



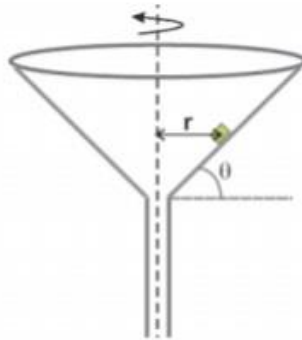
[www.estudar.com.br](http://www.estudar.com.br)

**P1 2017 Poli USP**  
**Resolução**  
**Exercício 6a Dinâmica do**  
**Movimento Circular**  
Explicação





6. Um cubo muito pequeno, de massa  $m$ , é colocado no interior de um funil, a uma distância  $r$  de seu eixo vertical de simetria, como indicado na figura, com a parede do funil fazendo um ângulo  $\theta$  com a horizontal.

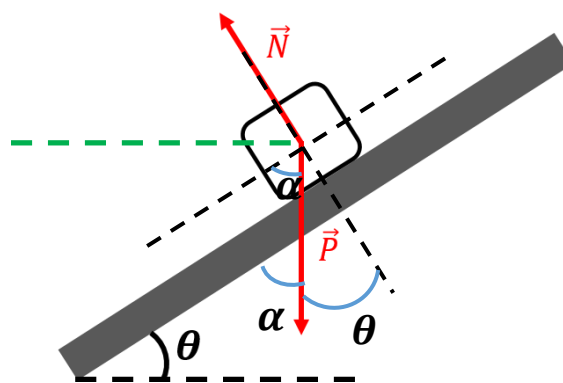


Suponha que não há atrito entre a parede do funil e o cubo e determine:

a. A expressão para frequência de rotação do conjunto  $f_0$ , para que o cubo não deslize para baixo ou para cima sobre a superfície do funil.

Forneça suas respostas em função de  $r$ ,  $\theta$ , da aceleração gravitacional  $g$ , e do coeficiente de atrito  $\mu_e$ .

Inicialmente, por ser um exercício de Dinâmica, devemos fazer o diagrama de forças desse cubinho:

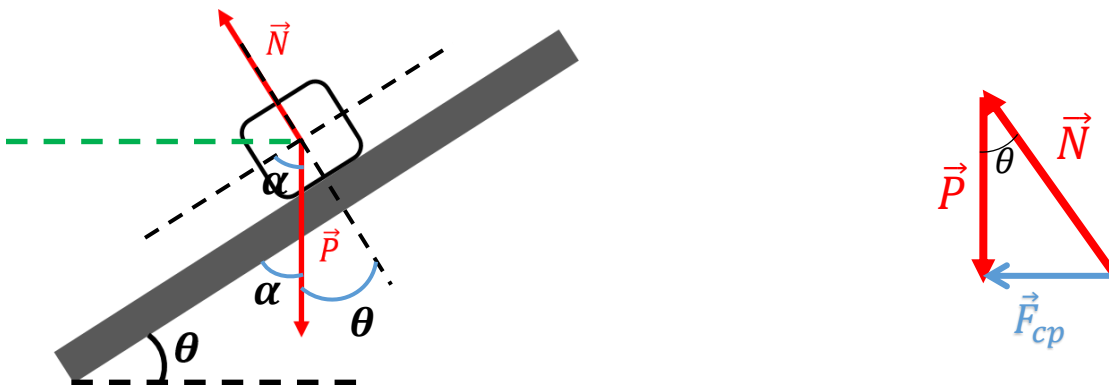


Esse **tracejado verde** foi feito de propósito para **indicar o plano de rotação** do cubo, cujo eixo é o eixo central do cilindro (conforme a figura do enunciado indica, em tracejado), já que o único movimento que queremos que ele execute é o circular.



Para que o **cubo não deslize**, a força **resultante** sobre ele deve ser **puramente centrípeta**. Devemos lembrar da teoria que a força resultante centrípeta ( $\vec{F}_{cp}$ ) tem **direção radial** e **sentido de fora para dentro** no movimento circular.

Indicando por  $\alpha$  o ângulo complementar (aquele que somado dá  $90^\circ$ ) de  $\theta$  e **organizando as forças num triângulo** para facilitar os cálculos, temos:



$$\therefore |\vec{F}_{cp}| = |\vec{P}| \operatorname{tg}\theta \Rightarrow F_{cp} = mgtg\theta$$

Porém, da teoria de dinâmica do movimento circular, podemos lembrar que:

$$F_{cp} = \frac{mv^2}{r} = m\omega^2 r$$

E ainda, da cinemática do movimento circular, que  $\omega = 2\pi f_0$

Portanto:

$$m\omega^2 r = mgtg\theta \Leftrightarrow 4\pi^2 f_0^2 r = g \operatorname{tg}\theta$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g \operatorname{tg}\theta}{r}}$$

**Resposta esperada:**  $f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g \operatorname{tg}\theta}{r}}$