



DINÂMICA DO MOVIMENTO CIRCULAR

1. (FUVEST 2017) De férias em Macapá, cidade brasileira situada na linha do equador e a 51° de longitude oeste, Maria faz um selfie em frente ao monumento do marco zero do equador. Ela envia a foto a seu namorado, que trabalha em um navio ancorado próximo à costa da Groenlândia, a 60° de latitude norte e no mesmo meridiano em que ela está. Considerando apenas os efeitos da rotação da Terra em torno de seu eixo, determine, para essa situação,

- a. a velocidade escalar v_M de Maria;
- b. o módulo a_M da aceleração de Maria;
- c. a velocidade escalar v_n do namorado de Maria;
- d. a medida do ângulo α entre as direções das acelerações de Maria e de seu namorado.

Note e adote:

Maria e seu namorado estão parados em relação à superfície da Terra.

As velocidades e acelerações devem ser determinadas em relação ao centro da Terra.

Considere a Terra uma esfera com raio 6×10^6 m.

Duração do dia ≈ 80.000 s

$\pi \approx 3$

Ignore os efeitos da translação da Terra em torno do Sol.

$\sin 30^\circ = \cos 60^\circ = 0,5$

$\sin 60^\circ = \cos 20^\circ \approx 0,9$

2. (UFTM 2012) Ao se observar o movimento da Lua em torno da Terra, verifica-se que, com boa aproximação, ele pode ser considerado circular e uniforme. Aproximadamente, o raio da órbita lunar é $38,88 \times 10^4$ km e o tempo gasto pela lua para percorrer sua órbita é 27 dias.



Considerando a massa da Lua igual a $7,3 \times 10^{22}$ kg, adotando o centro do referencial Terra-Lua no centro da Terra e $\pi \approx 3$, determine:

- a. a velocidade escalar média de um ponto localizado no centro da Lua, em km/h.
- b. o valor aproximado da resultante das forças, em newtons, envolvidas no movimento orbital da Lua.



3. (FUVEST 2012) Nina e José estão sentados em cadeiras, diametralmente opostas, de uma roda gigante que gira com velocidade angular constante. Num certo momento, Nina se encontra no ponto mais alto do percurso e José, no mais baixo; após 15 s, antes de a roda completar uma volta, suas posições estão invertidas. A roda gigante tem raio $R = 20$ m e as massas de Nina e José são, respectivamente, $M_N = 60$ kg e $M_J = 70$ kg. Calcule

- a. o módulo v da velocidade linear das cadeiras da roda gigante;
- b. o módulo a_R da aceleração radial de Nina e de José;
- c. os módulos N_N e N_J das forças normais que as cadeiras exercem, respectivamente, sobre Nina e sobre José no instante em que Nina se encontra no ponto mais alto do percurso e José, no mais baixo.

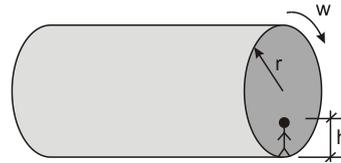
Note e adote:

$\pi = 3$

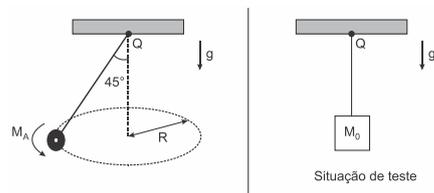
Aceleração da gravidade $g = 10$ m/s²

4. (UFOP 2010) Uma estação espacial é projetada como sendo um cilindro de raio r , que gira em seu eixo com velocidade angular constante ω , de modo a produzir uma sensação de gravidade de $1g = 9,8$ m/s² nos pés de uma pessoa que está no interior da estação.

Admitindo-se que os seus habitantes têm uma altura média de $h = 2$ m, qual deve ser o raio mínimo r da estação, de modo que a variação da gravidade sentida entre os pés e a cabeça seja inferior a 1% de g ?

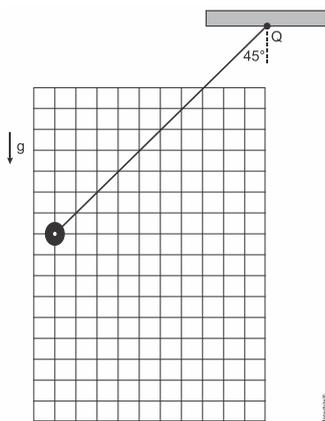


5. (FUVEST 2009) Um acrobata, de massa $M_A = 60$ kg, quer realizar uma apresentação em que, segurando uma corda suspensa em um ponto Q fixo, pretende descrever um círculo de raio $R = 4,9$ m, de tal forma que a corda mantenha um ângulo de 45° com a vertical. Visando garantir sua total segurança, há uma recomendação pela qual essa corda deva ser capaz de suportar uma tensão de, no mínimo, três vezes o valor da tensão a que é submetida durante a apresentação. Para testar a corda, com ela parada e na vertical, é pendurado em sua extremidade um bloco de massa M_0 , calculada de tal forma que a tensão na corda atenda às condições mínimas estabelecidas pela recomendação de segurança.



Nessa situação:

- a. Represente no esquema a direção e o sentido das forças que agem sobre o acrobata, durante sua apresentação, identificando-as, por meio de um desenho em escala.



- b. Estime o tempo t_A , em segundos, que o acrobata leva para dar uma volta completa em sua órbita circular.
- c. Estime o valor da massa M_0 , em kg, que deve ser utilizada para realizar o teste de segurança.

