



(Todos os problemas devem ser resolvidos recorrendo às Leis de Newton)

1. A estátua do Cristo Rei, em Almada, tem uma altura de 110 m e uma massa estimada em 40 mil toneladas. A Terra por sua vez tem uma massa de  $5,97 \times 10^{24}$  kg.



a) Explique por que não é necessário conhecer-se, com muita precisão, o centro de massa do Cristo Rei, para determinar com bastante rigor a intensidade da força gravítica que a Terra exerce no monumento. Determine esse valor usando a expressão da Lei da Gravitação Universal. ( $3.93 \times 10^8$  N)

b) A intensidade da força gravítica que a Terra exerce, no seu satélite natural, é cerca de meio bilião de vezes maior que a intensidade da força determinada na alínea anterior. Sabendo que o centro de massa da Lua se encontra a uma distância média de 384 400 km, do centro de massa da Terra, determine a relação entre as massas dos dois astros. (81.9)

2. Duas partículas encontram-se localizadas na direção do eixo  $x$ . A partícula 1 com uma massa  $m$  encontra-se localizada na origem do sistema de eixos. A partícula 2 com massa  $2m$  encontra-se localizada no ponto  $x = +L$ . Uma terceira partícula é colocada entre a partícula 1 e 2.

a) Em que posição, na direção  $x$ , deve ser colocada, de tal modo que a resultante das forças de interação gravítica sobre ela seja nula. (0.414  $L$ )

b) Em que posição, na direção  $x$ , deve ser colocada esta partícula para que a magnitude da força de interação gravitacional nas partículas 1 e 2 duplique? (0.414  $L$ )

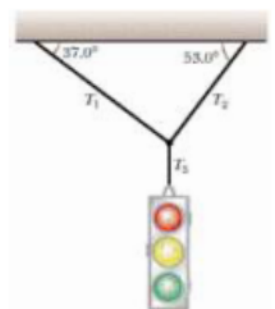
3. Considere as seguintes situações:

a) Interação elétrica vs. Interação gravitacional no átomo de H: A distância média entre o eletrão e o próton no átomo de hidrogénio, no estado fundamental, é de  $5.3 \times 10^{-11}$  m. Compare a força de interação gravitacional com a força de interação elétrica, entre o eletrão e o próton de  $^1\text{H}$ .

b) Fazer uma estimativa da velocidade do eletrão relativamente ao seu núcleo, quando está no estado fundamental.

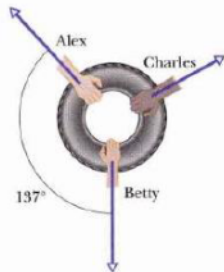
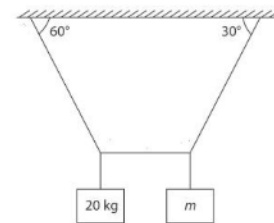
Dados:  $m_p = 1.7 \times 10^{-27}$  kg;  $m_e = 9.1 \times 10^{-31}$  kg;  $e = 1.6 \times 10^{-19}$  C;  $K = 9.0 \times 10^9$  Nm<sup>2</sup>/C<sup>2</sup>;  $G = 6.7 \times 10^{-11}$  N m<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>.

4. O semáforo da figura tem um peso de 125.0 N e está suspenso por dois cabos que fazem com a direção horizontal ângulos de 37° e 53°. Calcule a tensão a que ficam sujeitos os três cabos. (75.2 N; 99.8 N; 125 N)





5. Determine qual o valor da massa  $m$  para que o sistema ilustrado na figura se encontre em equilíbrio. (6.7 kg)

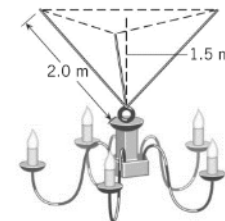


6. Alex, Charles e Betty puxam simultaneamente um pneu. Alex exerce uma força de magnitude 220 N, Charles exerce uma força de magnitude 170 N.

a) Qual será a magnitude da força exercida por Betty para que o pneu se mantenha em equilíbrio? (240.9 N)

b) Qual é ângulo formado pela direção da força exercida por Charles relativamente à direção da força exercida pela Betty? ( $\theta_{\text{Betty, Charles}} = 118^\circ$ )

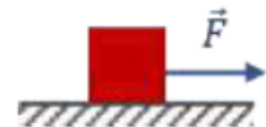
7. O candelabro da figura, com massa de 44 kg, encontra-se suspenso, a 1.5 m do teto, suportado por um sistema de três cabos, de 2.0 m de comprimento. Admitindo que todos os cabos estão sujeitos à mesma tensão, determine, qual sua magnitude. ( $1.9 \times 10^2 \text{ N}$ ).



