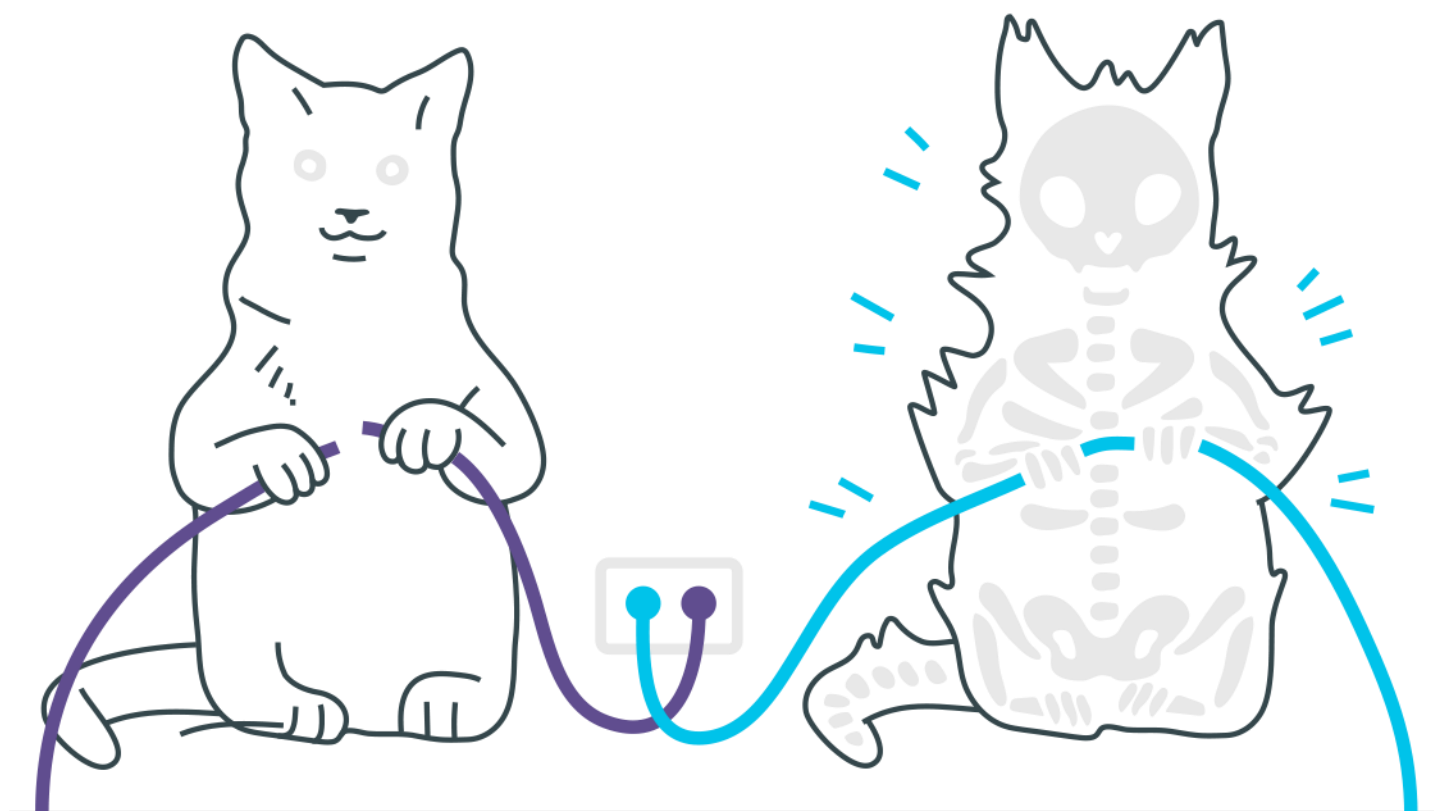
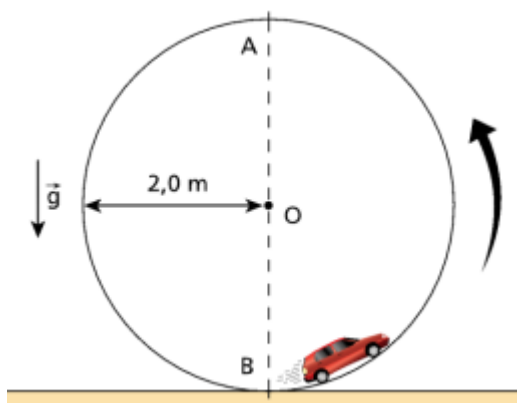


