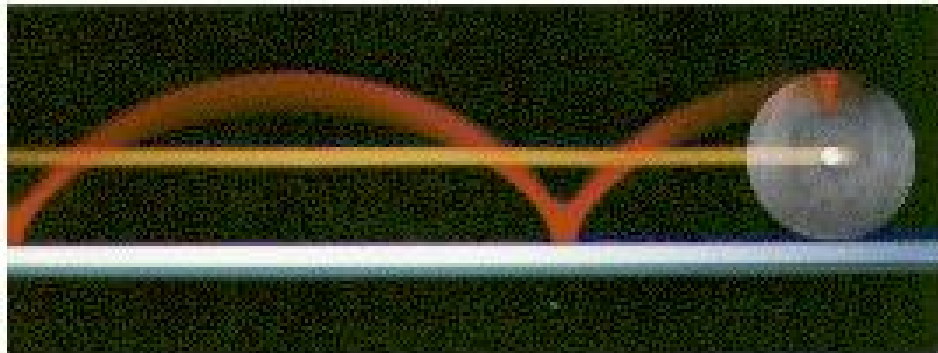


1ª Aula do cap. 11

- Rolamento
- Energia Cinética de Rolamento
- Atrito no Rolamento

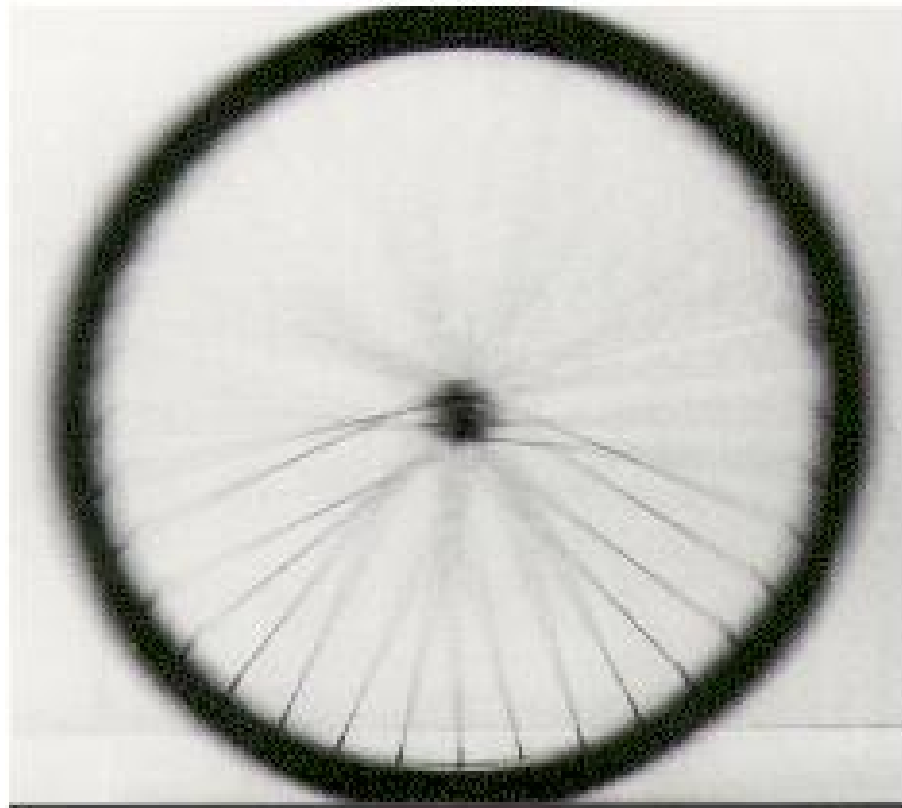
Referência:

Halliday, David; Resnick, Robert & Walker, Jearl. Fundamentos de Física, vol. 1. cap.11 da 7ª. ed. Rio de Janeiro, LTC.





