

✚  Video-aula (30-04) - parte 2 

✚  e-aula (30-04) - lousa 

✚  Lista de Exercício 3 - PARTE A 

✚ Rotação e Momento Angular

✚  e-aula 06-05 

✚  e-aula (06-05) 

✚  e-aula (07-05) 

✚  e-aula (07-05) 

✚  Video-aula (07-05) 

✚  e-aula (07-05) - lousa 

✚  e-aula (13-05) 

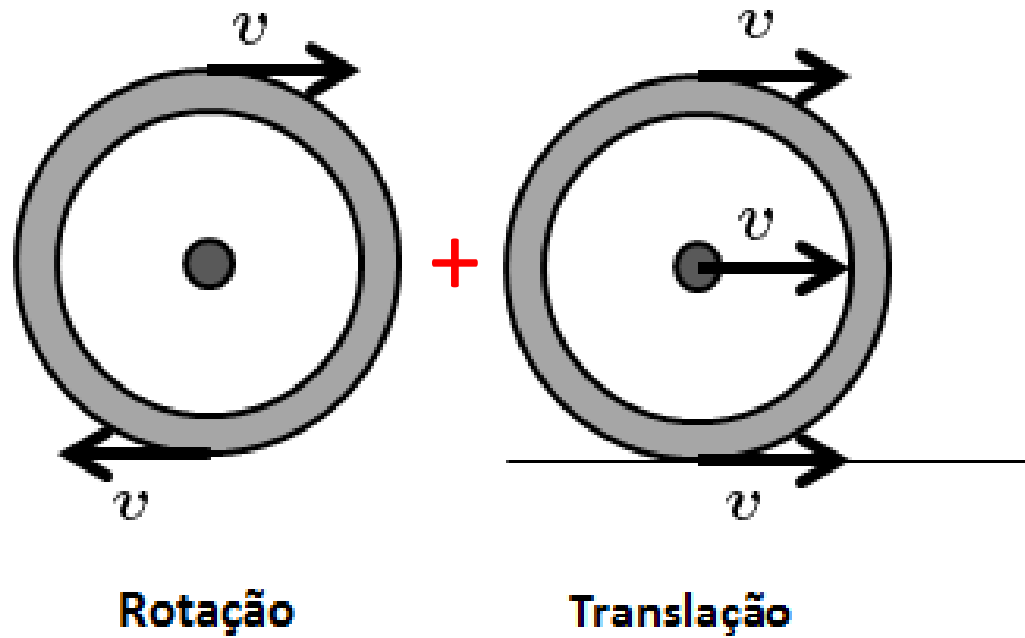
✚  Lista de Exercício 4 - Parte B 

Para dia 28-05!

Rolamento, Torque e Momento Angular

E-aula (14-05)

Energia Cinética do Rolamento



Rotação em torno do CM

$$K = \underbrace{\frac{1}{2} I_{CM} \omega^2}_{\text{Rotação em torno do CM}} + \underbrace{\frac{1}{2} M v_{CM}^2}_{\text{Translação do CM}}$$

Exemplo 1

Uma bola de boliche, com raio de 11 cm e massa de 7,2 kg, rola sem escorregar por uma pista horizontal, a 2 m/s. Depois, sobe uma rampa, também sem escorregar, até a altura h e fica momentaneamente em repouso. Calcular h .

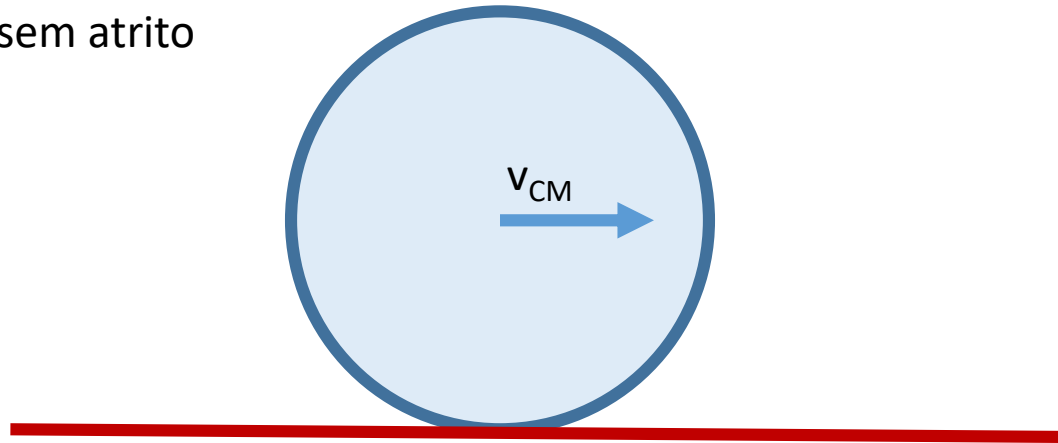
Exemplo 2

O taco de sinuca atinge horizontalmente a bola branca a uma distância x acima do centro da bola. Determinar 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. Considere $F \gg f_{at}$.