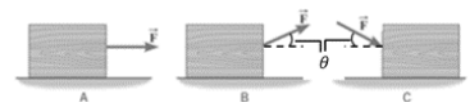
8. O bloco de 2.0 kg representado na figura, encontra-se inicialmente em repouso sobre uma superfície plana e horizontal quando passa a atuar sobre ele uma força com direção paralela ao plano, de intensidade  $F$ . Sabendo que os coeficientes de atrito estático e cinético entre o bloco e a superfície de apoio são, respetivamente, 0.4 e 0.3, determine o valor da aceleração do bloco:

a) se  $F$  for igual a 7 N; ( $0 \text{ m/s}^2$ )

b) se  $F$  for igual a 12 N. ( $3 \text{ m/s}^2$ )



9. Três blocos idênticos, assentes sobre uma superfície com atrito, são puxados ou empurrados por aplicação de uma força  $\vec{F}$  de igual intensidade, conforme se ilustra na figura. Qual a relação entre as intensidades da força de atrito cinético que atua em cada bloco é ( $F_C > F_A > F_B$ )

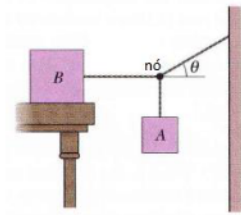


Nota: o ângulo  $\theta$  é igual na situação B e C

10. Um avião a jato, de massa  $m = 8.83 \times 10^3 \text{ kg}$  encontra-se a voar em linha reta, com valor de velocidade constante, em sentido ascendente, numa direção que forma um ângulo de  $30.0^\circ$ , com a direção horizontal. Durante o voo os motores do avião produzem uma força de intensidade igual a  $103 \times 10^3 \text{ N}$ . O avião encontra-se ainda sujeito à força de “elevação” ( $\vec{L}$ ) que atua numa direção perpendicular às asas e à força da resistência do ar ( $\vec{R}$ ) que atua na direção do voo e em sentido contrário. Determine a magnitude das forças ( $\vec{L}$ ) e ( $\vec{R}$ ). ( $74.90 \times 10^3 \text{ N}$ ;  $59.80 \times 10^3 \text{ N}$ )



11. O bloco B tem uma massa de 72.6 kg. O coeficiente de atrito estático entre o bloco e a superfície é de 0.25. Assuma que a corda que liga o bloco B ao nó se mantém horizontal e que o ângulo  $\theta = 30^\circ$ . Determine qual o valor máximo da massa do bloco A que mantém o sistema em equilíbrio. (10.5 kg)



12. A pessoa representada na figura encontra-se parado e amparado por duas muletas. Assuma que a força exercida pelo chão em cada muleta é direcionada ao longo de cada muleta, como se mostra na figura. Sabendo que o coeficiente de atrito estático entre uma muleta e o chão é igual a 0.90, determine qual o valor do ângulo máximo ( $\theta_{\text{máx}}$ ) para que a muleta não escorregue. (42°)

13. O bloco da figura tem uma massa de 2.2 kg e encontra-se em repouso, encostado a uma parede vertical, devido à ação de uma força  $\vec{F}$  com direção horizontal e com uma magnitude 60 N. Os coeficientes de atrito estático e cinético entre o bloco e a parede são, respetivamente, 0.55 e 0.38. Foram realizadas seis experiências [a)-f)] em que, uma segunda força  $\vec{P}$  com direção paralela à parede e com magnitude e sentido diferentes (ver tabela) foi aplicada ao bloco.

	a)	b)	c)	d)	e)	f)	
magnitude (N)	34	12	48	62	10	18	
sentido para ...	cima (↑)	cima (↑)	cima (↑)	cima (↑)	baixo (↓)	baixo (↓)	

a) Para cada uma das experiências determine qual a magnitude e o sentido da força de atrito; ((a) 12 N, ↓; b) 10 N, ↑; c) 26 N, ↓; d) 23 N, ↓; e) 32 N, ↑; f) 23 N, ↑)

b) Em que experiência há movimento do bloco:

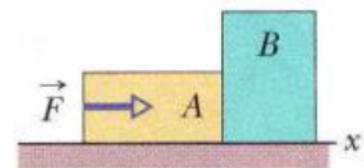
i. para cima? (d)

ii. para baixo? (f)

14. Uma força constante de magnitude 20 N é aplicada ao bloco A, de massa 4.0 kg, que empurra o bloco B de massa 6.0 kg. Os blocos deslizam sobre um plano horizontal, sem atrito.

a) Qual é aceleração dos blocos? (2.0 m/s<sup>2</sup>)

b) Calcule a magnitude da força que o bloco B exerce sobre o bloco A. (12 N)