Rolamento

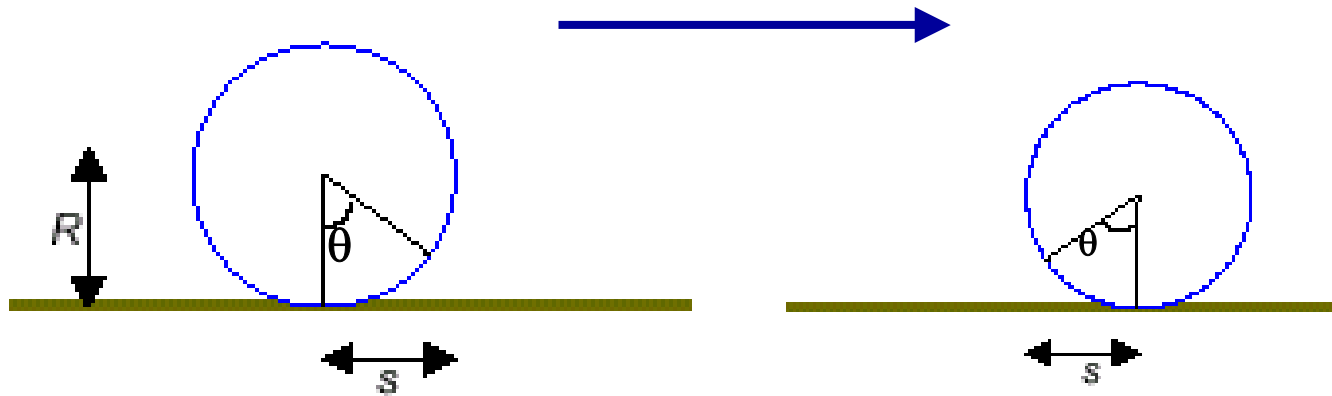


Fotografia de uma roda de bicicleta rolando. Os raios próximos ao ponto mais alto da roda estão mais borrados do que aqueles próximos ao seu ponto mais baixo, pois os primeiros estão se movendo mais rapidamente.

Rolamento como rotação e translação combinadas.

Considere um aro de raio R , rolando sem deslizar em uma superfície plana horizontal. Quando essa roda girar de um ângulo θ , o ponto de contato do aro com a superfície horizontal se deslocou uma distância :

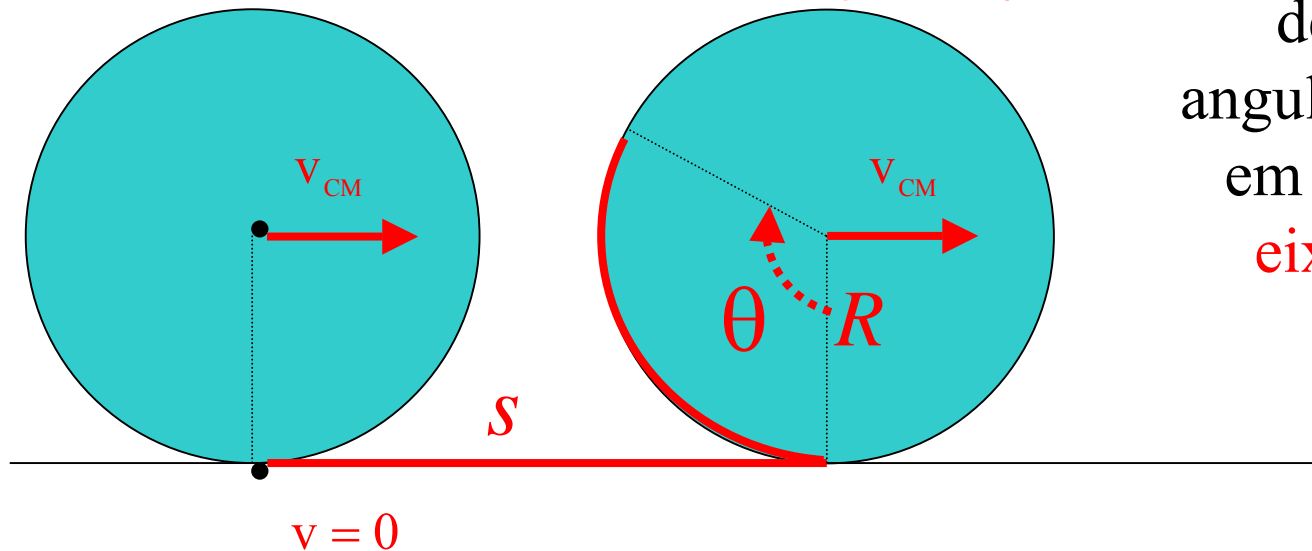
$$S = \theta R$$



De que maneira podemos calcular a velocidade de deslocamento do centro de massa do aro V_{CM} ?