Note e adote:

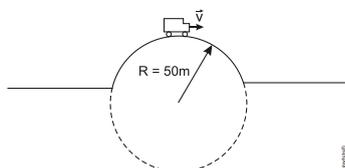
Força centrípeta $F_C = mv^2/R$

Adote $\pi \cong 3$

6. (UDESC 2009) Um carro de massa $m = 1000 \text{ kg}$ com velocidade escalar constante de 72 km/h trafega por uma pista horizontal quando passa por uma grande ondulação, conforme figura a seguir e mantém a mesma velocidade escalar. Considerando que essa ondulação tenha o formato de uma circunferência de raio $R = 50 \text{ m}$. Calcule, no ponto mais alto da pista:

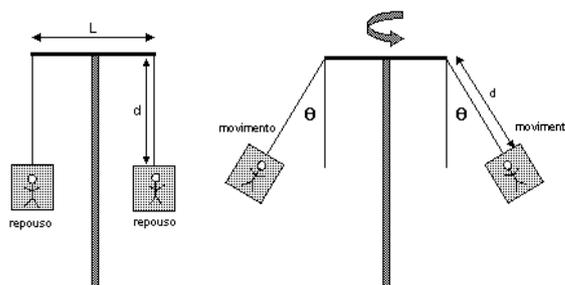
- a. A força centrípeta no carro.
- b. A força normal.

(Dado: $g = 10 \text{ m/s}^2$)



7. (PUCRJ 2009) Um brinquedo de parque de diversões consiste (veja as figuras a seguir) de um eixo vertical girante, duas cabines e um suporte para os cabos que ligam o eixo às cabines. O suporte é uma forte barra horizontal de aço, de $L = 8,0 \text{ m}$ de comprimento, colocada de modo simétrico para poder sustentar as cabines. Cada cabo mede $d = 10 \text{ m}$.

Quando as pessoas entram nas cabines, o eixo se põe a girar e as cabines se inclinam formando um ângulo θ com a vertical. O movimento das cabines é circular uniforme, ambos de raio R . Considere a massa total da cabine e passageiro como $M = 1000 \text{ kg}$.



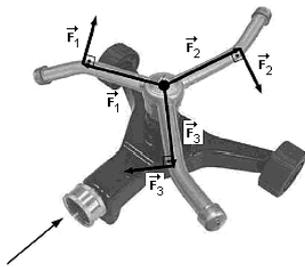
Suponha que $\theta = 30^\circ$. Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$ para a aceleração gravitacional e despreze todos os efeitos de resistência do ar.

- a. Desenhe na figura anterior o raio R de rotação, para a trajetória da cabine do lado direito, e calcule seu valor.
- b. Desenhe na figura anterior as forças agindo sobre a cabine do lado esquerdo. Qual a direção e o sentido da força resultante F_r sobre esta cabine?



- c. Sabendo que as forças verticais sobre a cabine se cancelam, calcule a tensão no cabo que sustenta a cabine.
- d. Qual o valor da força centrípeta agindo sobre a cabine?

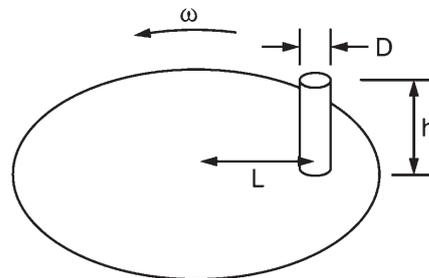
8. (UNICAMP 2008) O irrigador rotativo, representado na figura, é um dispositivo bastante utilizado para a irrigação de jardins e gramados. Para seu funcionamento, o fluxo de água de entrada é dividido em três terminais no irrigador. Cada um destes terminais é inclinado em relação ao eixo radial para que a força de reação, resultante da mudança de direção dos jatos de água no interior dos terminais, proporcione o torque necessário para girar o irrigador. Na figura, os vetores coplanares F_1 , F_2 e F_3 representam as componentes das forças de reação perpendiculares aos vetores r_1 , r_2 e r_3 respectivamente.



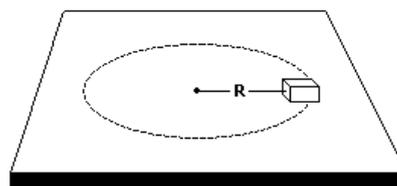
- a. Se os módulos das forças F_1 , F_2 e F_3 valem 0,2 N e os módulos de r_1 , r_2 e r_3 são iguais a 6,0 cm, qual é o torque total (momento resultante das forças) sobre o irrigador, em relação ao seu centro, produzido pelos três jatos de água em conjunto?
- b. Considere que os jatos de água sejam lançados horizontalmente da extremidade do irrigador a uma altura de 80 cm do solo e com velocidade

resultante de 8,0 m/s. A que distância horizontal do ponto de lançamento, a água atinge o solo?

9. (ITA 2008) Um cilindro de diâmetro D e altura h repousa sobre um disco que gira num plano horizontal, com velocidade angular ω . Considere o coeficiente de atrito entre o disco e o cilindro $\mu > D/h$, L a distância entre o eixo do disco e o eixo do cilindro, e g a aceleração da gravidade. O cilindro pode escapar do movimento circular de duas maneiras: por tombamento ou por deslizamento. Mostrar o que ocorrerá primeiro, em função das variáveis.