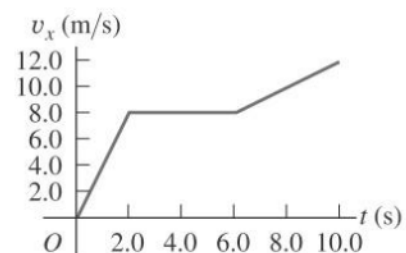


15. Um gato com uma massa 2.75 kg, move-se ao longo da direção horizontal. Na figura ilustra-se o gráfico do valor da velocidade do gato em função do tempo.

a) Determine qual o valor da força resultante máxima que atua no gato e qual o intervalo de tempo em que este valor se matem (11.0 N; 0 s - 20 s)

b) Em que intervalo de tempo a força resultante que atua no gato é nula? (2.00 s - 6.00 s)

c) Qual o valor da força resultante no instante  $t = 8.5$  s? (2.75 N)

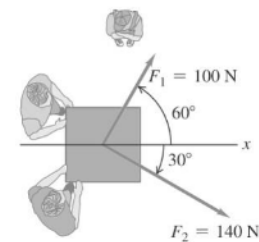




16. Um pequeno foguetão com uma massa de 20.0 kg encontra-se em queda livre (despreza-se a resistência do ar) em direção à terra. Quando o foguetão se encontra a uma altura de 80.0 m da superfície da terra, o valor da sua velocidade é igual a  $30 \text{ m s}^{-1}$ . Neste instante os motores do foguetão são ativados e produzem uma força de magnitude constante ( $F$ ), no foguetão, com direção vertical e sentido “para cima”. Assuma que as alterações na massa do foguetão são desprezáveis. Sabendo que o valor da velocidade do foguetão quando toca na superfície terrestre é nula (*soft landing*), qual é a magnitude da força  $F$ ? (309 N)

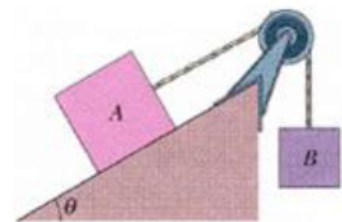
17. Dois adultos e uma criança pretendem puxar uma caixa ao longo da direção  $x$ . Os adultos exercem forças na direção horizontal. Na figura ilustra-se uma perspetiva da situação “vista de cima”. Ignore os efeitos do atrito.

- a) Determine a magnitude e a direção da força mínima que a criança deve exercer; (17 j(N))  
b) Quando a criança exerce a força determinada na alínea anterior, a caixa acelera  $2.0 \text{ m s}^{-2}$  no sentido positivo. Qual o valor da massa da caixa? (85.6 kg)



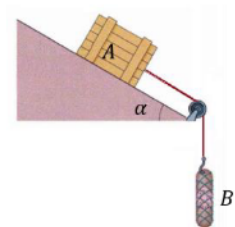
18. O corpo A, com uma massa  $m_A = 10.4 \text{ kg}$ , está ligado por um cabo de massa desprezável, através de uma roldana, ao corpo B, com massa  $m_B = 3.3 \text{ kg}$ . A massa da roldana é desprezável. Os coeficientes de atrito estático e cinético entre o corpo A e a superfície do plano inclinado são, respetivamente,  $\mu_e = 0.56$  e  $\mu_c = 0.25$  e a inclinação do plano é  $\theta = 40^\circ$ .

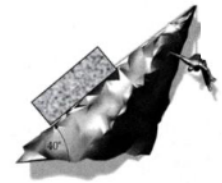
- a) Verifique se o sistema está em repouso.  
b) Determine a aceleração do bloco A se, inicialmente o bloco:  
i) já se encontra a movimentar-se para cima. ( $-3.9 \text{ ms}^{-2}$ )  
ii) Já se encontra a movimentar-se para baixo. ( $-1.0 \text{ ms}^{-2}$ )



19. A figura representa uma situação na qual o bloco A, dez vezes mais pesado que o bloco B, deverá descer pelo plano inclinado com velocidade constante. Considere que o fio e a polia são ideais e há rugosidade no contacto entre o bloco A e a superfície do plano. A inclinação do plano é de 75%.

- a) Represente graficamente as forças que atuam nos dois corpos;  
b) Indique a força resultante em cada corpo;  
c) Determine os valores da força de atrito sobre o bloco A e do coeficiente de atrito entre este bloco e o plano. (R: a) - b)  $\sum \vec{F}_B = \vec{0}$ ;  $\sum \vec{F}_A = \vec{0}$ ; c)  $F_a = 6.9 \text{ m}_A$ ;  $\mu_c = 0.88$ )





20. No filme “Peter Pan” o ator principal, com uma massa de 50 Kg, tinha de simular um voo vertical, para baixo, a partir do repouso. Para isso, foi amarrado a um bloco de massa  $m$  e suspenso, por uma corda. Sabendo que o coeficiente de atrito entre o bloco e a plataforma, que tem uma inclinação de  $40^\circ$ , é de 0.24 e que o ator deveria percorrer a distância de 3.2 m do voo num tempo de 2.2 s, quais os resultados dos cálculos que o realizador fez para determinar:

- a) a aceleração durante o voo. ( $1.3 \text{ ms}^{-2}$ )
- b) a tensão na corda e a massa do bloco ( $423.9 \text{ N}$ ;  $42.4 \text{ kg}$ ).