Forças do Rolamento

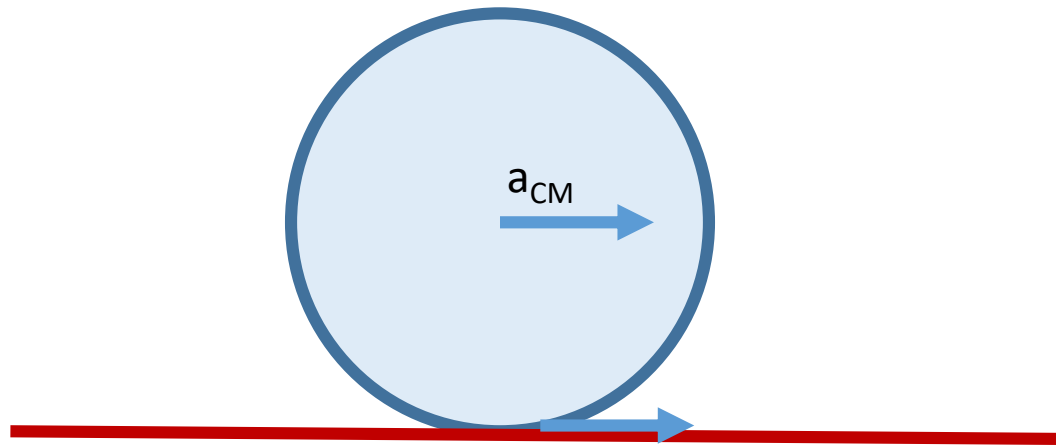
Atrito

V constante ($a=0$): sem atrito



Forças do Rolamento

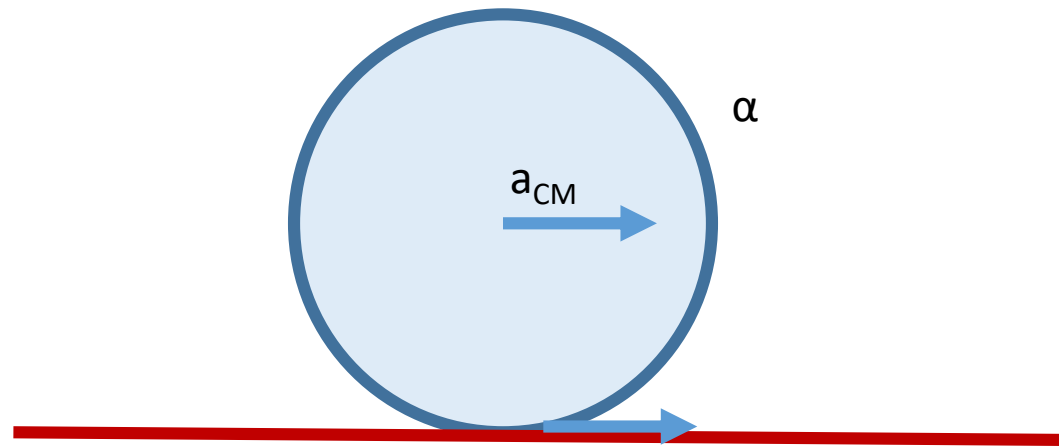
Atrito



Se há força para aumentar ou diminuir a velocidade: a_{CM}

Forças do Rolamento

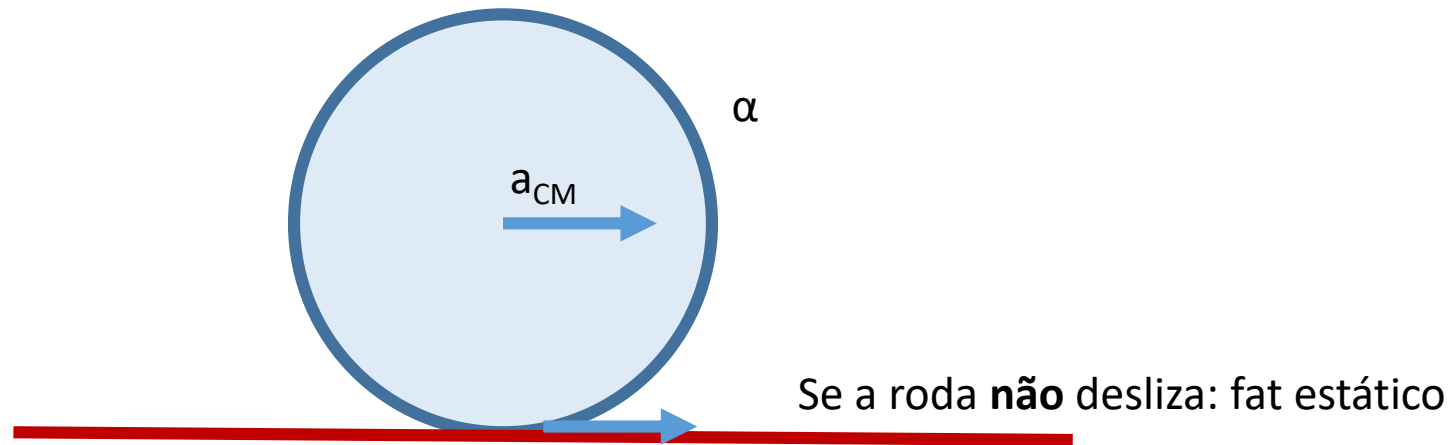
Atrito



Se há força para aumentar ou diminuir a velocidade: a_{CM} \rightarrow Se a roda gira mais rápido ou mais devagar: α

Forças do Rolamento

Atrito

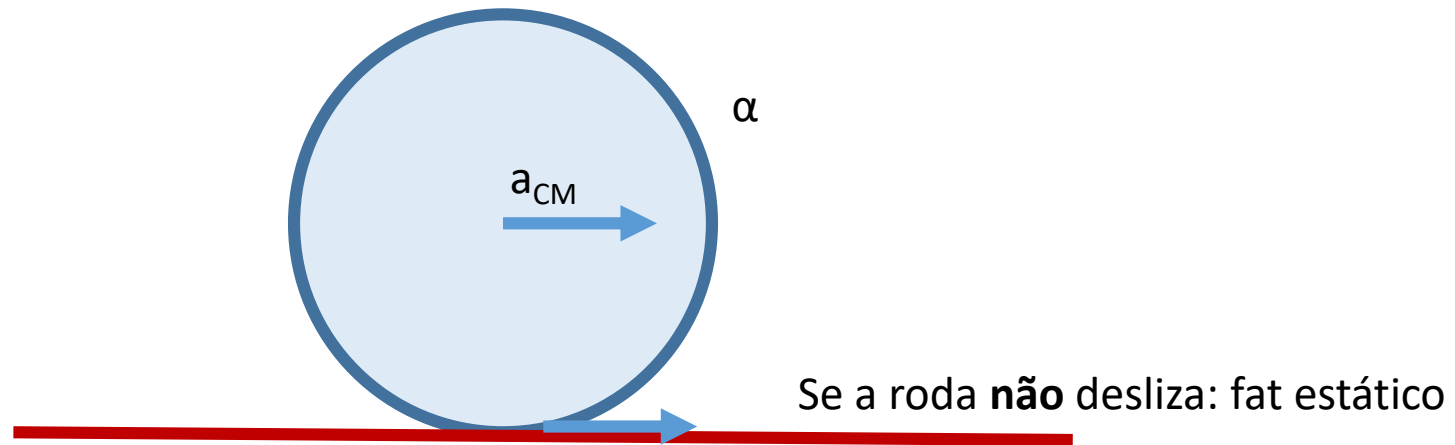


Se há força para aumentar ou diminuir a velocidade: a_{CM} \rightarrow Se a roda gira mais rápido ou mais devagar: α

Forças do Rolamento

Atrito

$$v_{CM} = \omega R$$



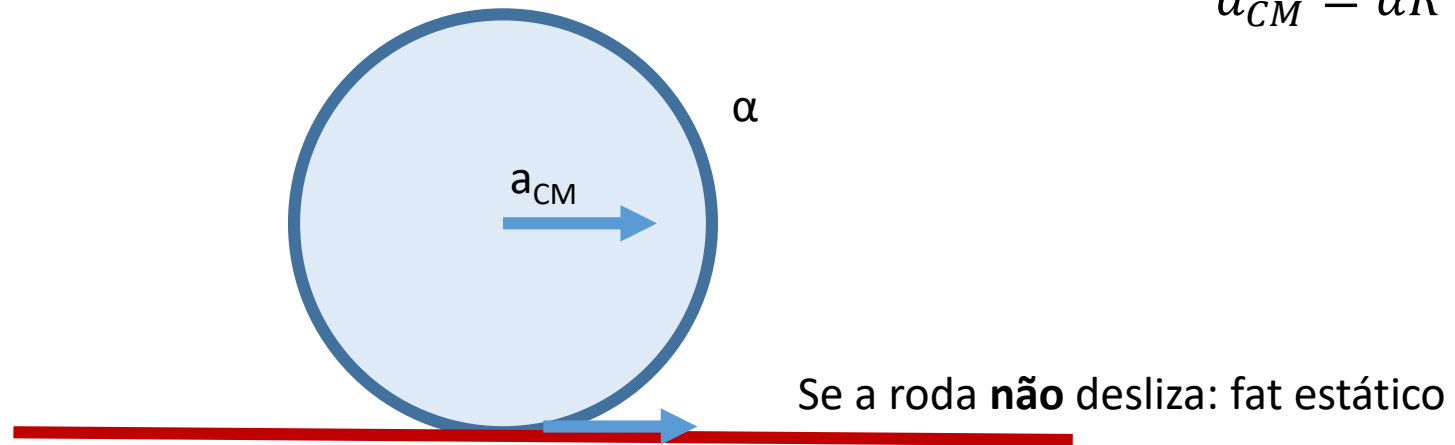
Se há força para aumentar ou diminuir a velocidade: a_{CM} \rightarrow Se a roda gira mais rápido ou mais devagar: α