10. (CFTCE 2007)

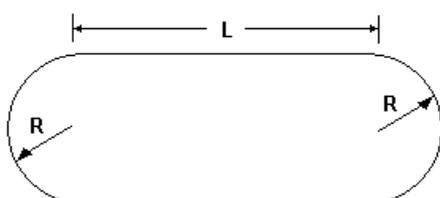




Como mostra a figura, um bloco de massa $m = 3,0 \text{ kg}$, preso por um fio a um prego C, desliza em movimento circular de raio constante $R = 6,0 \text{ m}$, sobre uma superfície rugosa horizontal. O coeficiente de atrito cinético $\mu_c = 0,7$ e o módulo da aceleração da gravidade $g = 10,0 \text{ m/s}^2$. Sabendo-se que a força de atrito é oposta ao movimento, calcule, no momento em que a velocidade do corpo vale $4,0 \text{ m/s}$:

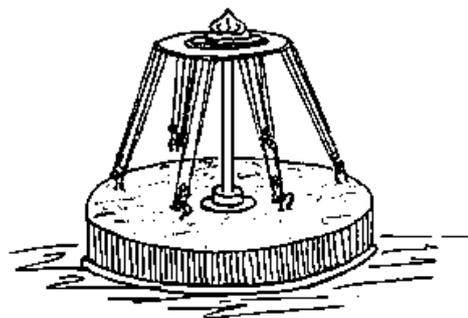
- a. a tensão no fio
- b. a aceleração tangencial

11. (UFJF 2007) Em alguns tipos de corridas de carros, os circuitos podem ser descritos com boa aproximação como sendo compostos de duas semicircunferências de raios $R = 100 \text{ m}$ e duas retas de comprimentos $L = 900 \text{ m}$, como mostra a figura a seguir. Suponha que um dos pilotos faz com que o carro por ele pilotado percorra o circuito como descrito a seguir. O carro faz as curvas de raio R , com o módulo da velocidade constante, $v_R = 60 \text{ m/s}$, e tão logo sai das curvas, imprime uma aceleração constante até atingir $1/3$ das retas, permanecendo com uma velocidade constante de 100 m/s num outro trecho. Desacelera com aceleração constante no último $1/3$ da reta, chegando novamente a curva com a velocidade v_R . Para este carro, calcule:



- a. a aceleração centrípeta sofrida pelo carro nas curvas, e a razão entre esta aceleração e a aceleração gravitacional g (considere $g = 10 \text{ m/s}^2$).
- b. o tempo total gasto pelo carro para dar uma volta no circuito completo.

12. (UFG 2006) O chapéu mexicano, representado na figura, gira com velocidade angular constante. Cada assento é preso por quatro correntes, que formam com a vertical um ângulo de 30° . As correntes estão presas à borda do círculo superior, cujo diâmetro é de $6,24 \text{ m}$, enquanto o comprimento das correntes é de 6 m . A massa de cada criança é de 34 kg , sendo desprezíveis as massas dos assentos e das correntes. Dados: $g = 10 \text{ m/s}^2$, $\sqrt{3} = 1,7$



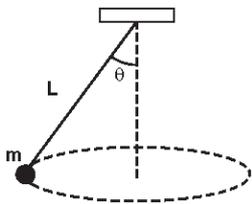
Calcule:

- a. a velocidade delas ao longo da trajetória circular;
- b. a tensão em cada corrente.



13. (UNICAMP 2006) Um pêndulo cônico é formado por um fio de massa desprezível e comprimento $L = 1,25 \text{ m}$, que suporta uma massa $m = 0,5 \text{ kg}$ na sua extremidade inferior. A extremidade superior do fio é presa ao teto, conforme ilustra a figura a seguir. Quando o pêndulo oscila, a massa m executa um movimento circular uniforme num plano horizontal, e o ângulo que o fio forma com a vertical é $\theta = 60^\circ$.

- a. Qual é a tensão no fio?
- b. Qual é a velocidade angular da massa? Se for necessário, use: $\sin 60^\circ = 0,87$, $\cos 60^\circ = 0,5$.

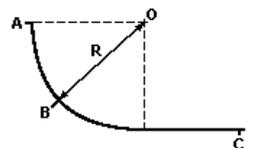


14. (UFF 2006) A figura 1 mostra uma rampa de skate constituída de um trecho curvo que corresponde a um quarto de circunferência de raio R , e de um trecho plano horizontal. Os três pontos A, B e C, indicados no esquema da figura 2, se encontram localizados, respectivamente, no topo, no meio do trecho curvo e no trecho plano da pista de skate.

Figura 1



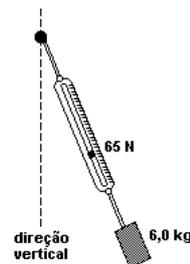
Figura 2



Para a análise desse movimento o jovem, junto com sua prancha de skate, pode ser tratado como uma partícula de massa total M . Admita, também, que os efeitos de forças dissipativas sobre o movimento dessa partícula possam ser ignorados.

- a. Indique e identifique, na figura 2, as forças que atuam sobre a partícula:
 - I) quando ela se encontra no ponto A;
 - II) quando ela se encontra no ponto B.
- b. Obtenha, em função de R , M e g (aceleração da gravidade local):
 - I) a velocidade da partícula no instante em que ela alcança o ponto C;
 - II) o módulo da força exercida pela rampa sobre a partícula, quando essa se encontra no ponto B.

15. (UFRJ 2006) Uma caixa é pendurada no teto de um ônibus por meio de fios ideais presos a um dinamômetro de massa desprezível. A figura mostra esses objetos em equilíbrio em relação ao ônibus, enquanto ele está percorrendo um trecho circular de uma estrada horizontal, com velocidade de 72 km/h . Nessa situação, o dinamômetro mostra que a tensão no fio é 65 N .