21. Um pinguim desliza, com velocidade constante igual a  $1.4 \text{ m s}^{-1}$  ao longo de uma rampa de gelo que tem uma inclinação de  $6.9^\circ$ . No fim da rampa, o pinguim continua a deslizar sobre uma superfície horizontal gelada. O coeficiente de atrito cinético entre as patas do pinguim e o gelo é igual nos dois percursos. Determine qual o intervalo de tempo necessário para o pinguim atingir o repouso, depois de ter entrado na superfície horizontal. ( $1.2 \text{ s}$ )

22. Um balão desce na vertical com uma velocidade constante de  $1 \text{ m/s}$ . Em determinado instante, quando o balão se encontra a uma altitude de 30 m, começa a soprar vento comunicando-lhe uma aceleração horizontal de  $2 \text{ m/s}^2$ . Determine:

- a) o tempo que o balão demora a chegar ao solo; ( $30 \text{ s}$ )
- b) o deslocamento horizontal do balão. ( $900 \text{ m}$ )

23. A 15 de julho de 2015 foi lançado mais um satélite europeu meteorológico geoestacionário, o SMG-4, que enviou a sua primeira imagem da Terra a 4 de agosto de 2015. A que altitude deve ser colocado um satélite geoestacionário? ( $35.79 \times 10^6 \text{ m}$ )

Dados:  $G = 6.674 \times 10^{-11} \text{ N Kg}^{-2}\text{m}^2$ ;  $m_{\text{Terra}} = 5.972 \times 10^{24} \text{ kg}$ ;  $r_{\text{Terra}} = 6.371 \times 10^6 \text{ m}$ ;  $T_{\text{Terra}} = 23 \text{ h } 56 \text{ min } 4 \text{ s}$

24. Um veículo espacial está a deslocar-se com uma velocidade constante (medida relativamente a ISS) de  $\vec{v} = 21.0\hat{j} \text{ m/s}$ . Num determinado instante, o piloto ativa um sistema propulsor, que faz com que o veículo adquira uma aceleração de  $\vec{a} = 0.320\hat{i} \text{ m/s}^2$ . Após 45.0 s, o piloto desliga o sistema. Determine qual o valor da velocidade do veículo e a sua direção (medida relativamente à ISS) após o sistema ter sido desligado. ( $25.5 \text{ ms}^{-1}$ ;  $34.4^\circ$ )

25. Os carros de competição possuem sistemas aerodinâmicos que são ajustados em função do desempenho que se pretende para o carro. Alguns destes sistemas são denominados “asas”, que apesar de provocarem uma maior força de resistência na direção horizontal, devido do ar, também originam uma força aerodinâmica na direção vertical, que permite que o carro se mantenha em contacto com a pista, particularmente em curva. Considere que o coeficiente de atrito estático de escorregamento entre a pista e os pneus de um destes carros, com 690 kg de massa, é de 0.87. Qual o valor da aceleração tangencial máxima, que o carro pode atingir, sem que os pneus escorreguem quando a intensidades das forças de atrito aerodinâmicas vertical e horizontal são, respetivamente, 4060 N de 1190 N. ( $12 \text{ ms}^{-2}$ )

26. Um projétil é disparado do topo de uma ribanceira com 150 m de altura, com uma velocidade inicial de 180 m/s e fazendo um ângulo de  $30^\circ$  com a horizontal. Considere que a resistência do ar se pode desprezar.

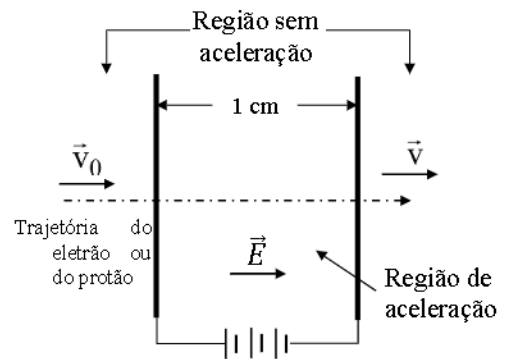
- Calcule a distância  $x$ , medida na horizontal, entre o ponto de onde é disparada a arma e o ponto onde o projétil toca o solo. (3102.1 m)
- Determine a altura máxima atingida pelo projétil, medida relativamente ao nível do solo. (563.3 m)
- Calcule as componentes da velocidade do projétil quando atinge o solo. ( $\vec{v} = 155.9\hat{i} - 105.0\hat{j}$  (m/s))
- Determine o raio da trajetória no ponto de altura máxima. (2479.6 m)

27. Numa região do espaço com largura de 1 cm existe um campo elétrico constante  $\vec{E} = 2000\hat{i}$  N/C. Quando uma carga elétrica  $q$  entra nessa região fica sujeita a uma aceleração que é dada por:

$$\vec{a} = \frac{q\vec{E}}{m}$$

em que  $m$  é a massa da carga elétrica.