Rolamento como rotação e translação combinadas.

Este é o caso em que a distância percorrida pelo CM do objeto é dada por: $s = R \theta$



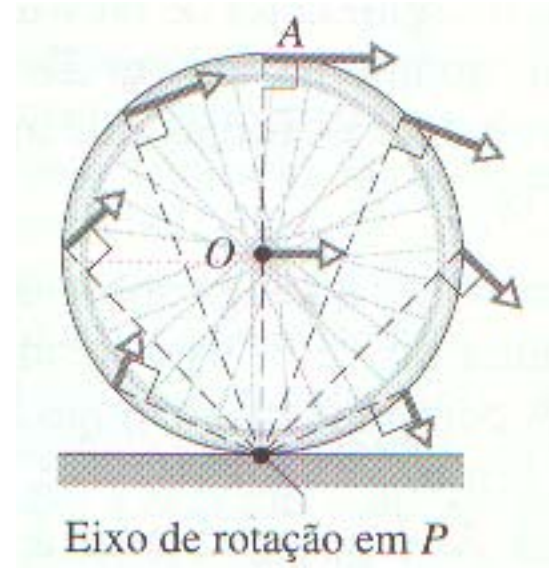
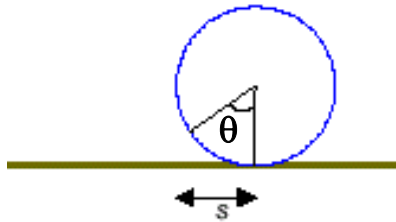
Onde θ é o deslocamento angular do objeto em torno de um eixo que passa pelo CM do sistema.

A velocidade do CM é dada por:

$$v_{CM} = \frac{ds}{dt} = R \frac{d\theta}{dt} = R\omega$$

Rolamento como rotação e translação combinadas.

Um aro de raio R , rolando sem deslizar deslocando-se uma distância : $S = \theta R$



A velocidade de deslocamento do centro de massa do aro

$$\text{tem a forma: } \mathbf{v}_{\text{CM}} = \boldsymbol{\omega}R$$

É a mesma velocidade linear de todos os pontos da borda do aro.