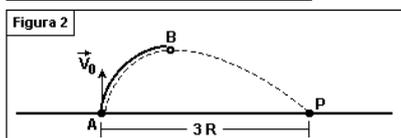
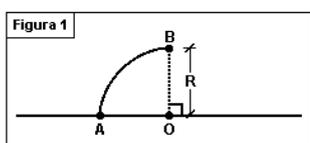


Sabendo que a massa da caixa é $6,0 \text{ kg}$, calcule o raio da curva da estrada.



16. (UFRJ 2005) Um trilho em forma de arco circular, contido em um plano vertical, está fixado num ponto A de um plano horizontal. O centro do arco está em um ponto O desse mesmo plano. O arco é de 90° e tem raio R, como ilustra a figura 1.

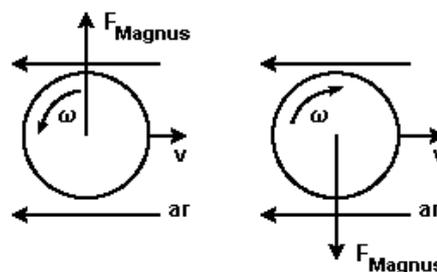
Um pequeno objeto é lançado para cima, verticalmente, a partir da base A do trilho e desliza apoiado a ele, sem atrito, até o ponto B, onde escapa horizontalmente, caindo no ponto P do plano horizontal onde está fixado o trilho. A distância do ponto P ao ponto A é igual a $3R$ como ilustra a figura 2.



Calcule o módulo da velocidade inicial \vec{V}_0 com que o bloco foi lançado, em função do raio R e da aceleração g da gravidade.

17. (UNIFESP 2004) É comum vermos, durante uma partida de voleibol, a bola tomar repentinamente trajetórias

inesperadas logo depois que o jogador efetua um saque. A bola pode cair antes do esperado, assim como pode ter sua trajetória prolongada, um efeito inesperado para a baixa velocidade com que a bola se locomove. Quando uma bola se desloca no ar com uma velocidade v e girando com velocidade angular ω em torno de um eixo que passa pelo seu centro, ela fica sujeita a uma força $F(\text{Magnus}) = k \cdot v \cdot \omega$. Essa força é perpendicular à trajetória e ao eixo de rotação da bola, e o seu sentido depende do sentido da rotação da bola, como ilustrado na figura. O parâmetro k é uma constante que depende das características da bola e da densidade do ar.

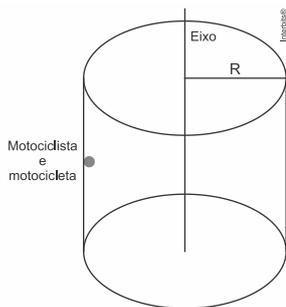


Esse fenômeno é conhecido como efeito Magnus. Represente a aceleração da gravidade por g e despreze a força de resistência do ar ao movimento de translação da bola.

- a. Considere o caso em que o saque é efetuado na direção horizontal e de uma altura maior que a altura do jogador. A bola de massa M segue por uma trajetória retilínea e horizontal com uma velocidade constante v, atravessando toda a extensão da quadra. Qual deve ser o sentido e a velocidade angular de rotação ω a ser imprimida à bola no momento do saque?
- b. Considere o caso em que o saque é efetuado na direção horizontal, de uma altura h, com a mesma velocidade inicial v, mas sem imprimir rotação na bola. Calcule o alcance horizontal D da bola.



18. (IFSC 2015)



Um engenheiro foi convidado por um empresário, dono de um parque de diversões, a construir um brinquedo, no qual um motociclista possa pilotar sua motocicleta em um grande cilindro oco e transparente. O cilindro será colocado na posição vertical a uma altura de 5,0 metros em relação ao solo e o motociclista dará voltas horizontais, naturalmente com toda segurança. A figura acima mostra o cilindro e o motociclista com sua motocicleta. Considere a aceleração da gravidade constante e igual g , μ o coeficiente de atrito entre o pneu e a superfície do cilindro, e o sistema motociclista e motocicleta como um ponto material.

Levando em consideração as informações apresentadas no enunciado desta questão, leia e analise as proposições e assinale a soma da(s) CORRETA(S).

- 01. Nesse brinquedo a força normal e a força peso constituem um par ação e reação.
- 02. Nesse brinquedo a força de atrito e a força peso não constituem um par ação e reação, porém é essa força que equilibra a força peso evitando que o motociclista caia.

04. Nesse brinquedo a força de atrito e a força peso constituem um par ação e reação, porém é essa força que equilibra a força peso evitando que o motociclista caia.

08. Nesse brinquedo a força normal é radial, e é a força que a motocicleta exerce sobre a parede do cilindro.

16. Nesse brinquedo a força normal é radial, e é a força que a parede do cilindro exerce sobre a motocicleta.

32. A velocidade da motocicleta depende do valor do raio do cilindro, da aceleração da gravidade, e do coeficiente de atrito e é calculada pela expressão $v = \sqrt{R \cdot r / (\mu)}$.

19. (UFSC 2013) O ciclismo praticado em uma pista oval e coberta, mais conhecida como velódromo, é uma das modalidades de competição dos Jogos Olímpicos. Vamos considerar um velódromo com pista circular de madeira, que possua uma inclinação de 45° com a horizontal e raio de curvatura de 18,0 m na parte interna e 24,0 m na parte externa. A circunferência da pista varia de 113,1 m na parte interna e 150,8 m na parte externa. Admita que a massa do conjunto bicicleta + atleta é de 80 kg.

(dados: $\sin 45^\circ = \cos 45^\circ = 0,7$; $\tan 45^\circ = 1,0$)





Com base no que foi exposto, assinale a(s) proposição(ões) CORRETA(S).