Forças em Trajetórias Curvilíneas



Forças em Trajetórias Curvilíneas

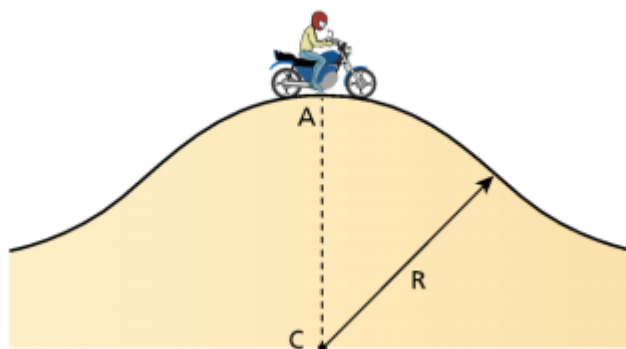
1. Na figura seguinte, um carrinho de massa $1,0\text{kg}$ descreve movimento circular e uniforme ao longo de um trilho envergado em forma de circunferência de $2,0\text{m}$ de raio:



A velocidade escalar do carrinho vale $8,0\text{m/s}$, sua trajetória pertence a um plano vertical e adota-se $g=10\text{m/s}^2$. Supondo que os pontos A e B sejam, respectivamente, o mais alto e o mais baixo do trilho, determine a intensidade da força que o trilho exerce no carrinho:

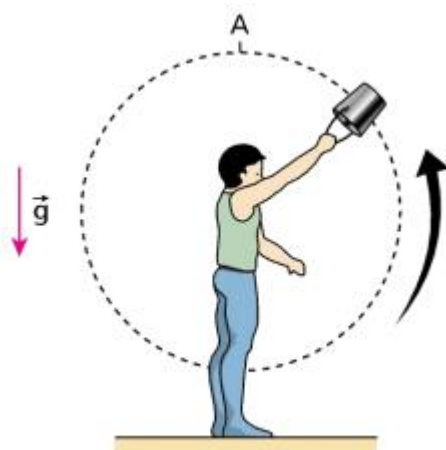
- a) no ponto A;
- b) no ponto B.

2. Uma moto percorre um morro, conforme ilustra a figura a seguir. Visto em corte, esse morro pode ser comparado a um arco de circunferência de raio R , contido em um plano vertical. Observe:



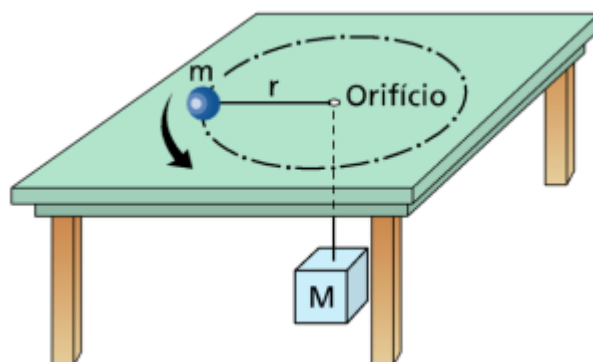
Ao passar no ponto A, o mais alto do morro, a moto recebe da pista uma força de reação normal 25% menor que aquela que receberia se estivesse em repouso nesse ponto. Se no local a aceleração da gravidade vale g , qual será o módulo da velocidade da moto no ponto A?

3. No esquema abaixo, um homem faz com que um balde cheio de água, dotado de uma alça fixa em relação ao recipiente, realize uma volta circular de raio R num plano vertical.



Sabendo que o módulo da aceleração da gravidade vale g , responda: qual a mínima velocidade linear do balde no ponto A (mais alto da trajetória) para que a água não caia?