Forças do Rolamento

Atrito

$$v_{CM} = \omega R$$

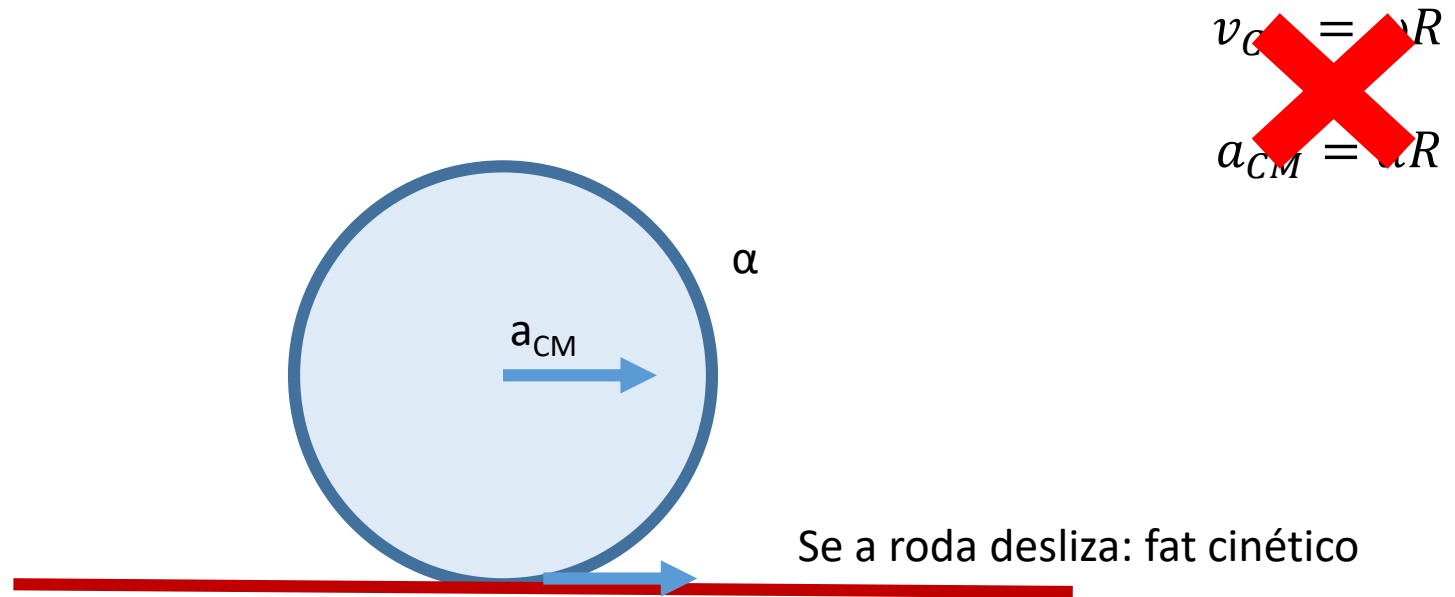
$$a_{CM} = \alpha R$$



Se há força para aumentar ou diminuir a velocidade: a_{CM} \rightarrow Se a roda gira mais rápido ou mais devagar: α

Forças do Rolamento

Atrito



Se a roda desliza: fat cinético

Se há força para aumentar ou diminuir a velocidade: a_{CM}



Se a roda gira mais rápido ou mais devagar: α

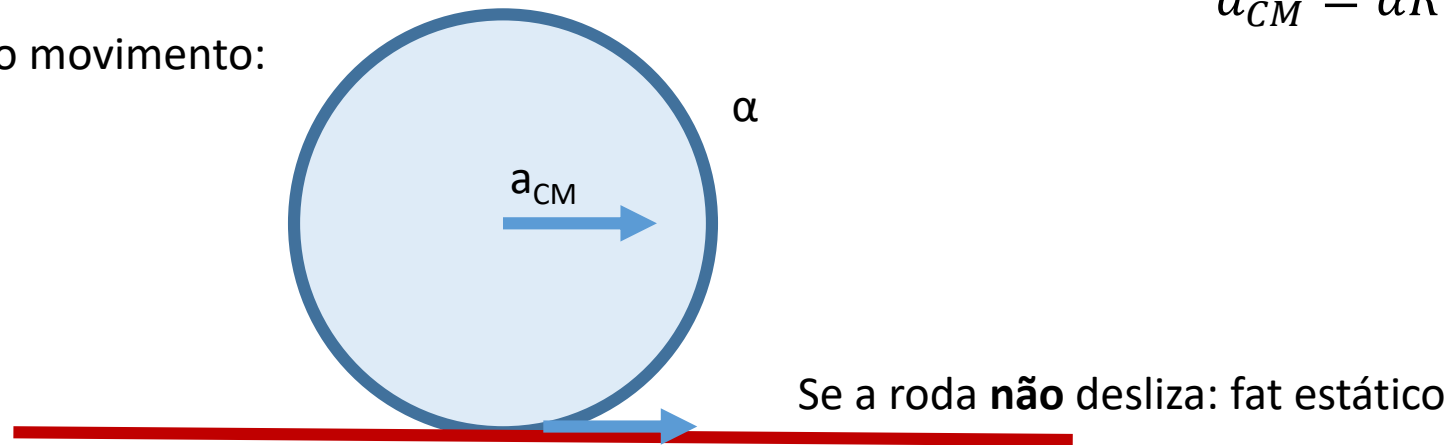
Forças do Rolamento

Atrito Rolamento suave

$$v_{CM} = \omega R$$

$$a_{CM} = \alpha R$$

Roda de bicicleta no início do movimento:



Se há força para aumentar ou diminuir a velocidade: a_{CM} → Se a roda gira mais rápido ou mais devagar: α

Forças do Rolamento

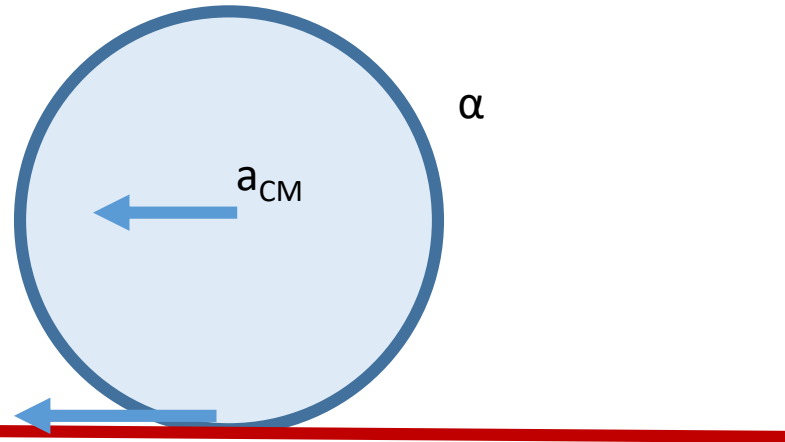
Atrito Rolamento suave

$$v_{CM} = \omega R$$

$$a_{CM} = \alpha R$$

Roda de bicicleta freando:

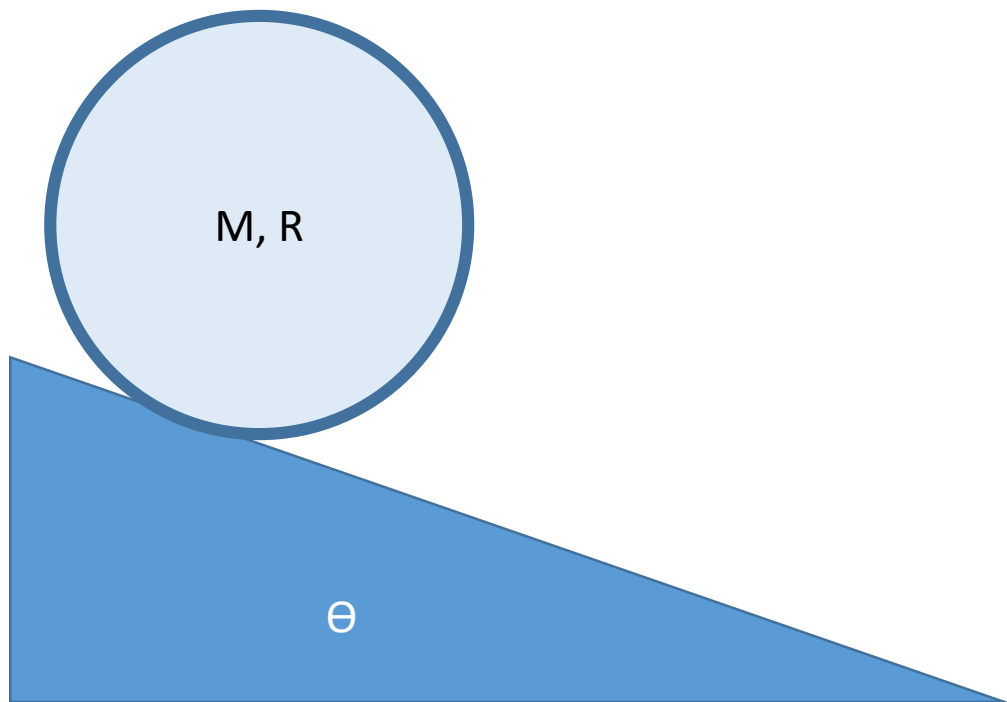
Se a roda **não** desliza: fat estático



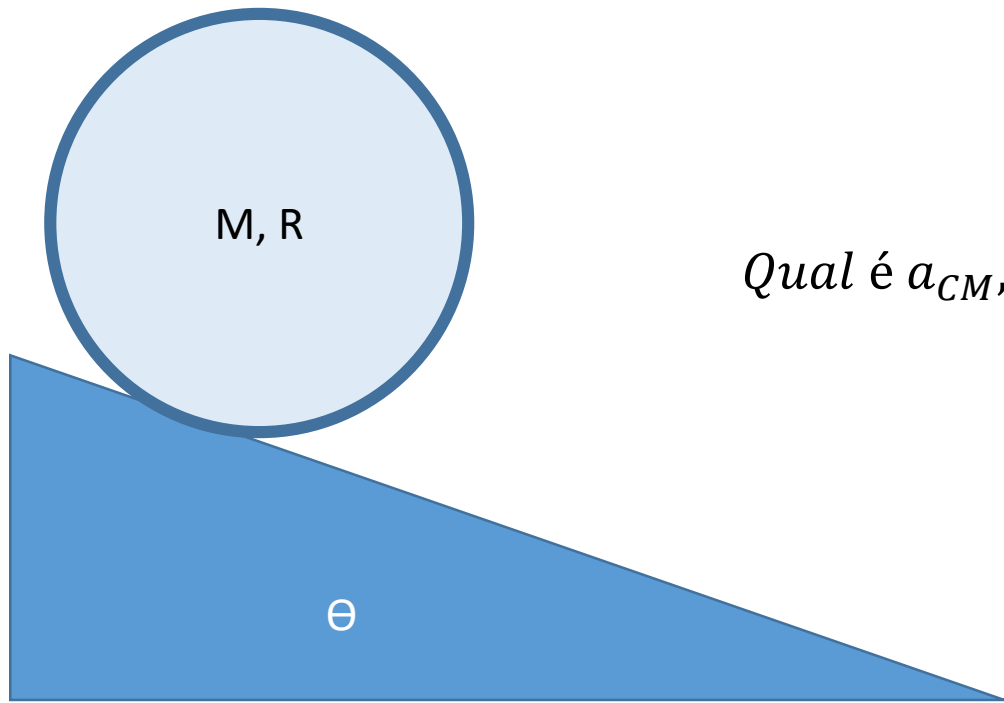
Se há força para aumentar ou diminuir a velocidade: a_{CM} →

Se a roda gira mais rápido ou mais devagar: α

Forças do Rolamento

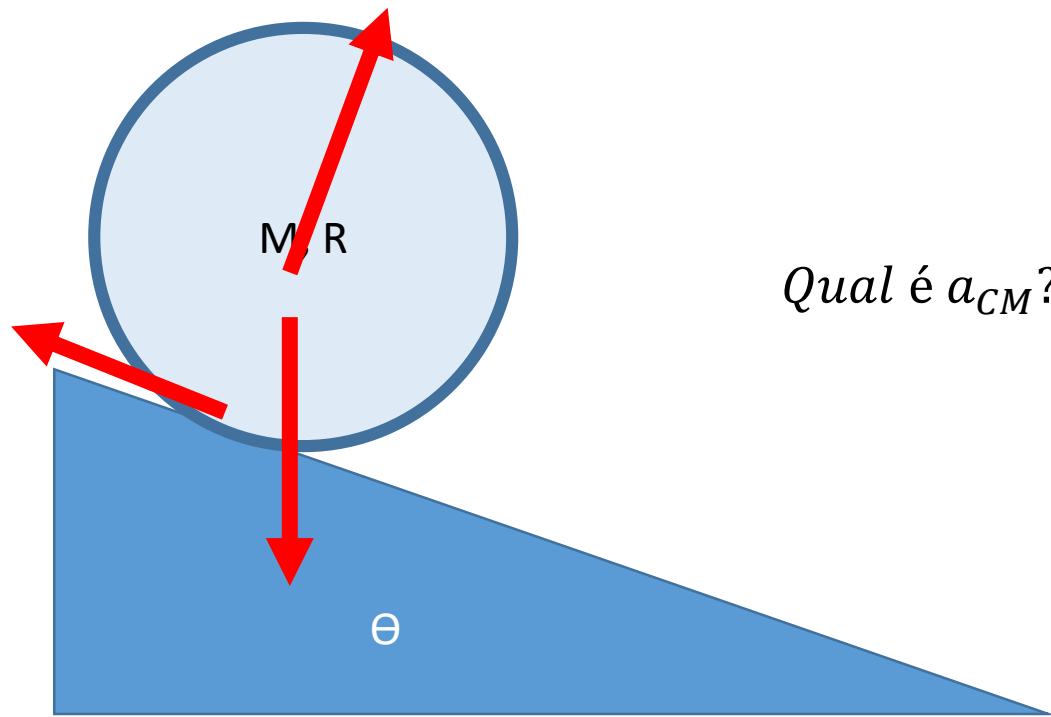


Forças do Rolamento

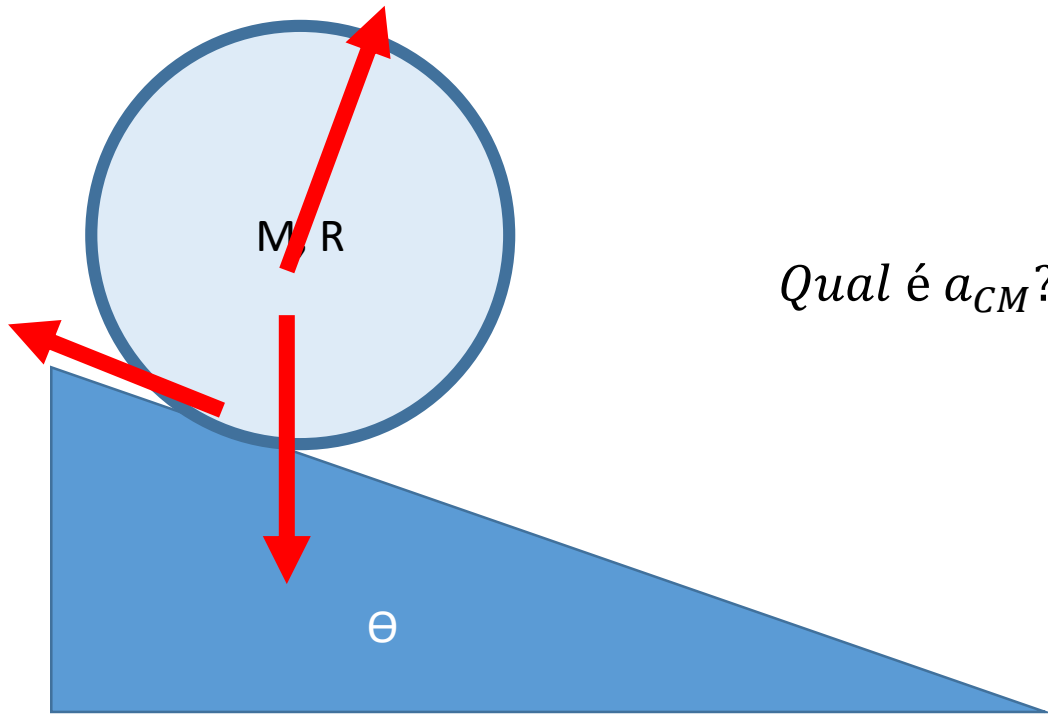


Qual é a_{CM} , sem deslizamento (rolamento suave)?