01. A velocidade angular do ciclista que corre na parte externa da pista é sempre maior do que a do ciclista que corre na parte interna da pista.

02. Largando alinhados e no mesmo instante, o ciclista que corre na parte externa da pista deve possuir uma velocidade linear 1,33 vezes maior do que a do ciclista que corre na parte interna da pista, para não ficar para trás.

04. Caso a pista esteja escorregadia (sem atrito), a sua inclinação permitirá que o ciclista faça a curva, na parte interna, com uma velocidade de 180 m/s.

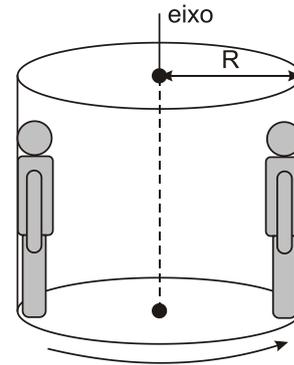
08. Supondo que um ciclista faça três voltas com velocidade linear de módulo constante, podemos afirmar que ele está sob a ação de uma força resultante com módulo diferente de zero.

16. A inclinação das curvas serve para garantir que a força centrípeta que atua sobre o ciclista seja paralela à pista, permitindo que ele faça as curvas mais rapidamente.

32. Ao final de uma prova e analisando o deslocamento do ciclista que finalizou a prova, podemos afirmar que o seu deslocamento foi zero.

20. (UFSC 2010) Rotor é um brinquedo que pode ser visto em parques de diversões. Consiste em um grande cilindro de raio R que pode girar em torno de seu eixo vertical central. Após a entrada das pessoas no rotor, elas se encostam nas suas paredes e este começa a girar. O rotor aumenta sua velocidade de rotação até que as pessoas atinjam uma velocidade v , quando, então, o piso é retirado. As pessoas ficam suspensas, como se estivessem “ligadas” à parede

interna do cilindro enquanto o mesmo está girando, sem nenhum apoio debaixo dos pés e vendo um buraco abaixo delas.



Em relação à situação descrita, é CORRETO afirmar que:

01. a força normal, ou seja, a força que a parede faz sobre uma pessoa encostada na parede do rotor em movimento, é uma força centrípeta.

02. se duas pessoas dentro do rotor tiverem massas diferentes, aquela que tiver maior massa será a que terá maior chance de deslizar e cair no buraco abaixo de seus pés.

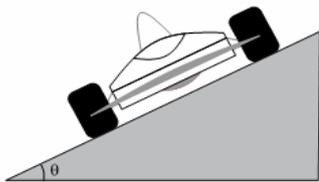
04. o coeficiente de atrito estático entre a superfície do rotor e as roupas de cada pessoa dentro dele deve ser maior ou igual a $gR/(v^2)$.

08. o coeficiente de atrito estático entre a superfície do rotor e as roupas de cada pessoa dentro dele é proporcional ao raio do rotor.

16. o coeficiente de atrito estático entre a superfície do rotor e as roupas de cada pessoa dentro dele é proporcional à velocidade v do rotor.



21. (FAMERP 2018) Em um autódromo, cuja pista tem 5.400 m de comprimento, há uma curva de raio 120 m, em superfície plana inclinada, na qual a borda externa é mais elevada que a interna, como mostra a figura. O ângulo de inclinação θ é tal que $\text{sen } \theta = 0,60$.



a. Supondo que um carro de competição desenvolva uma velocidade média de 216 km/h, determine o intervalo de tempo, em segundos, em que ele completa uma volta nessa pista.

b. Considere que a massa do carro seja igual a 600 kg, que sua velocidade na curva inclinada seja 30 m/s e que a componente horizontal desta velocidade seja igual à resultante centrípeta. Determine a intensidade da força normal, em newtons, aplicada pela pista sobre o carro, nessa curva.

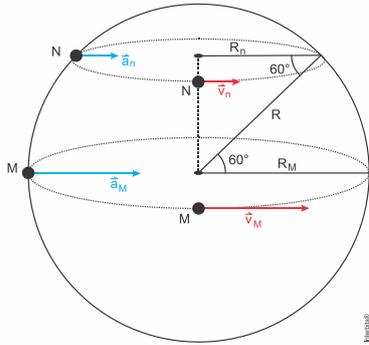
ANOTAÇÕES



GABARITO



1. A figura ilustra a situação, mostrando Maria (M) e seu namorado (N) em duas posições diferentes, sobre o mesmo meridiano



a. O raio da trajetória de Maria é igual ao raio da Terra: $R_M = R = 6 \times 10^6$ m.

Como o movimento de Maria é circular uniforme:

$$v_M = \frac{\Delta S_M}{\Delta t} = \frac{2\pi R_M}{T} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 6 \times 10^6}{80.000} \Rightarrow v_M = 450 \text{ m/s.}$$

b. No movimento circular uniforme, a aceleração é centrípeta.

$$a_M = \frac{v_M^2}{R_M} = \frac{450^2}{6 \times 10^6} = \frac{202.500}{6 \times 10^6} \Rightarrow a_M = 0,034 \text{ m/s}^2.$$

c. O movimento do namorado de Maria também é circular uniforme, de raio R_n

$$\cos 60^\circ = \frac{R_n}{R} \Rightarrow R_n = R \cos 60^\circ$$

$$v_n = \frac{\Delta S_n}{\Delta t} = \frac{2\pi R_n}{T} = \frac{2\pi R \cos 60^\circ}{T} = \frac{2\pi R}{T} \cos 60^\circ = v_M \cos 60^\circ = 450 \cdot \frac{1}{2} \Rightarrow v_n = 225 \text{ m/s.}$$

d. Como mostra a figura, as acelerações de Maria e de seu namorado, a_M e a_n , são paralelas entre si, logo: $\alpha = 0^\circ$

2. Dados: $\pi = 3$; $r = 38,88 \times 10^4$ m; $T = 27$ dias = 648h

a. Aplicando a definição de velocidade média:

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2(3)(3,888 \times 10^5)}{648} = 6 \times 6 \times 10^2 \Rightarrow v = 3.600 \text{ km/h.}$$

b. Como o movimento é considerado uniforme, a força resultante sobre a Lua é centrípeta.