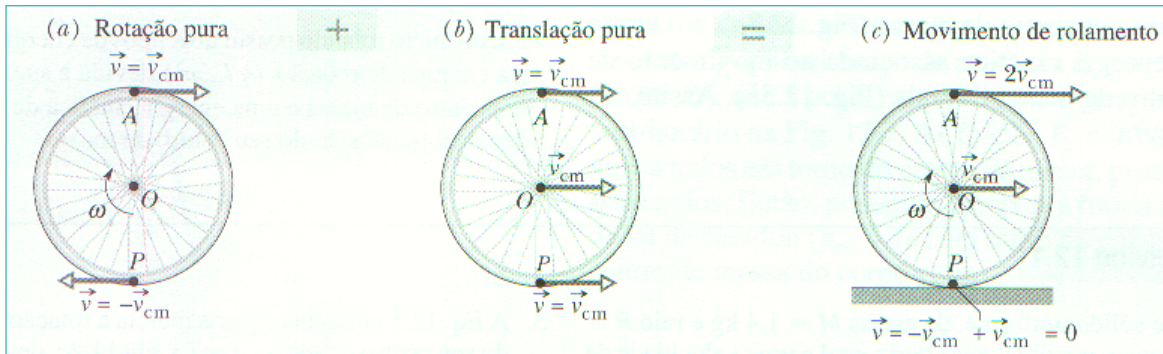
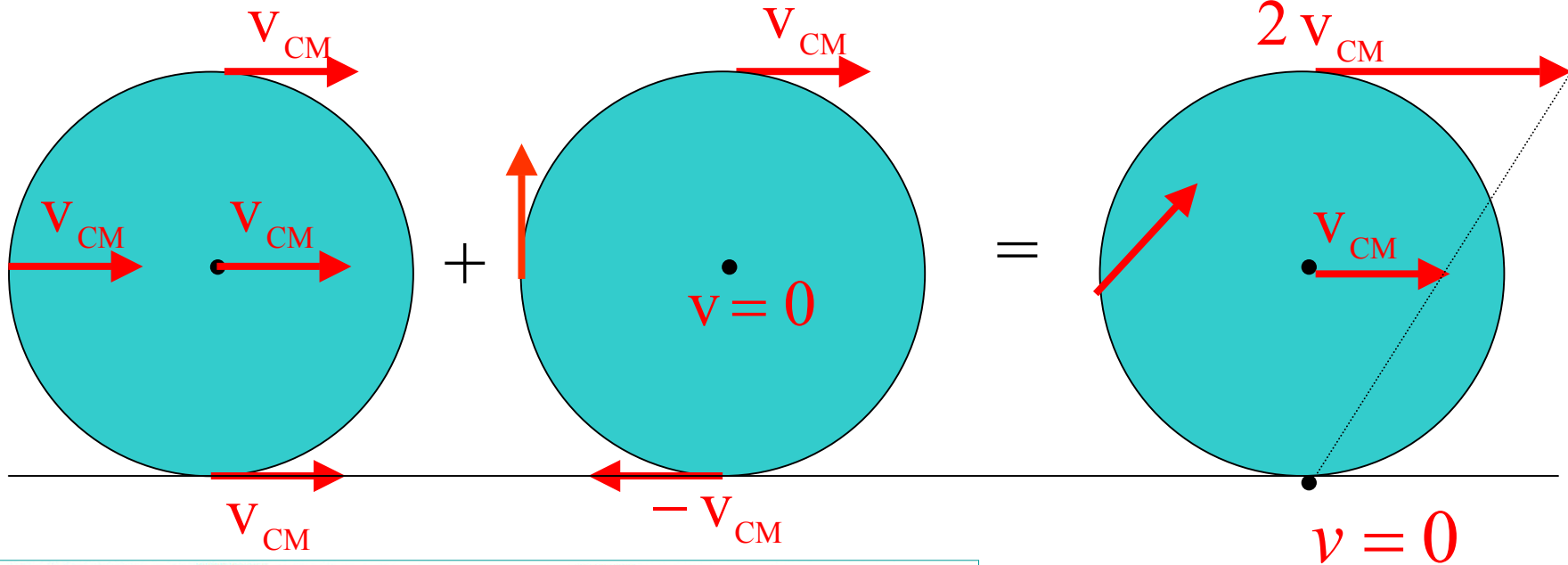
A aceleração do centro de massa do aro será:

$$\mathbf{a}_{\text{CM}} = \boldsymbol{\alpha}R$$

Rolamento

Decomposição do rolamento em rotação + translação

translação + *rotação* = *rolamento*

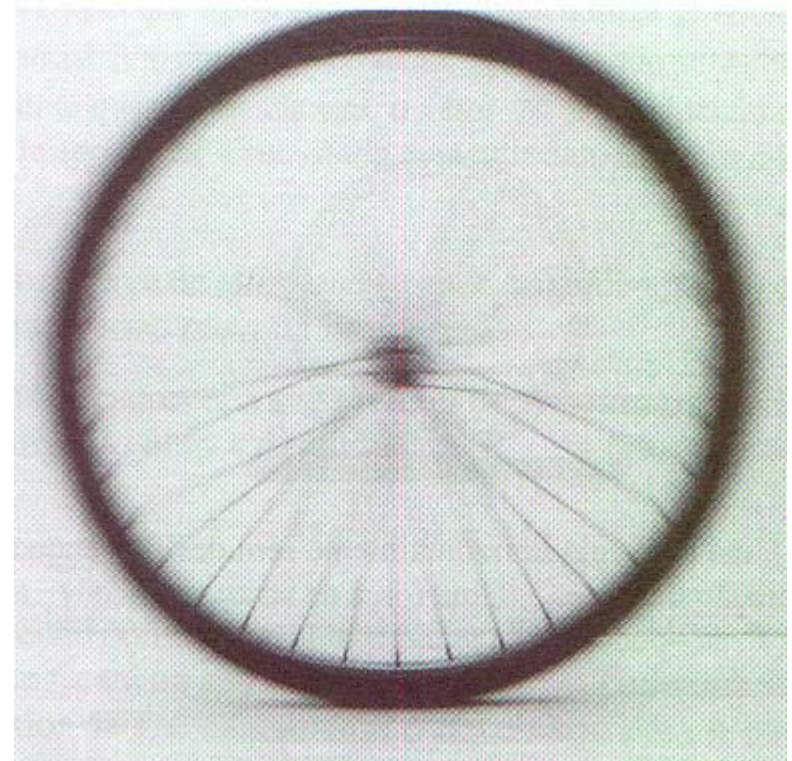
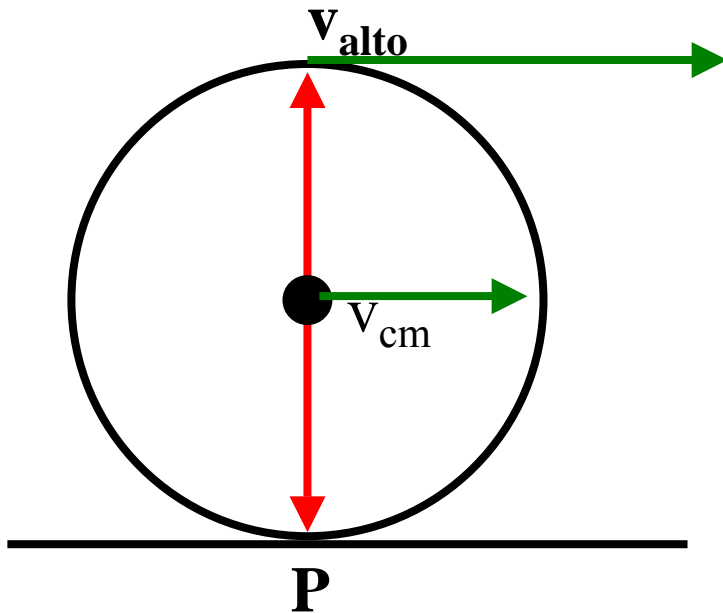


$$v_{CM} = \frac{ds}{dt} = R \frac{d\phi}{dt} = R\omega$$

Rolamento

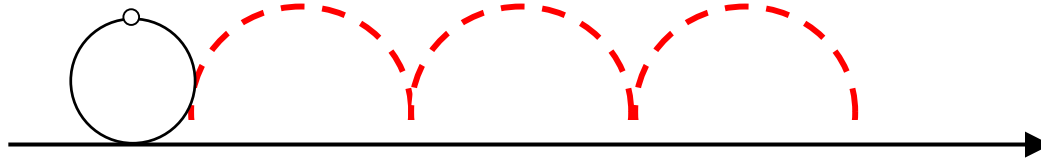
- Rolamento em torno de um eixo no ponto P.
- Velocidade linear do ponto mais alto