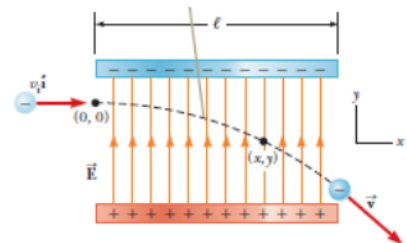
- Compare a aceleração de um próton, com a aceleração de um eletrão que entrem nessa região do espaço e com a aceleração da gravidade à superfície da Terra. ( $\vec{a}_{el} = (-3.51 \times 10^{14}\hat{i})$  m/s<sup>2</sup>;  $\vec{a}_{pro} = (+1.92 \times 10^{11}\hat{i})$  m/s<sup>2</sup>;  $\vec{a}_g = (-9.8\hat{j})$  m/s<sup>2</sup>)
- Se um eletrão entrar nessa região com uma velocidade  $\vec{v}_0 = 3.0000 \times 10^6\hat{i}$  m/s, com que velocidade emerge da região com 1 cm de largura? E se for um próton? ( $\vec{v}_{el} = (1.4071 \times 10^6\hat{i})$  m/s;  $\vec{v}_{pro} = (3.0006 \times 10^6\hat{i})$  m/s)



28. Um eletrão entra com uma velocidade  $\vec{v} = 3.00 \times 10^6\hat{i}$  m/s numa região do espaço onde existe um campo elétrico uniforme ( $\vec{E} = 200\hat{j}$  N/C), criado por duas placas metálicas paralelas, carregadas eletricamente, de comprimento  $l = 0.1000$  m. A aceleração de uma partícula carregada num campo elétrico é dada por:

$$\vec{a} = \frac{q\vec{E}}{m}$$

- Calcular a aceleração do eletrão devida ao campo elétrico e compare com a aceleração da gravidade. ( $\vec{a} = -3.51 \times 10^{13}\hat{j}$  m/s<sup>2</sup>)
- Calcular a posição em que o eletrão sai da região entre as placas, assumindo que a posição em que entra é a origem do referencial (0.1000, -0.0195) m).
- Calcular a velocidade com que o eletrão sai da região entre as placas. ( $\vec{v} = 3.00 \times 10^6\hat{i} - 1.17 \times 10^6\hat{j}$  m/s)





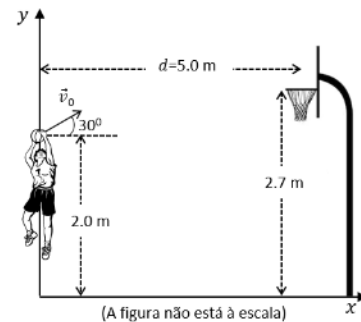


29. Num jogo de basquetebol ao ar livre um jogador faz um lançamento de uma bola em direção à tabela (ver figura).

a) Desprezando a resistência do ar, calcule o valor da velocidade inicial da bola ( $v_0$ ) para que o lançamento tenha sucesso. ( $8.6 \text{ m s}^{-1}$ )

b) Considere agora que no momento do lançamento existia vento a soprar, exercendo na bola uma força que provoca uma aceleração  $\vec{a} = -\frac{t}{4} \hat{i} \text{ (m s}^{-2}\text{)}$ . Admitindo que a bola foi lançada com um valor de velocidade inicial  $v_0 = 10 \text{ m s}^{-1}$  e com o mesmo ângulo com a direção horizontal, verifique se o lançamento teve sucesso. (não teve sucesso)

c) Comente os resultados obtidos na alínea b)