Forças do Rolamento



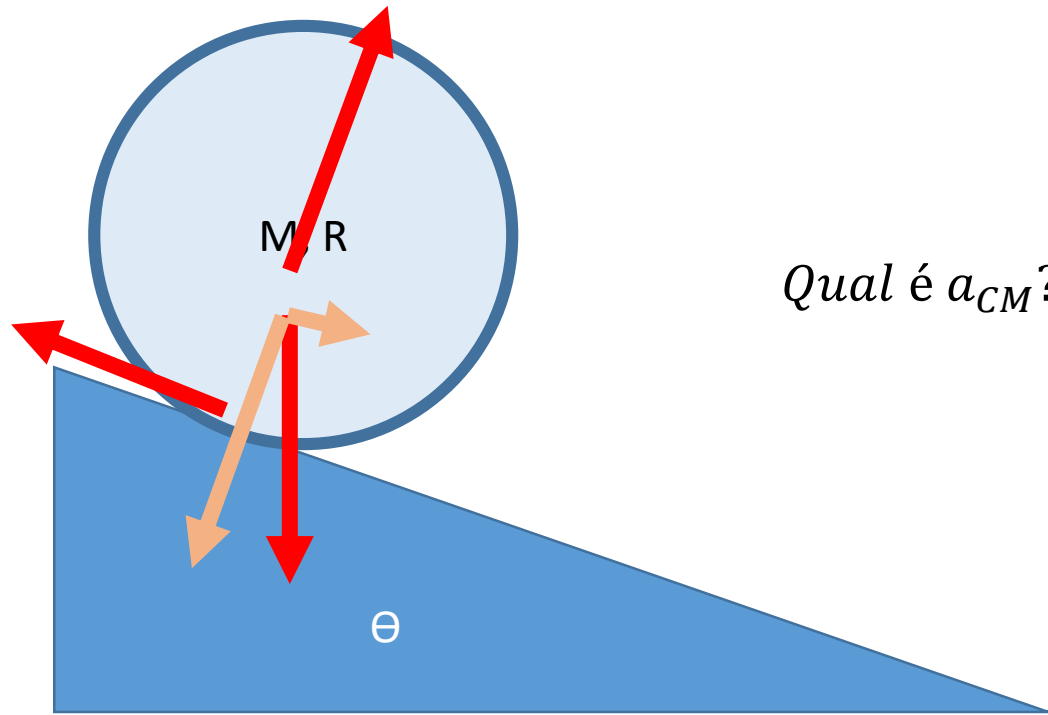
Forças do Rolamento



Qual é a_{CM} ?

Em x:

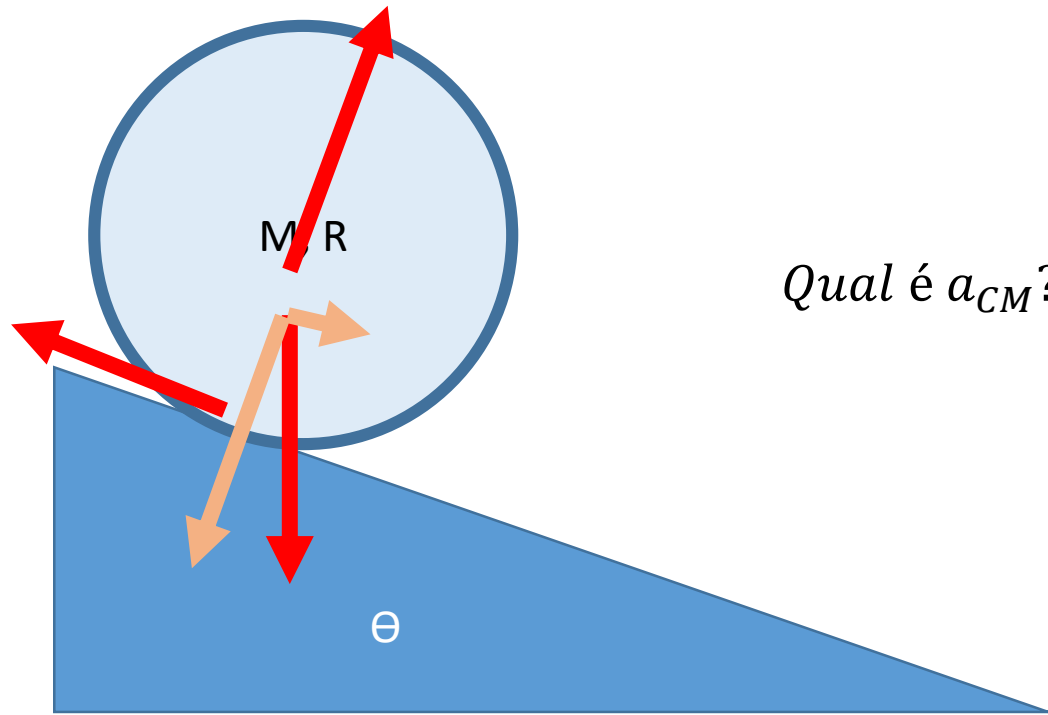
Forças do Rolamento



Qual é a_{CM} ?

Em x:

Forças do Rolamento

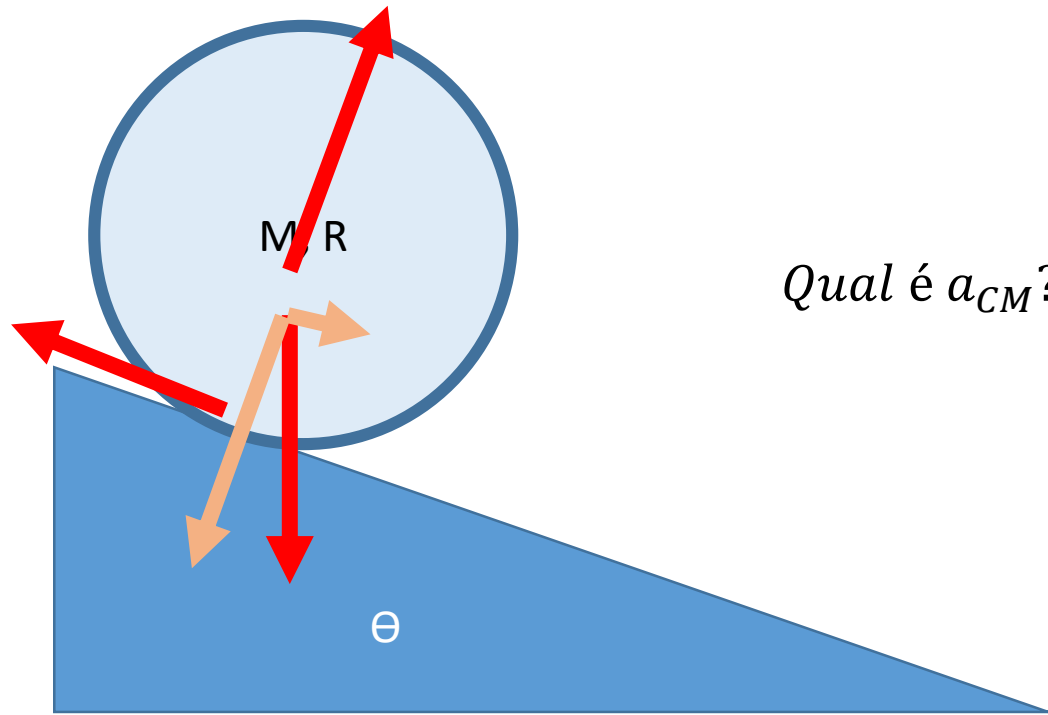


Qual é a_{CM} ?