Do item anterior, $v = 3600$ km/h = 1000 m/s

$$F_{\text{res}} = \frac{m v^2}{r} = \frac{7,3 \times 10^{22} (1.000)^2}{38,88 \times 10^7}$$

$$F_{\text{res}} = 1,88 \times 10^{20} \text{ N.}$$

3. Dados: $R = 20$ m; $M_N = 60$ kg; $M_J = 70$ kg.

a. Como as posições se invertem em 15 s, antes de a roda completar uma volta, esse intervalo de tempo corresponde a meio período.

$$T/2 = 15 \rightarrow T = 30 \text{ s.}$$

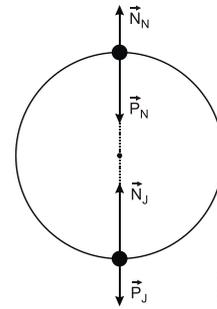
O módulo da velocidade linear das cadeiras é:

$$v = 2\pi R/T = 2(3)(20)/(30) \rightarrow v = 4 \text{ m/s}$$

b. A aceleração radial é a aceleração centrípeta:

$$a_R = \frac{v^2}{R} = \frac{4^2}{20} \Rightarrow a_R = 0,8 \text{ m/s}^2.$$

c. A figura ilustra a situação descrita:



Como se trata de movimento circular, a resultante (R) é centrípeta, ou seja, dirigida para o centro.

Para Nina:

$$P_N - N_N = R_N \rightarrow N_N = M_N g - M_N a_R \rightarrow N_N = 60 (10 - 0,8) \rightarrow N_N = 552 \text{ N.}$$

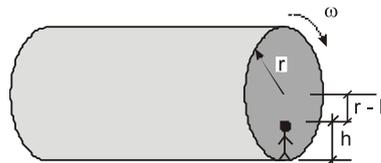
Para José:

$$N_J - P_J = R_J \rightarrow N_J = M_J a_R + M_J g \rightarrow N_J = 70 (10 + 0,8) \rightarrow N_J = 756 \text{ N.}$$

4. Dados: $h = 2$ m; $g = 9,8$ m/s²; $\Delta a_c = 1\% g = g/100 = 0,098$ m/s².

Um habitante (da cabeça aos pés) gira com a mesma velocidade angular (ω) da nave.

A diferença entre as acelerações centrípetas nos pés (a_c^{pe}) e na cabeça (a_c^{cab}) deve ser igual a 1% da aceleração da gravidade na Terra.



Para os pés: $a_c^{pe} = \omega^2 r = g$;

Para a cabeça: $a_c^{cab} = \omega^2 (r-h)$.

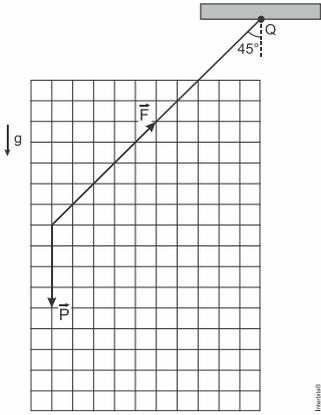
Equacionando:

$$a_c^{pe} - a_c^{cab} = g/100 \rightarrow \omega^2 r - \omega^2 (r-h) = g/100 \rightarrow \omega^2 r - \omega^2 r + \omega^2 h = g/100 \rightarrow \omega^2 h = g/100 \rightarrow \omega^2 (2) = 0,098 \rightarrow \omega^2 = 0,049.$$



Mas $\omega^2 r = g \Rightarrow 0,049 r = 9,8 \Rightarrow r = 9,8 / (0,049) \Rightarrow r = 200$ m.

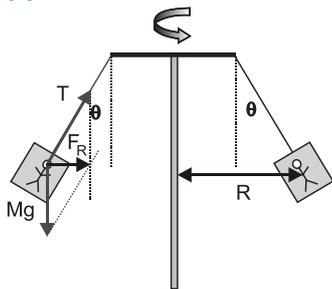
5. a. Observe a figura a seguir:



b. Analisadas as forças do sistema:
 Na direção vertical: $T \cdot \cos 45^\circ = m \cdot g$
 Na direção horizontal: $T \cdot \sin 45^\circ = m \cdot v^2 / R$
 Pela igualdade das duas expressões: $m \cdot v^2 / R = m \cdot g$
 $\rightarrow v^2 / R = g \rightarrow v = \sqrt{Rg} = 7 \text{ m/s}$
 Para a volta completa: $v = \Delta S / \Delta t \rightarrow v = 2\pi R / t_A = 2\pi R / v = 2 \cdot 3 \cdot 4,9 / 7 = 4,2 \text{ s}$
 c. Sabemos que $T \cdot \cos 45^\circ = m \cdot g \rightarrow T \cdot \sqrt{2} / 2 = 60 \cdot 10$
 $\rightarrow T \cdot 0,71 = 600 \rightarrow T = 845 \text{ N}$
 Nas condições do teste de segurança: $3 \cdot T = M_0 \cdot g$
 $\rightarrow M_0 = 3 \cdot 845 / (10) = 253,5 \text{ kg}$

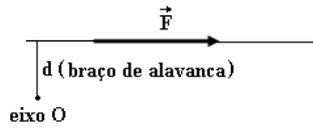
6.a. $F = m \cdot v^2 / (R) = 1000 \cdot 20^2 / (50) = 8000 \text{ N}$.
 b. $F = P - N \rightarrow N = P - F = 10000 - 8000 = 2000 \text{ N}$.

