

Um cilindro possui o eixo principal vertical e raio R , girando no interior do cilindro, num plano horizontal, há uma pequena esfera. Sabendo-se que o coeficiente de atrito entre a esfera e a parede do cilindro é μ e a aceleração local da gravidade é g , calcule a menor velocidade tangencial da partícula para que ela faça a curva sem cair.

Dados do problema

- raio do cilindro: R ;
- coeficiente de atrito: μ .

Esquema do problema

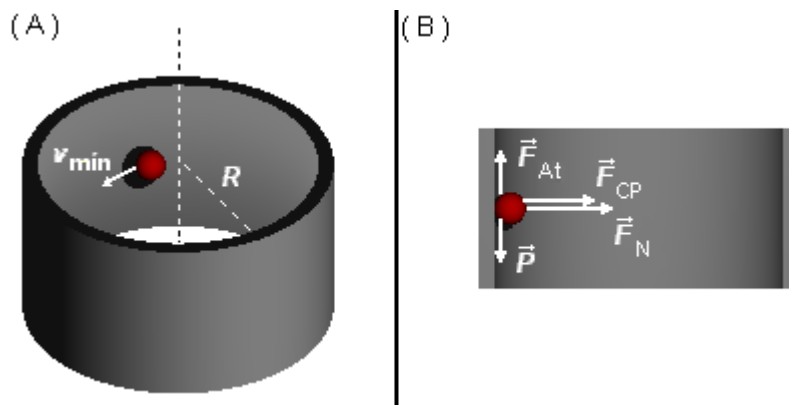


figura 1

As forças que agem na esfera são a força peso ($\vec{P}$) que aponta para baixo, a força de atrito entre a esfera e a parede do cilindro ($\vec{F}_{At}$) que impede que a esfera caia, a força normal ($\vec{F}_N$) que é a reação da parede do cilindro na esfera e a força centrípeta ($\vec{F}_{CP}$) que faz com que a esfera continue girando no mesmo plano.

Solução

Pelo esquema da figura 1-B podemos aplicar a 2.^a Lei de Newton

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

Na direção vertical não há movimento, portanto a resultante das forças peso e de atrito é nula, em módulo obtemos

$$\begin{aligned} F_{At} - P &= 0 \\ F_{At} &= P \end{aligned}$$

Sendo a força de atrito proporcional a reação normal, temos

$$\mu \cdot F_N = m \cdot g \quad (I)$$

Na direção horizontal as forças normal e centrípeta se igualam

$$F_N = F_{CP} = m \cdot a_{CP} \quad (II)$$

A aceleração centrípeta é dada por

$$a_{\text{CP}} = \frac{v^2}{R} \quad (\text{III})$$

substituindo (III) em (II) ficamos com

$$F_N = m \cdot \frac{v^2}{R} \quad (\text{IV})$$

substituindo (IV) em (I) temos a velocidade mínima para que a esfera gire sem cair

$$\mu \cdot m \cdot \frac{v^2}{R} = m \cdot g$$

$$\mu \cdot \frac{v^2}{R} = g$$

$$v^2 = \frac{g \cdot R}{\mu}$$

$$v_{\text{mín}} = \sqrt{\frac{R \cdot g}{\mu}}$$