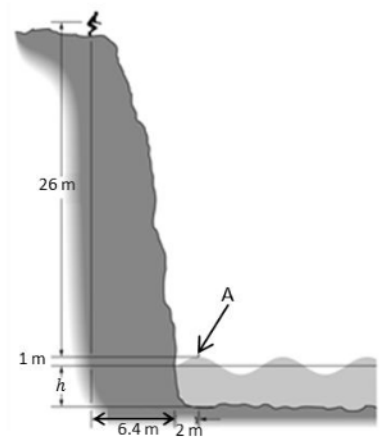


30. Nos saltos para a água, que se realizam em Acapulco (México), os saltadores devem entrar na água, no ponto A (localizado a 2 m do rochedo) e devem fazê-lo no instante correspondente à crista da onda. Considere que a crista da onda se encontra 1 m acima do nível médio das águas ( $h = 4 \text{ m}$ ). A velocidade horizontal das ondas tem um valor igual a  $\sqrt{gh}$ . Assuma que o atleta só possuiu velocidade com direção horizontal quando salta e despreze a resistência do ar. Determine:

c) quanto tempo fica o atleta no ar ( $2.30 \text{ s}$ ).

d) qual o valor da velocidade do atleta quando entra na água no ponto A. ( $22.8 \text{ m s}^{-1}$ )

e) a que distância se encontra a crista da onda do ponto A, quando o atleta salta. ( $14.4 \text{ m}$ )

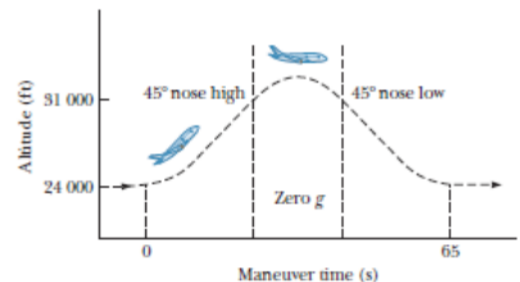


31. Nos voos parabólicos da ESA (“gravidade zero”) o avião sobe até dos 24000 pés até os 31000 pés e, a essa altitude, faz uma trajetória parabólica, como a figura mostra. O avião entra na fase parabólica ascendente com uma inclinação de  $45^\circ$ , com módulo da velocidade de  $143 \text{ m/s}$  e sai dessa fase parabólica do voo, com uma inclinação de  $45^\circ$  descendente, também com  $143 \text{ m/s}$ .

Nesta fase parabólica os objetos e as pessoas estão numa situação de “imponderabilidade”, como se não houvesse gravidade. (Nota:  $1 \text{ pé} = 0.3048 \text{ m}$ )

a) Qual o valor da velocidade e altitude no ponto mais elevado desta fase do voo. ( $101.1 \text{ m/s}$ ;  $\sim 9968 \text{ m}$ )

b) Qual a duração da fase do voo em “gravidade zero”? ( $20.6 \text{ s}$ )



32. Uma bola está presa a um fio e executa movimento circular num plano vertical. O comprimento do fio é  $1.50 \text{ m}$ . Quando a bola está a  $36.9^\circ$  do ponto mais baixo, na sua trajetória ascendente, a sua aceleração total é dada por  $\vec{a} = -22.5\hat{i} + 20.2\hat{j} \text{ m/s}^2$ .

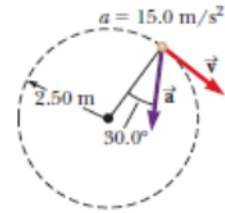
a) Nesse instante represente um diagrama com as componentes da aceleração.

b) Determine a magnitude da aceleração normal. (R:  $29.6 \text{ m/s}^2$ )

c) Determine o valor da velocidade da bola. (R:  $6.7 \text{ m/s}$ )

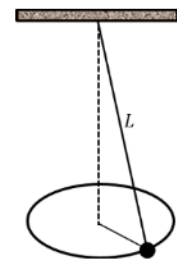


33. A figura representa uma partícula a executar um movimento circular, de raio 2.50 m, com um módulo de aceleração total de  $15.0 \text{ m/s}^2$ . Calcular, para o instante representado:



- a) O módulo da sua aceleração normal. (R:  $13.0 \text{ m/s}^2$ )
- b) O módulo da velocidade. (R:  $5.7 \text{ m/s}$ )
- c) O módulo da aceleração tangencial. (R:  $7.5 \text{ m/s}^2$ )
- d) Admitindo que a partícula mantém a aceleração tangencial, quando a partícula voltar a passar no mesmo ponto, calcule:
  - i) o módulo da velocidade; (R:  $16.4 \text{ m/s}$ )
  - ii) o módulo da aceleração normal; (R:  $107.6 \text{ m/s}^2$ )
  - iii) o ângulo que a direção do vetor aceleração faz com a direção do raio da circunferência. (R:  $4.3^\circ$ )

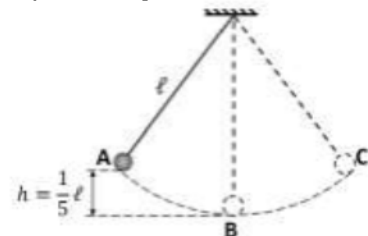
34. A figura representa um pêndulo cónico, onde uma pequena esfera suspensa por um fio descreve uma trajetória circular com velocidade constante. A massa da esfera é  $m = 0,040 \text{ kg}$ , o fio tem comprimento  $L = 0,90 \text{ m}$  e o perímetro do percurso circular mede  $0,94 \text{ m}$ . Determine:



- a) a tensão no fio; ( $0,40 \text{ N}$ ) b) o período do movimento. ( $1,9 \text{ s}$ )

35. A figura representa uma esfera de massa  $100,0 \text{ g}$ , suspensa por um fio de massa desprezável e de comprimento  $\ell$ . A esfera é afastada da sua posição de equilíbrio, B, e de seguida é libertada, passando a oscilar entre os pontos A e C.