7.



$R = (L/2) + d \cdot \sin \theta = (8/2) + 10 \cdot \sin 30^\circ = 4 + 10 \cdot 0,5 = 4 + 5 = 9 \text{ m}$
 Na figura
 $T \cdot \cos \theta = M \cdot g \rightarrow T \cdot \cos 30^\circ = 1000 \cdot 10 \rightarrow T \cdot 0,87 = 10000 \rightarrow T = 10000 / (0,87) = 11494 \text{ N}$
 A resultante centrípeta atua no plano horizontal, logo: $F_{\text{centrípeta}} = T \cdot \sin 30^\circ = 11494 \cdot 0,5 = 5747 \text{ N}$

8.a. O momento de uma força em relação a um eixo é o produto do módulo da força pelo braço de alavanca (distância do eixo à reta suporte da força).



$M_F^O = Fd$
 No caso proposto, o momento total é a soma dos três momentos produzidos pelas forças. $M_{\text{resultante}} = 3Fd = 3 \times 0,2 \times 6 \times 10^{-2} = 3,6 \times 10^{-2} \text{ N.m}$
 b. O movimento de um corpo lançado horizontalmente deve ser decomposto em dois movimentos.
 Vertical \rightarrow MUV a partir do repouso $\rightarrow \Delta S = 1/2 \cdot a \cdot t^2 \rightarrow 0,8 = 5t^2 \rightarrow t = 0,4 \text{ s}$
 Horizontal \rightarrow MU $\rightarrow \Delta S = V \cdot t = 8 \times 0,4 = 3,2 \text{ m}$

9. A velocidade angular necessária para o corpo tombar (ω_2) é inferior à velocidade angular necessária para o corpo deslizar, portanto o corpo tomba antes de deslizar.

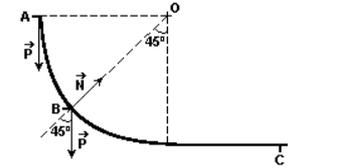
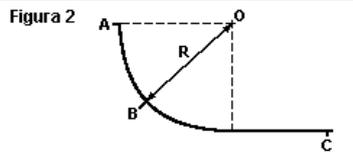
10. a. 8 N
 b. 7 m/s²

11.a. $a_c = 36 \text{ m/s}^2$
 $Ra/g = a/g = 3,6$
 b. $T_{\text{total}} = 31,5 \text{ s}$.

12. a. 6 m/s
 b. 100 N

13.a. $T = 10 \text{ N}$
 b. $\omega = 4,0 \text{ rad/s}$

14.a. Observe a figura a seguir



$\vec{P} = M\vec{g}$ - Peso da partícula
 \vec{N} - Força de contato da rampa sobre a partícula

b. I) $V_C = \sqrt{(2gR)}$
 II) $N \approx 2,1Mg$



15. Aplicando o princípio fundamental da dinâmica, $F(\text{resultante}) = \text{massa} \cdot \text{aceleração}$, considerando que o movimento da caixa é circular, tem-se:

$T \cos \theta = mg$ e $T \sin \theta = (mv^2)/R$, onde T é a tensão no fio, θ é o ângulo que o fio faz com a vertical, v é a velocidade da caixa (igual à do ônibus) e R é o raio da trajetória.

Da primeira equação, obtem-se:

$$\cos \theta = (mg)/T = (6 \times 10)/65 = 12/13, \text{ de onde } \sin \theta = \sqrt{1 - (12/13)^2} = 5/13.$$

Usando, então, a segunda equação, chegamos a $R = (mv)^2 / (T \sin \theta) = (6 \times 20^2 \times 13) / (65 \times 5) = 96 \text{ m}$.

16. Combinando as equações, $V_0^2 = 2gR + 2gR = 4gR$ ou $V_0 = 2\sqrt{gR}$.

17. a. o sentido anti-horário (vide figura no problema) e o módulo $Mg/(kv)$

b. $v = \sqrt{2h/g}$

18. $02 + 16 = 18$.

[01] Falsa. Os pares ação e reação fazem parte da 3ª Lei de Newton e no caso do peso do corpo está aplicado no centro da Terra e a normal do sistema motociclista/moto está aplicado no cilindro, ambas as forças que representam pares ação/reação com iguais intensidades e direção porém sentidos contrários.

[02] Verdadeira. A força de atrito ao escorregamento é a responsável por equilibrar o peso do sistema motociclista/moto, conforme o desenho abaixo.

[04] Falsa. Como visto anteriormente, o par/reação do peso está no centro da terra.

[08] Falsa. Neste caso, a força normal é radial e representa a força que o cilindro exerce sobre o sistema motociclista/moto.

[16] Verdadeira. De acordo com o exposto no item anterior, além disso, a força normal é a força resultante do movimento circular.

[32] Falsa. Como a força normal é igual a força resultante no MCU que é a força centrípeta, temos: $N = F_c = m \cdot v^2 / (R)$ (1)

E como a força de atrito é igual em módulo a força peso:

$$F_{at} = P \rightarrow \mu N = mg \quad (2)$$

Usando a expressão para a força normal em (1) e substituindo em (2) e explicitando a velocidade, ficamos com: $v = \sqrt{Rg/\mu}$

19. $02 + 08 + 32 = 42$.