Em x:

$$f_{at,s} - Mg \sin \theta = F_{Res,x} = Ma_{CM,x}$$

Forças do Rolamento



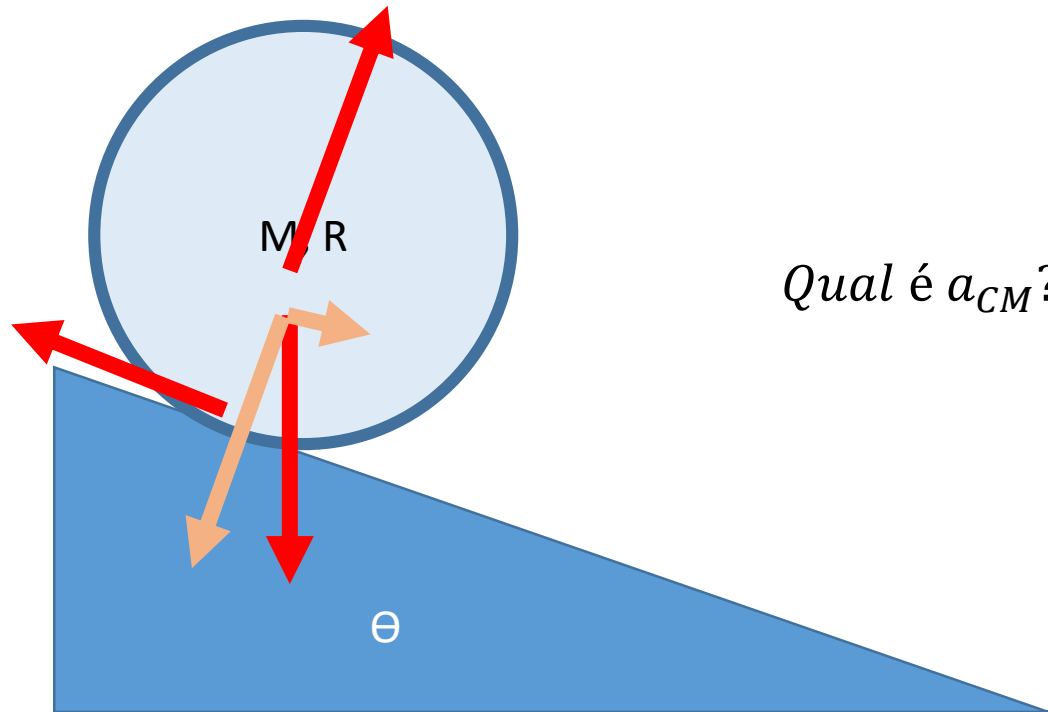
Qual é a_{CM} ?

Em x:

$$f_{at,s} - Mg \sin \theta = F_{Res,x} = Ma_{CM,x}$$

Quem é $f_{at,s}$? Não podemos garantir que é máx!

Forças do Rolamento



Qual é a_{CM} ?

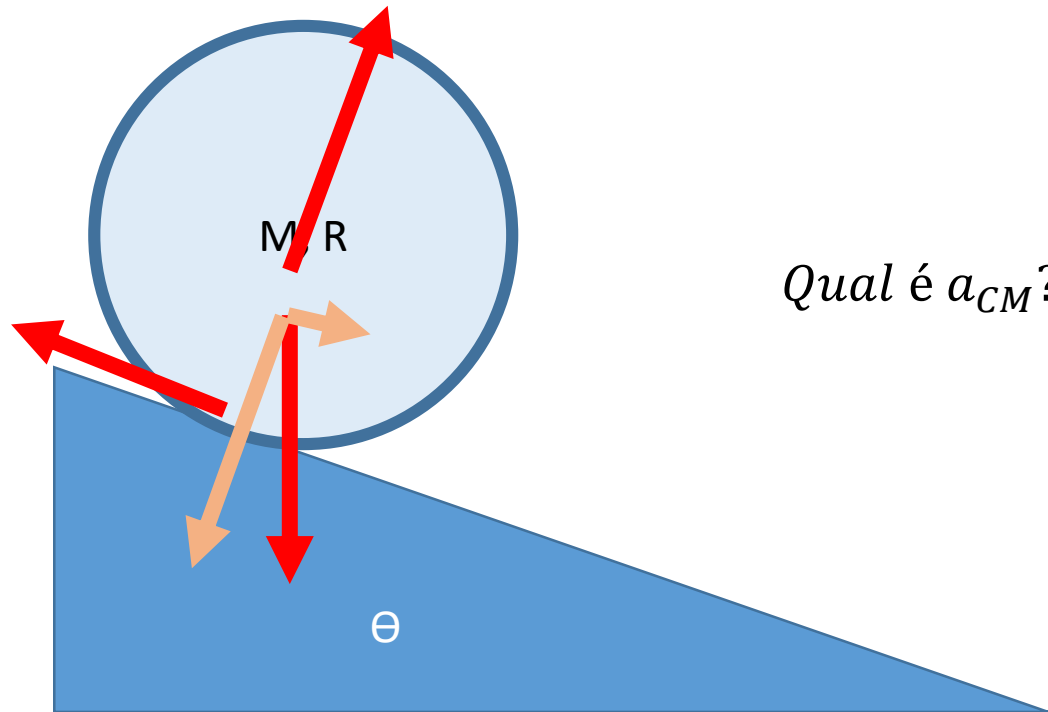
Em x:

$$f_{at,s} - Mgsen\theta = F_{Res,x} = Ma_{CM,x}$$

Torques:

$$\tau = x \cdot F$$

Forças do Rolamento



Qual é a_{CM} ?

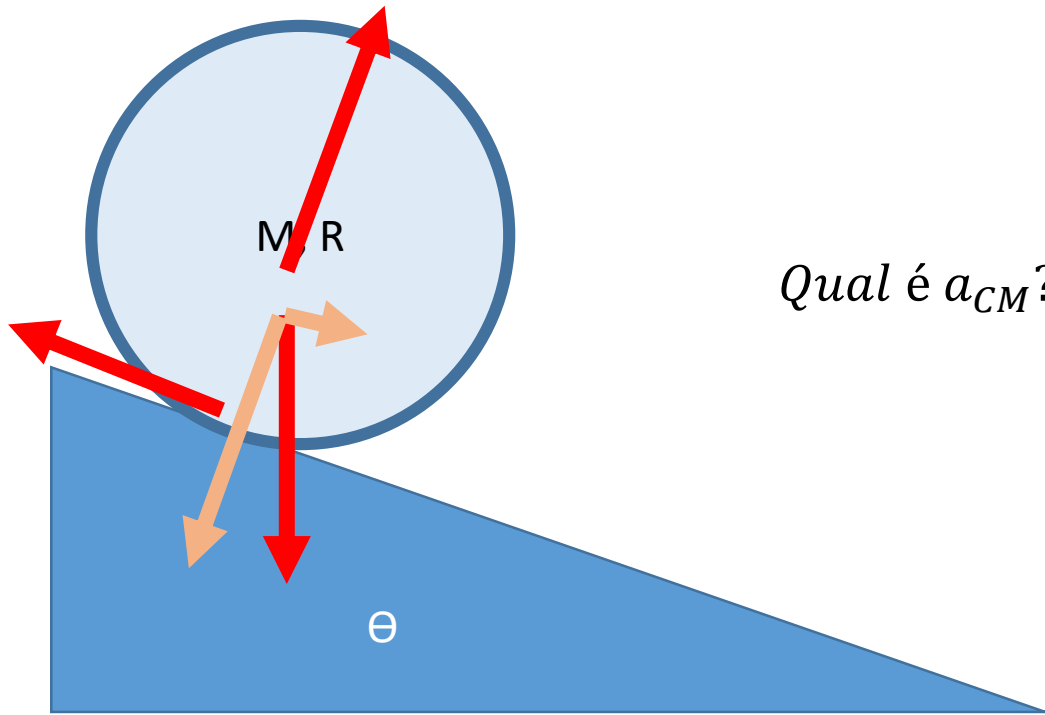
Em x:

$$f_{at,s} - Mg \sin \theta = F_{Res,x} = Ma_{CM,x}$$

Torques:

$$\tau = x \cdot F = I_{CM} \alpha \quad \text{Rotação em torno do CM:}$$

Forças do Rolamento



Qual é a_{CM} ?