$$v_{\text{alto}} = \omega \cdot 2R = 2 v_{\text{cm}}$$

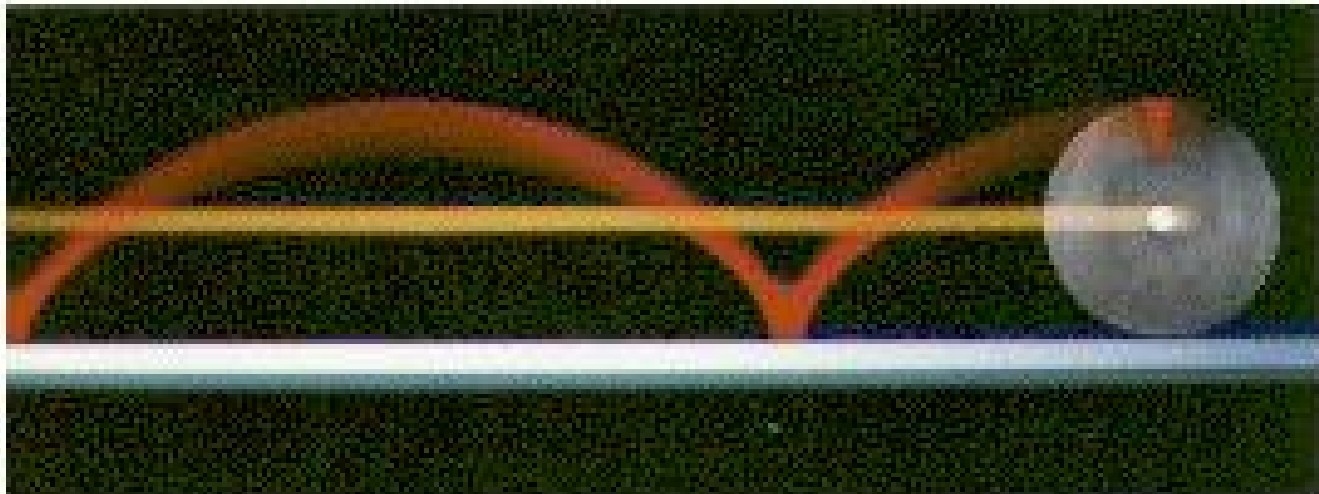


Rolamento

Assim, é possível entender que o ponto A descreve uma trajetória do tipo =>



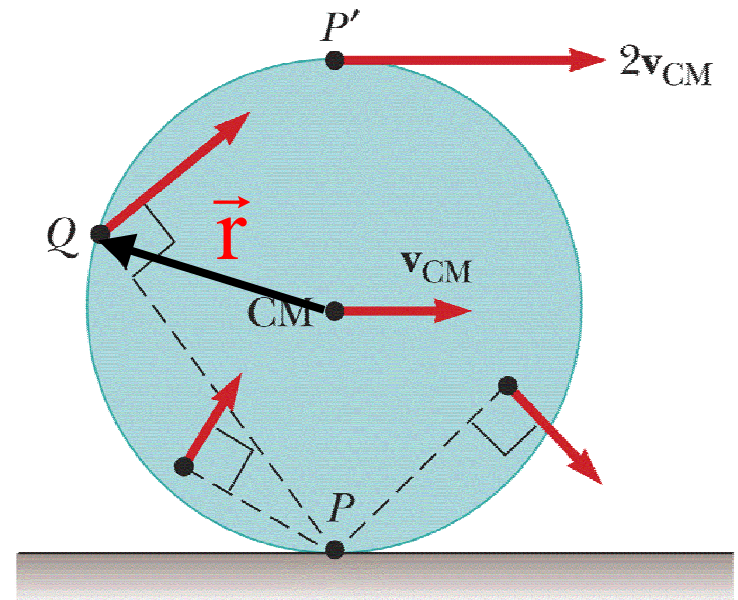
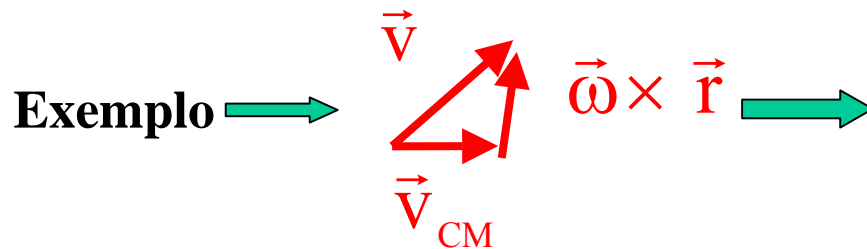
percorrendo uma distância maior que o CM percorre para um mesmo intervalo de tempo.



Energia Cinética de um corpo em Rolamento:

Velocidade de um ponto em qualquer posição do corpo rígido, pode ser entendida como a soma de duas velocidades v_{cm} e ωr

$$\vec{V} = \vec{V}_{CM} + \vec{\omega} \times \vec{r}$$



Energia cinética do corpo rígido em rolamento:

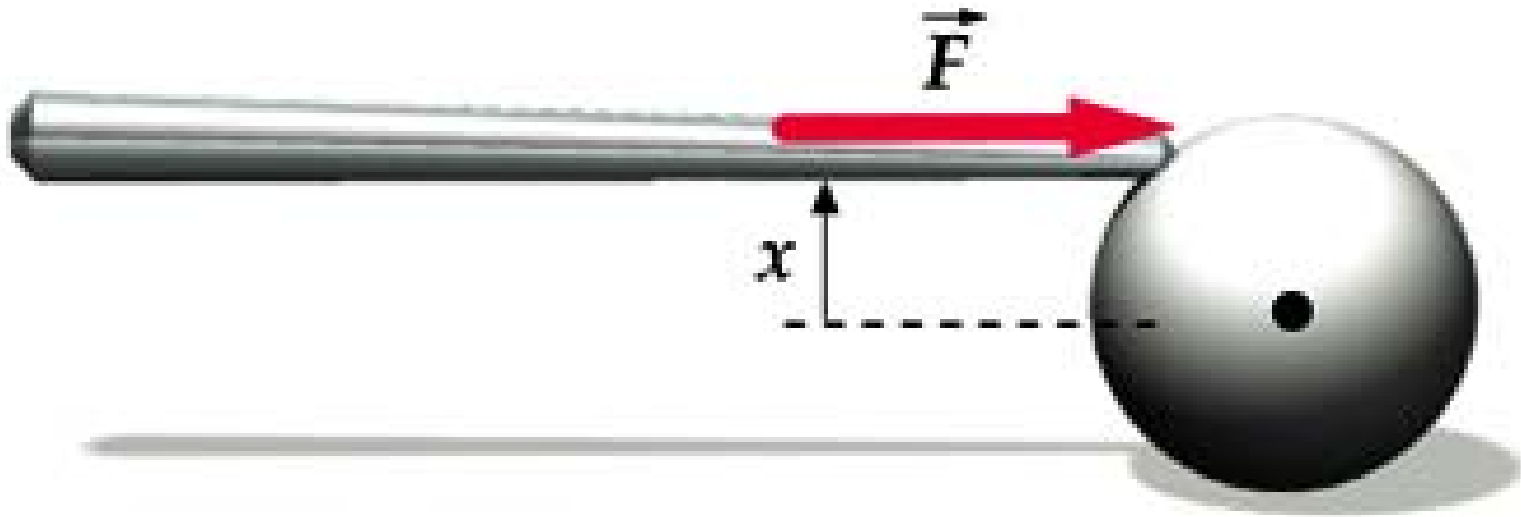
$$K = \frac{1}{2} I_{CM} \omega^2 + \frac{1}{2} M v^2$$

\Rightarrow

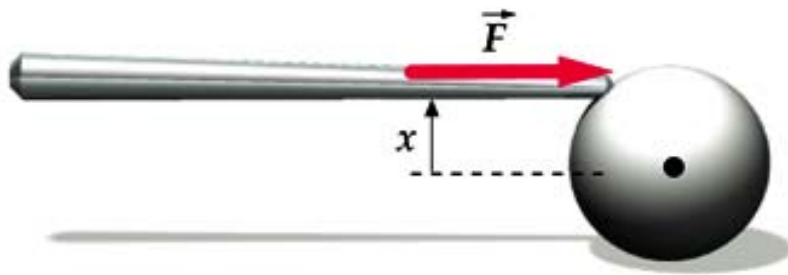
Instantaneamente, o corpo está rodando em torno de P

Exemplo 1)

O taco de sinuca atinge horizontalmente a bola branca a uma distância x acima do centro da bola. Determine o valor de x tal que a bola role sem escorregar desde o início do movimento. Dar a resposta em termos do raio R da bola.



Resposta ex. 1)