4. Na figura abaixo, uma esfera de massa $m = 2,0 \text{ kg}$ descreve sobre a mesa plana, lisa e horizontal um movimento circular. A esfera está ligada por um fio ideal a um bloco de massa $M = 10 \text{ kg}$, que permanece em repouso quando a velocidade da esfera é $v = 10 \text{ m/s}$.

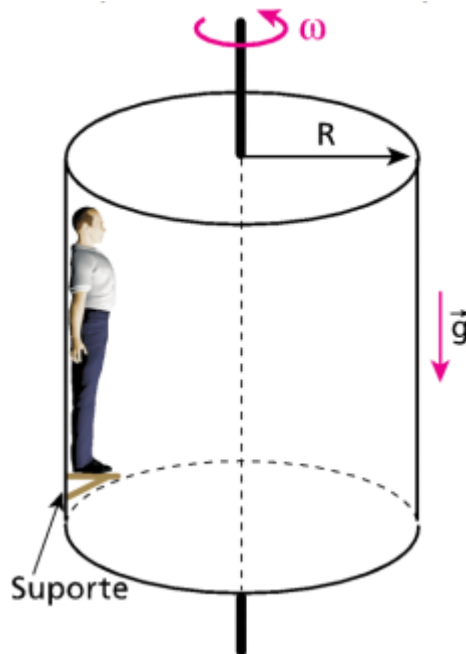


Sendo $g = 10 \text{ m/s}^2$, calcule o raio da trajetória da esfera, observando a condição de o bloco permanecer em repouso.

5. Um carro percorre uma pista plana e circular de raio R , contida em um plano horizontal. O coeficiente de atrito estático entre seus pneus e o asfalto vale μ e, no local, a aceleração da gravidade tem módulo g . Despreze a influência do ar.

- a) Com que velocidade linear máxima o carro deve deslocar-se ao longo da pista, com a condição de não derrapar?
- b) A velocidade calculada no item anterior depende da massa do carro?

6. Em alguns parques de diversões, existe um brinquedo chamado rotor, que consiste em um cilindro oco, de eixo vertical, dentro do qual é introduzida uma pessoa:

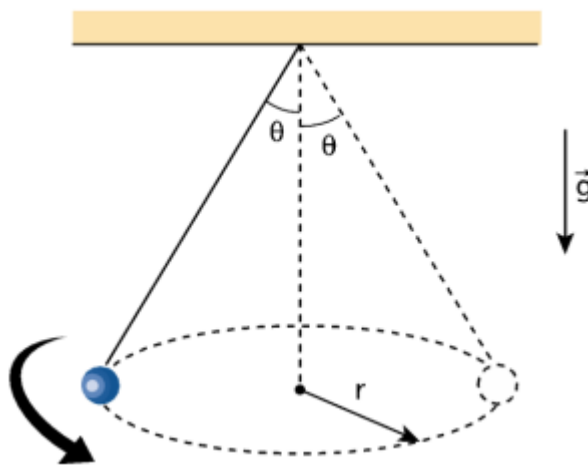


De início, a pessoa apoia-se sobre um suporte, que é retirado automaticamente quando o rotor gira com uma velocidade adequada. Admita que o coeficiente de atrito estático entre o corpo da pessoa e a parede interna do rotor valha μ .

Suponha que o módulo da aceleração da gravidade seja g e que o rotor tenha raio R . Calcule a mínima velocidade angular do rotor, de modo que, com o suporte retirado, a pessoa não escorregue em relação à parede.

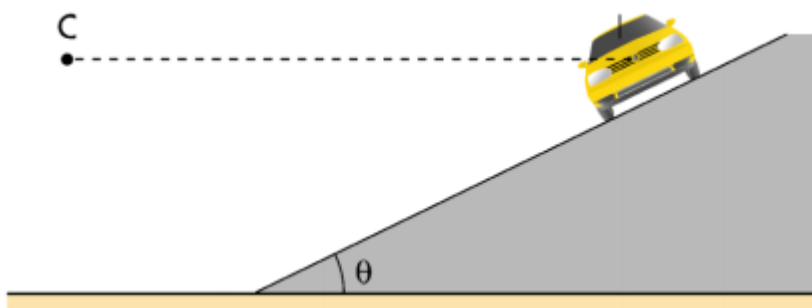
7. No esquema a seguir, representa-se um pêndulo cônico operando em condições ideais. A esfera pendular descreve movimento circular e uniforme, num plano horizontal, de modo que o afastamento angular do fio em relação à vertical é θ .