Considere o raio da esfera desprezável em relação ao comprimento do fio.



- a) Trace o diagrama de corpo livre para a esfera na posição A.
- b) Determine a tensão no fio quando a esfera está em A.
- c) Determine o valor da aceleração da esfera em A.
- d) Quando a esfera passa pela sua posição de equilíbrio, o valor da tensão no fio é maior, menor ou igual ao peso da esfera? (R: b)  $T_A = 0,78 \text{ N}$ ; b)  $a = 5,9 \text{ m/s}^2$ ; d)  $T_B > mg$ )

36. Um carro de  $1500 \text{ kg}$  desloca-se numa estrada plana horizontal, quando entra numa curva de raio contante  $35.0 \text{ m}$ . O coeficiente de atrito entre a borracha dos pneus e o alcatrão é  $0.523$ .

- a) Qual a velocidade máxima a que o carro consegue curvar? ( $13.4 \text{ m/s}$ )
- b) Suponha agora que o mesmo carro, num dia de chuva, na mesma curva, começa a escorregar quando a velocidade atinge  $8 \text{ m/s}$ . Qual o coeficiente de atrito neste caso? ( $0.187$ )



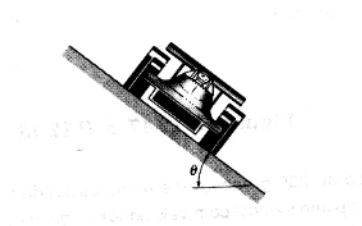


37. Um carro de massa 1125 kg e um jipe de massa 2250 kg aproximam-se de uma curva numa autoestrada que tem um raio de 225 m.

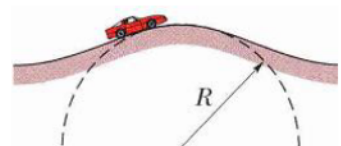
- a) Qual o ângulo de inclinação da curva projetado pelo engenheiro para que estes veículos, viajando a uma velocidade de 105 km/h, possam fazer a curva em segurança, independentemente das condições dos pneus? ( $21^\circ$ )
- b) Deve o jipe ter uma velocidade inferior à do carro?
- c) Qual é a intensidade da reação normal a que ficam sujeitos o carro e o jipe, quando fazem a curva a uma velocidade de 105 km/h? ( $1.18 \times 10^4$  N;  $2.36 \times 10^4$  N)

38. Uma curva de uma pista de corrida tem inclinação  $\theta$  e um raio de 150m. Se não houvesse atrito entre os pneus de um automóvel e o solo, este teria de descrever a curva com uma velocidade de 135km/h para não derrapar.

- a) Determine o ângulo  $\theta$ .
- b) Se a curva não fosse inclinada, qual deveria ser o coeficiente de atrito entre os pneus do automóvel e o solo, para este poder descrever a curva com a mesma velocidade sem derrapar? (R: a)  $43.7^\circ$ ; b) 0.96)



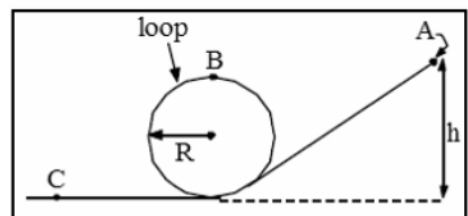
39. Na lomba, a curvatura do perfil da estrada tem raio  $R = 250$  m. Determine o valor limite da velocidade do carro para que não perca o contacto com a estrada no topo da lomba. ( $v < 49.5$  m/s)



40. Um camião, transportando um baú solto na carroçaria, faz uma curva horizontal, de 125 m de raio. Sendo o coeficiente de atrito estático entre o baú e a carroçaria igual a 0.5, determine, em km/h, a velocidade máxima a que o camião pode fazer a curva sem que o baú deslize. (89 km/h).

