante inicial a partícula se encontrava no ponto de abscissa $x = 18$ cm, determine:
 - 1) a expressão do vector posição, $r(t)$ e da velocidade, $v(t)$. Trace o gráfico de $v(t)$ em função do tempo, no intervalo $[0, T/2]$, onde T representa o período do movimento.
 - 2) o trabalho realizado pela força $F(x)$ quando a partícula se desloca entre os pontos $x = 0$ e $x = 18$ cm. Verifique



que este trabalho, é igual à variação da energia cinética da partícula, quando esta se desloca entre as posições referidas.

6.3. Deduza a equação do pêndulo simples para pequenas oscilações, a partir da equação fundamental da dinâmica.

6.4. Um pêndulo está acoplado a uma mola de constante elástica k . Determine a frequência e a equação do movimento do pêndulo, para oscilações iniciais arbitrárias, considerando a aproximação $\sin(x) \approx x$.