$$\tau = Fx$$

$$F = ma \text{ and } \tau = Fx = I\alpha$$

$$a = R\alpha$$

$$\frac{F}{m} = R \frac{Fx}{I}$$

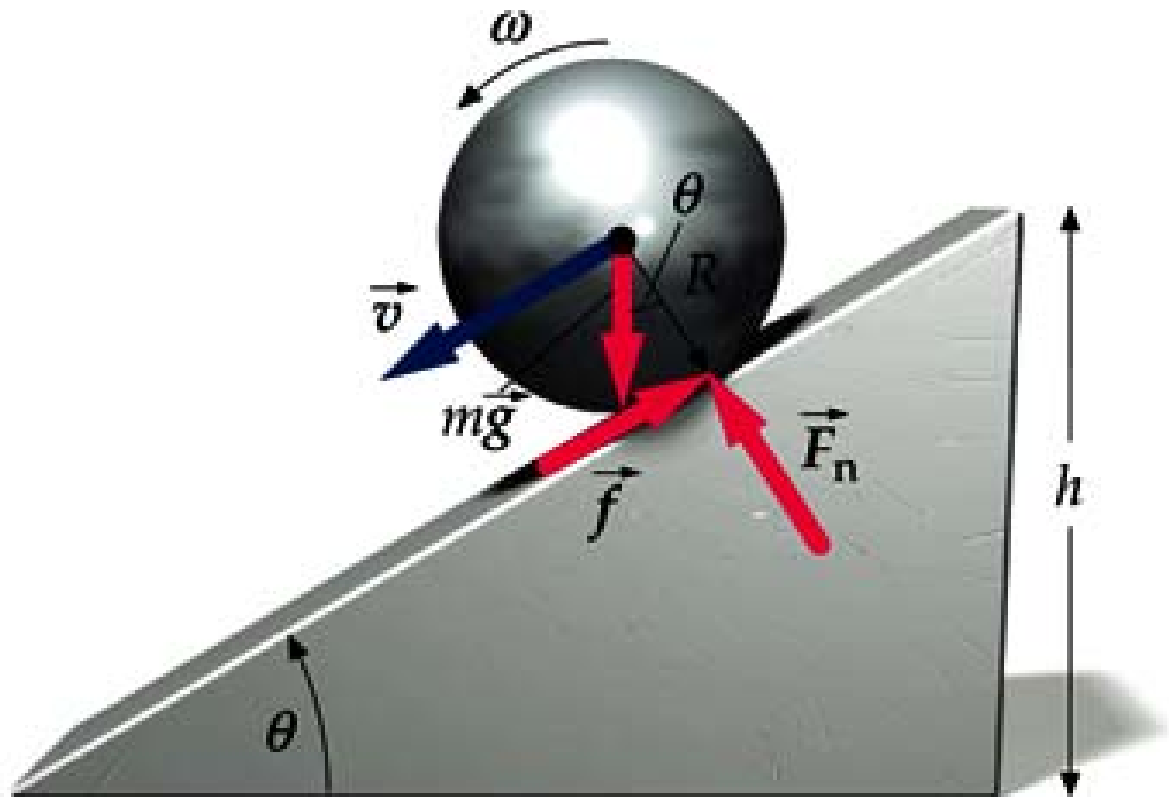
$$x = \frac{I}{mR}$$

$$I = \frac{2}{5} mR^2$$

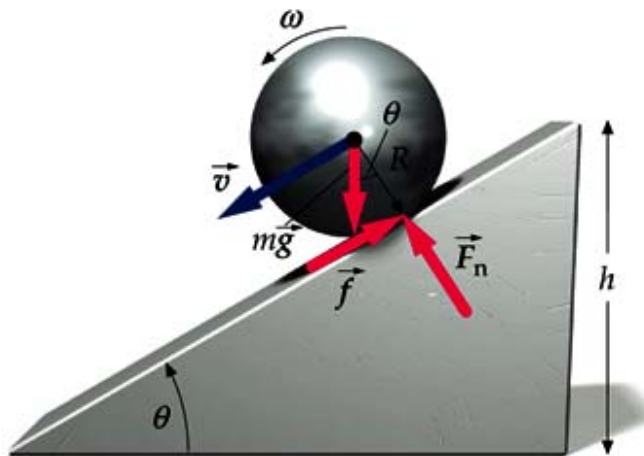
$$x = \frac{\frac{2}{5} mR^2}{mR} = \frac{2}{5} R$$

Exemplo 2)

Uma bola maciça, homogênea, de massa m e raio R , rola sem escorregar por um plano inclinado com o ângulo θ .
Determinar a aceleração do centro de massa da bola



Resposta ex. 2)



$$mg \sin \theta - f = m a_{\text{cm}}$$

$$fR = I_{\text{cm}} \alpha$$

$$fR = I_{\text{cm}} \frac{a_{\text{cm}}}{R}$$

$$f = \frac{I_{\text{cm}}}{R^2} a_{\text{cm}}$$

$$mg \sin \theta - \frac{I_{\text{cm}}}{R^2} a_{\text{cm}} = m a_{\text{cm}}$$

$$a_{\text{cm}} = \frac{1}{1 + \frac{I_{\text{cm}}}{mR^2}} g \sin \theta$$

$$a_{\text{cm}} = \frac{1}{1 + \frac{2}{5}} g \sin \theta = \frac{5}{7} g \sin \theta$$