Sendo g o módulo do campo gravitacional do local e r o raio da circunferência descrita pela esfera pendular:



Calcule o período de revolução do pêndulo.

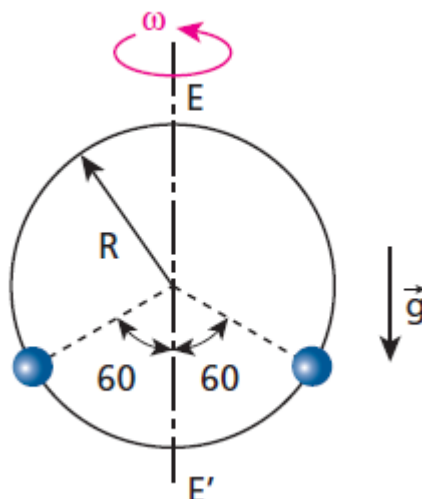
8. Um automóvel está em movimento circular e uniforme com velocidade escalar v , numa pista sobrelevada de um ângulo em relação à horizontal.



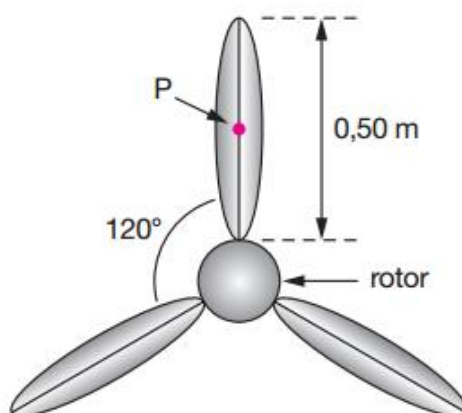
Sendo μ o coeficiente de atrito estático entre os pneus e a pista, R o raio da trajetória e g a intensidade do campo gravitacional, determine o valor máximo de v , de modo que não haja deslizamento lateral do veículo.

9. Um aro metálico circular e duas esferas são acoplados conforme a figura a seguir. As esferas são perfuradas diametralmente, de modo a poderem se deslocar ao longo do aro, sem atrito.

Seja R o raio do aro e m a massa de cada esfera, determine a velocidade angular que o aro deve ter, em torno do eixo vertical EE' , para que as esferas fiquem na posição indicada. A aceleração da gravidade tem intensidade g .



10. Um ventilador de teto, com eixo vertical, é constituído por três pás iguais e rígidas, encaixadas em um rotor de raio $R = 0,10$ m, formando ângulos de 120° entre si. Cada pá tem massa $M = 0,20$ kg e comprimento $L = 0,50$ m. No centro de uma das pás foi fixado um prego P , com massa $m_p = 0,020$ kg, que desequilibra o ventilador, principalmente quando ele se movimenta. Suponha, então, o ventilador girando com uma velocidade de 60 rotações por minuto e determine:

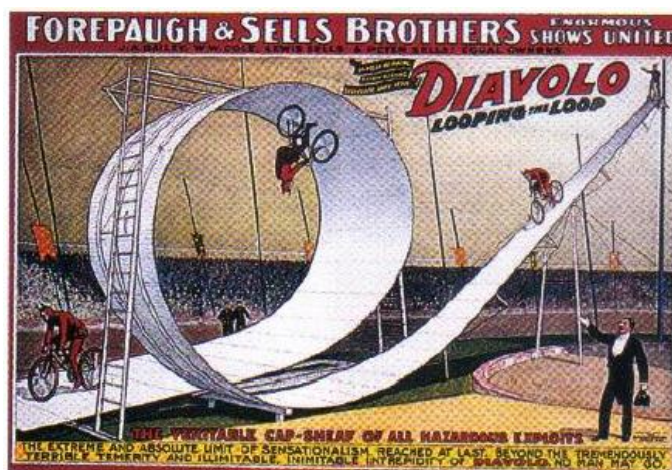


(Se necessário utilize $\pi = 3$)

- a) A intensidade da força radial horizontal F , em newtons, exercida pelo prego sobre o rotor.
- b) A massa M_0 , em kg, de um pequeno contrapeso que deve ser colocado em um ponto D_0 , sobre a borda do rotor, para que a resultante das forças horizontais, agindo sobre o rotor, seja nula.
- c) A posição do ponto D_0 , localizando-a na figura.