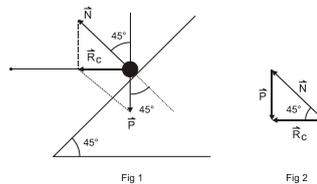
[01] Incorreta. Nada se pode afirmar, pois a velocidade angular do ciclista que corre na pista externa, em comparação com a do ciclista que corre na pista interna, pode ser maior (se ele se distanciar à frente), igual (se eles correrem lado a lado), ou menor (se ele se distanciar ficando para trás).

[02] Correta. Dados: $r_{ext} = 24 \text{ m}$; $r_{int} = 18 \text{ m}$.

Se eles correm lado a lado, então têm mesma velocidade angular (ω).

$$\omega_{ext} = \omega_{int} \rightarrow v_{ext}/r_{ext} = v_{int}/r_{int} \rightarrow v_{ext}/v_{int} = r_{ext}/r_{int} = 24/18 = 4/3 = 1,33 \rightarrow v_{ext} = 1,33 v_{int}$$

[04] Incorreta. A figura 1 mostra as forças agindo sobre o ciclista, no caso de pista escorregadia (sem atrito). A soma vetorial da normal que a pista aplica no ciclista com seu peso dá a resultante centrípeta.



Da figura 2:

$$\tan 45^\circ = P/R_c = mg / (mv^2/r) \rightarrow 1 = rg/v^2 \rightarrow v = \sqrt{rg} = \sqrt{18 \cdot 10} \rightarrow v = 13,4 \text{ m/s}$$

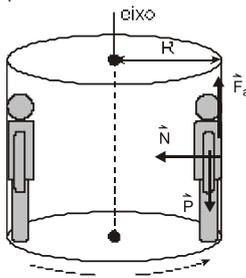
[08] Correta. Como o movimento é circular uniforme, a resultante centrípeta tem módulo constante e não nulo.

[16] Incorreta. Como mostrado nas figuras 1 e 2, acima, a resultante centrípeta não é paralela à pista.

[32] Correta. O enunciado não afirma que a linha de chegada é a mesma linha de largada. Usando o bom senso, supondo que o sejam, o espaço final é igual ao inicial, portanto o deslocamento é zero.

20. $01 + 04 = 05$

A figura a seguir mostra as forças que agem na pessoa.



[01] Correta. A força normal (N) é sempre perpendicular a superfície de apoio, conforme ilustra a figura acima. Nesse caso ela é dirigida para o centro, portanto é uma força centrípeta.

[02] Falsa. Como a pessoa efetua movimento circular uniforme, na direção horizontal a normal age como resultante centrípeta (R_{cent}) e, na direção vertical, a força de atrito (F_{at}) deve equilibrar o peso. O piso somente deve ser retirado quando a força de atrito estática máxima for maior ou igual ao peso, caso contrário a pessoa escorrega pelas paredes.

Assim:

$$N = mv^2/R$$

$$F_{at} \geq P \Rightarrow \mu N \geq mg.$$



Inserindo nessa expressão a expressão anterior, vem:

$$\mu m v^2 / (R) \geq m g \rightarrow \mu \geq R g / v^2 \rightarrow v \geq \sqrt{R \cdot g / \mu}$$

Nessa expressão, vemos que a massa da pessoa não interfere e que a velocidade mínima com que o piso pode ser retirado depende apenas do raio do rotor da intensidade do campo gravitacional local e do coeficiente de atrito entre as roupas da pessoa e a parede do rotor.

[04] Verdadeira, conforme demonstração no item anterior.

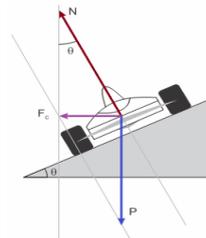
[08] Falsa. O coeficiente de atrito depende apenas das características das superfícies em contato.

[16] Falsa, conforme justificativa do item anterior.

21. a. Cálculo do intervalo de tempo através da velocidade média:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta s}{v_m} \Rightarrow \Delta t = \frac{5400 \text{ m}}{\frac{216 \text{ km/h}}{3,6 \frac{\text{km/h}}{\text{m/s}}}} = \frac{5400 \text{ m}}{60 \text{ m/s}} \therefore \Delta t = 90 \text{ s}$$

b. Sendo a componente horizontal a resultante centrípeta, conforme a figura abaixo podemos determinar um triângulo retângulo e a partir deste resolver o problema com o auxílio da trigonometria:



Assim, pelo triângulo retângulo, obtemos:

$$\text{sen } \theta = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{hipotenusa}} = \frac{F_c}{N} \Rightarrow N = \frac{F_c}{\text{sen } \theta}$$

Como a resultante centrípeta é: $F_c = \frac{m \cdot v^2}{r}$, então:

$$N = \frac{m \cdot v^2}{r \cdot \text{sen } \theta} \Rightarrow N = \frac{600 \text{ kg} \cdot (30 \text{ m/s})^2}{120 \text{ m} \cdot 0,60} \therefore N = 7500 \text{ N}$$

ANOTAÇÕES

Handwriting practice area with horizontal lines.

- ✉ contato@biologiatotal.com.br
- 📺 [/biologiajubilit](#)
- 📷 [Biologia Total com Prof. Jubilit](#)
- 📘 [@biologiatotaloficial](#)
- 🐦 [@Prof_jubilit](#)
- 📌 [biologiajubilit](#)