Em x:

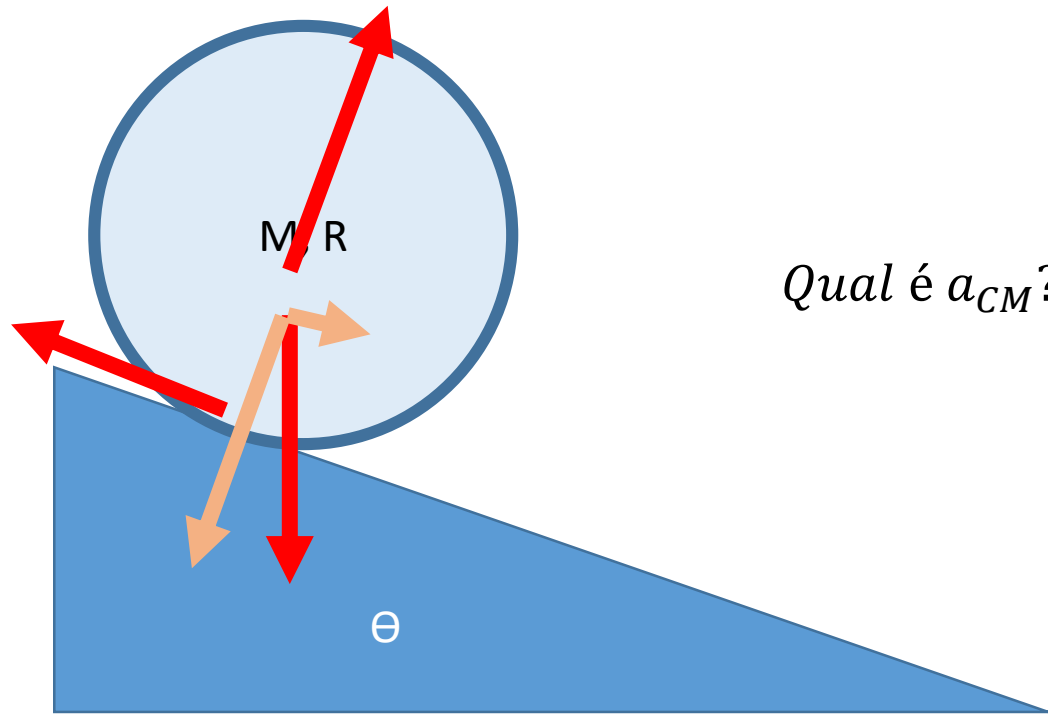
$$f_{at,s} - Mg \sin \theta = F_{Res,x} = Ma_{CM,x}$$

Torques:

$$\tau = x \cdot F = I_{CM} \alpha \quad \text{Rotação em torno do CM:}$$

$$f_{at,s} R = I_{CM} \alpha$$

Forças do Rolamento



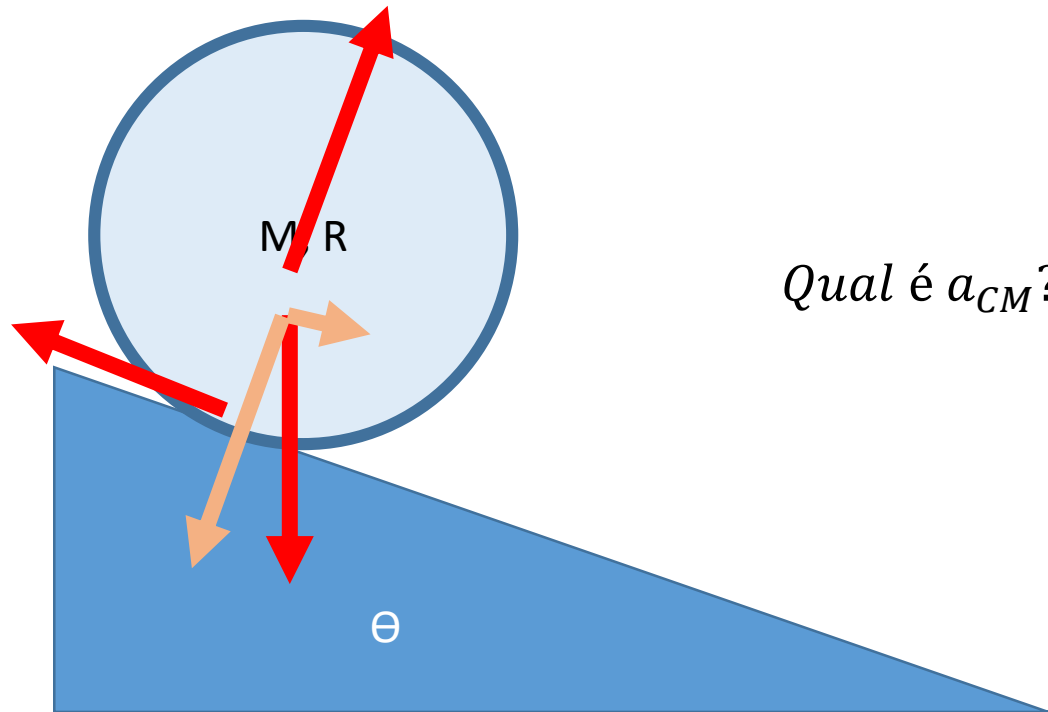
Qual é a_{CM} ?

Então, temos:

$$f_{at,s} - Mg \sin \theta = F_{Res,x} = Ma_{CM,x}$$

$$f_{at,s}R = I_{CM}\alpha$$

Forças do Rolamento



Qual é a_{CM} ?

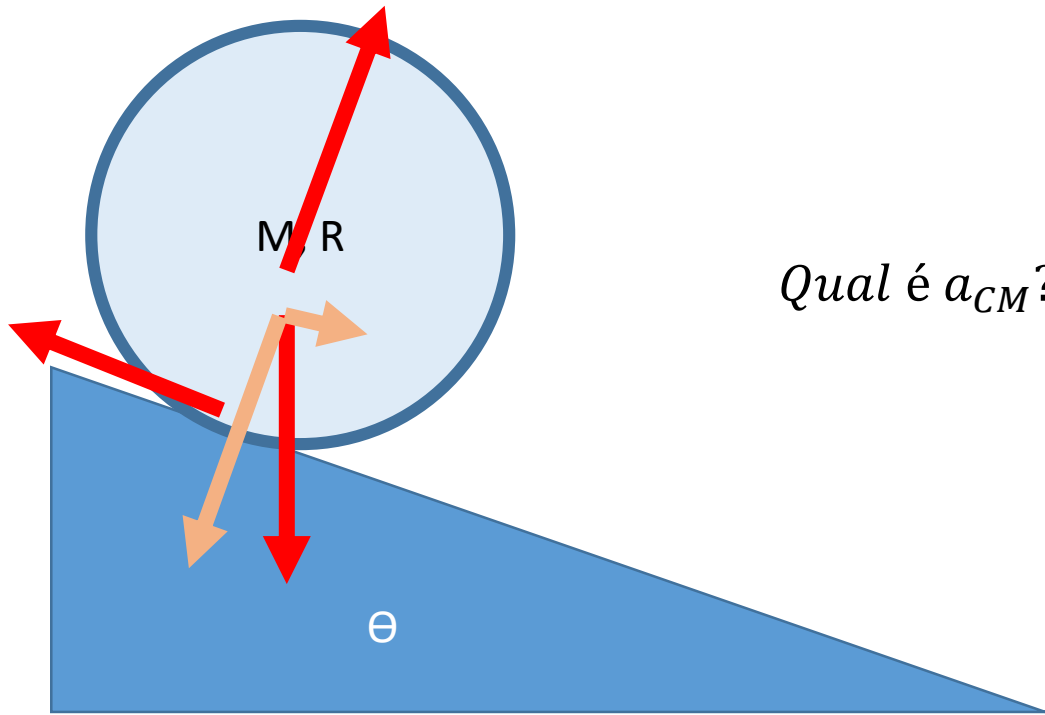
Então, temos:

$$f_{at,s} - Mg \sin \theta = F_{Res,x} = Ma_{CM,x}$$

$$f_{at,s} R = I_{CM} \alpha$$

Sem deslizamento: $a_{CM} = \alpha R$

Forças do Rolamento



Qual é a_{CM} ?