41. Um disco de 1.0 kg de massa está preso à extremidade de um cordão de 1.0 m de comprimento, cuja carga de rutura é de 500 N; o disco descreve uma circunferência horizontal sobre uma mesa sem atrito. A outra extremidade do cordão é mantida fixa. Determinar o valor da velocidade máxima que o disco pode atingir sem rebentar o cordão. (22,4m/s)

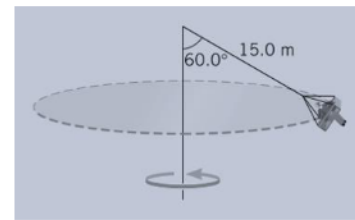
42. Numa apresentação de circo em 1901, Allo Diavolo introduziu a acrobacia de bicicletas em pistas com *loops*. A figura ao lado mostra o percurso do centro de massa do sistema acrobata-bicicleta, onde  $h$  é a altura do ponto mais alto (A) relativamente ao ponto mais baixo (C) da trajetória, B é o ponto mais alto do *loop* e  $R$  é o raio do *loop*. Analisando apenas o movimento do centro de massa do sistema acrobata-bicicleta, determine a velocidade mínima que o acrobata deve ter em B para que consiga completar o *loop* sem cair. ( $v_B > \sqrt{Rg}$ )





43. Um dos divertimentos que se encontram em parques de diversões são os carroceiros com cadeiras que giram em torno de um eixo vertical, conforme se ilustra na figura. Considere que a massa da cadeira com o seu ocupante, representada na figura, é igual a 179 kg. Determine:

- a) a magnitude da tensão na corda (3510 N)
- b) a velocidade da cadeira ( $14.9 \text{ m s}^{-1}$ )

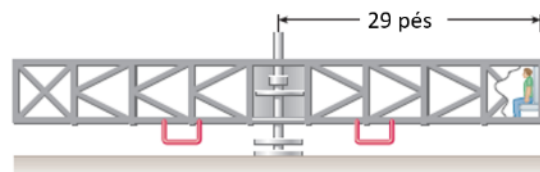


44. Em estudos de design, preliminares, efetuados para carros movidos a energia solar, estimou-se que a massa do carro com condutor seria de 100 kg e que a intensidade da força tangencial, produzida pelo motor do carro, seria de 60 N. Suponha que um destes carros era testado numa pista com a forma ilustrada na figura. Admitindo que o carro parte do repouso em A, determine:

- a) o valor da velocidade do carro no ponto B e no ponto C ( $15.5 \text{ ms}^{-1}$ ;  $18.3 \text{ ms}^{-1}$ )
- b) a intensidade da força normal em C (668.5 N)



45. Nas instalações da NASA do Ames Research Center, na Califórnia há uma centrífuga que é um tubo cilíndrico horizontal com 59 pés de comprimento (ver figura). Se um astronauta estiver

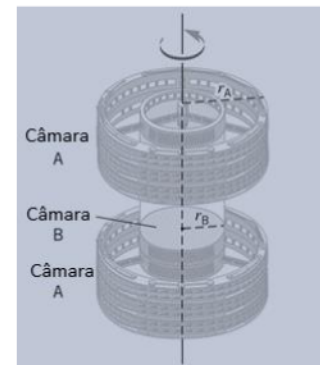


sentado numa extremidade a 29 pés do eixo de rotação, determine a frequência de rotação de modo a que o astronauta tenha uma aceleração centrípeta de 20 g. (Nota: 1 pé = 0.3048 m) (R: 4.7 rad/s)

46. Em obras de ficção científica, é comum vermos naves espaciais equipadas com gravidade artificial no seu interior, permitindo que astronautas permaneçam a bordo sem flutuar, como se estivessem dentro de um ambiente como na Terra. E agora, uma equipa da Universidade do Colorado, nos Estados Unidos, está a trabalhar para que essa tecnologia se torne realidade.

(<https://www.colorado.edu/today/2019/07/02/artificial-gravity-breaks-free-science-fiction> (acedido em 22/10/2021)).

Não sendo fácil criar situações de gravidade artificial, considere que tem à sua disposição um sistema que pode rodar à taxa de 1.00 rpm, equivalente ao que se ilustra na figura. As câmaras A e B têm uma forma cilíndrica e a relação entre os seus raios é de  $\frac{r_A}{r_B} = 4.00$ . Na



câmara A consegue ser simulada uma aceleração gravítica igual a  $10.0 \text{ ms}^{-2}$ . Determine:

- a) os valores dos raios  $r_A$  e  $r_B$ . (912 m; 228 m)
- b) a aceleração gravítica simulada na câmara B. ( $2.5 \text{ ms}^{-2}$ )

Dados:

Velocidade da luz no vazio: $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ;	Carga elementar: $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$
Distância Terra-Sol: $149.6 \times 10^6 \text{ km}$	Aceleração da gravidade terrestre: $9.8 \text{ m s}^{-2}$
Massa do próton: $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ;	Raio equatorial da Terra: 6378.1 km
Massa do eletrão: $9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ;	Raio polar da Terra: 6356.8 km