Vem que tem mais!

Diavolo e o Loop da Morte



Em 1901, em um espetáculo de circo, Allo "Dare Devil" Diavolo apresentou pela primeira vez um número arriscado de acrobacia que consistia em descrever um *loop* vertical pedalando uma bicicleta.

(i) Calcule efetivamente a menor velocidade v que Diavolo podia ter no alto do *loop* para permanecer em contato com a pista. Suponha, para efeito de conta, que o *loop* era um círculo de raio 2,7 m. Considere $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

(ii) Reflita sobre o resultado obtido e responda, considerando a mesma velocidade mínima, se Diavolo estaria em perigo caso estivesse usando equipamentos mais pesados.

Gabarito

1. a) $F_{nA} = 22 \text{ N}$ b) $F_{nB} = 42 \text{ N}$

2.

$$v = \frac{1}{2} \sqrt{g R}$$

3.

$$v_{\min} = \sqrt{g R}$$

4. 2,0 m

5. a)

$$v_{\max} = \sqrt{\mu g R}$$

b) A velocidade calculada independe da massa do carro.

6.

$$\omega_{\min} = \sqrt{\frac{g}{\mu R}}$$

7.

$$T = 2 \pi \sqrt{\frac{r}{g \operatorname{tg} \theta}}$$

8.

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{R g (\sin \theta + \mu \cos \theta)}{\cos \theta - \mu \sin \theta}}$$

9.

$$\omega = \sqrt{\frac{2 g}{R}}$$

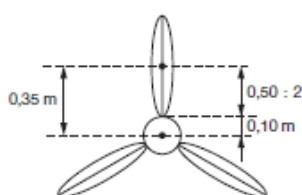
10.

a) O prego gira em torno do eixo com velocidade

angular $\omega = 2\pi f = 2 \cdot 3 \cdot \frac{60}{60} = 6 \text{ rad/s}$ e raio igual a $0,25 + 0,10 = 0,35 \text{ m}$.

A intensidade da força pedida é igual à intensidade da componente centrípeta da resultante agente no prego:

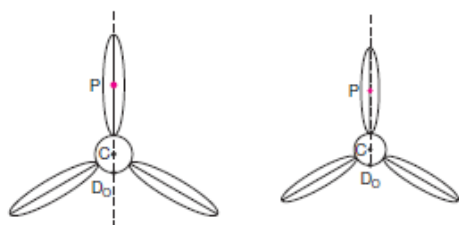
$$F = R_C = m_p \omega^2 r = 0,020 \cdot 6^2 \cdot 0,35 \therefore F = 0,25 \text{ N}$$



b) Para que as forças horizontais agentes no rotor se equilibrem:

$$m_p \omega^2 r = M_0 \omega^2 R \Rightarrow M_0 = m_p \frac{r}{R}$$

$$\text{Logo } M_0 = 0,020 \frac{0,35}{0,10} \therefore M_0 = 0,07 \text{ kg}$$

c) Para que duas forças se equilibrem, devem ser colineares. Assim, o ponto D_0 , o centro de rotação e a posição do prego devem estar alinhados.

Gabarito do “Vem que tem mais!”

a)

$$v = \sqrt{gR} = \sqrt{(9,8 \text{ m/s}^2)(2,7 \text{ m})}$$

$$= 5,1 \text{ m/s.}$$

b) A velocidade mínima necessária é independente da massa (e consequentemente do peso) de Diavolo e sua bicicleta. Se ele tivesse se empanturrado, por exemplo, antes de se apresentar, bastaria exceder a mesma velocidade de 5,1 m/s para não cair do *loop*.

LISTA DE EXERCÍCIOS