Então, temos:

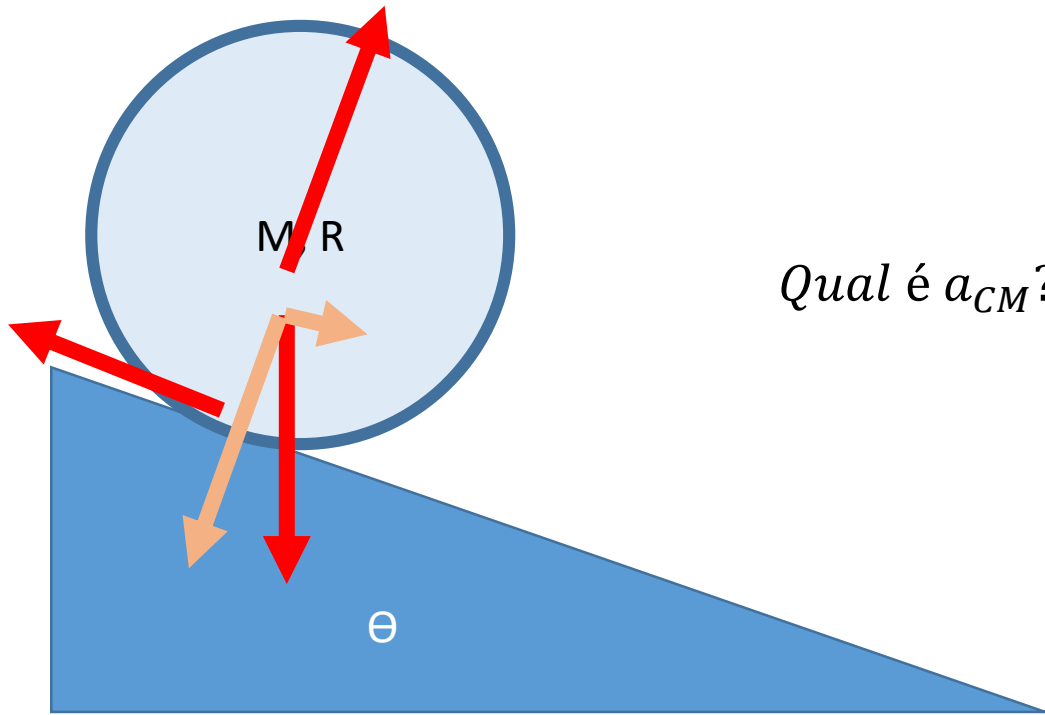
$$f_{at,s} - Mg \sin \theta = F_{Res,x} = Ma_{CM,x}$$

$$f_{at,s}R = I_{CM}\alpha$$

Sem deslizamento: $a_{CM} = \alpha R$

$$\alpha = -\frac{a_{CM}}{R}$$

Forças do Rolamento



Então, temos:

$$f_{at,s} - Mg \sin \theta = F_{Res,x} = Ma_{CM,x}$$

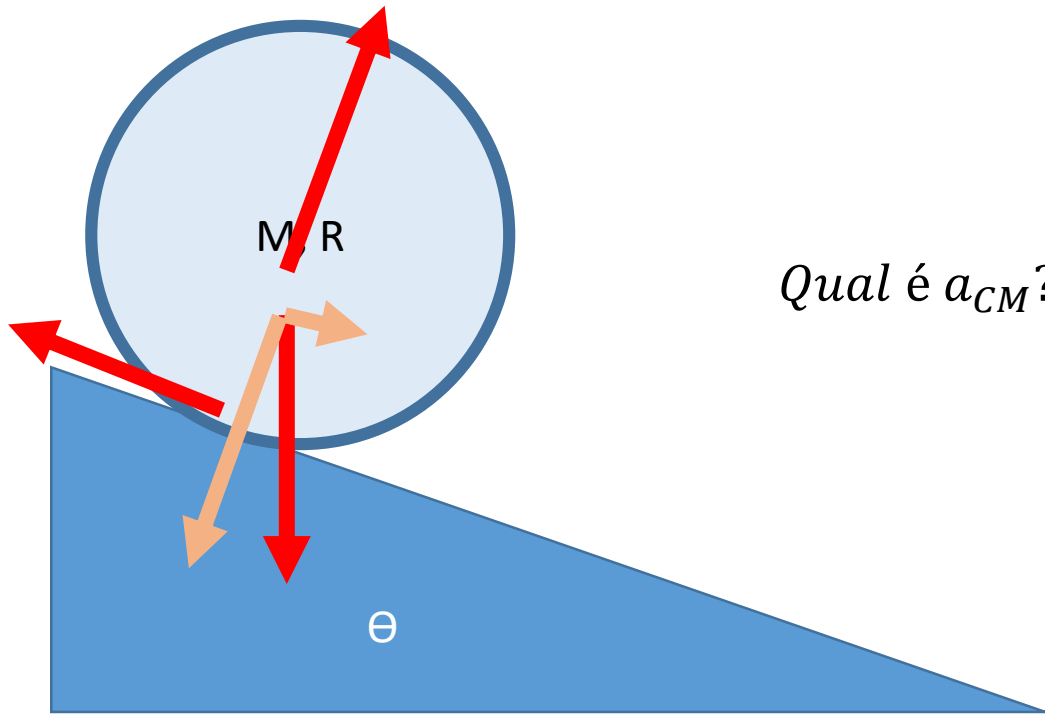
$$f_{at,s} R = I_{CM} \alpha$$

Sem deslizamento: $a_{CM} = \alpha R$

$$\alpha = -\frac{a_{CM}}{R}$$

$$f_{at,s} = \frac{I_{CM} \cdot \alpha}{R} = -I_{CM} \frac{a_{CM,x}}{R^2}$$

Forças do Rolamento



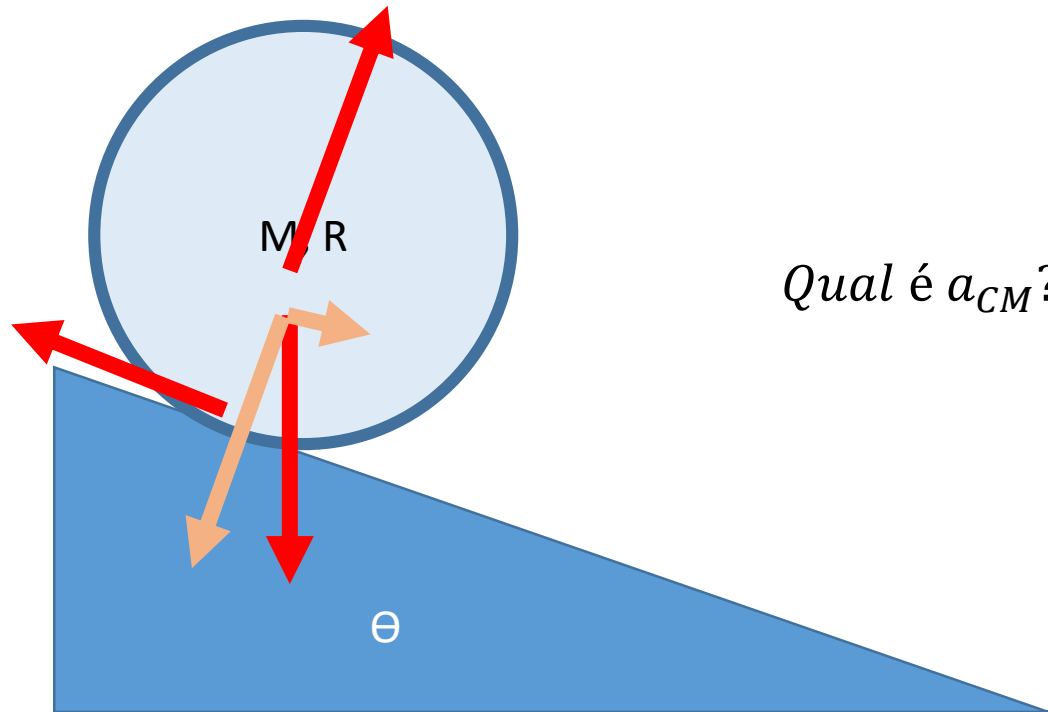
Qual é a_{CM} ?

Então, temos:

$$f_{at,s} - Mg \sin \theta = F_{Res,x} = Ma_{CM,x}$$

$$f_{at,s} = \frac{I_{CM} \cdot \alpha}{R} = -I_{CM} \frac{a_{CM,x}}{R^2}$$

Forças do Rolamento

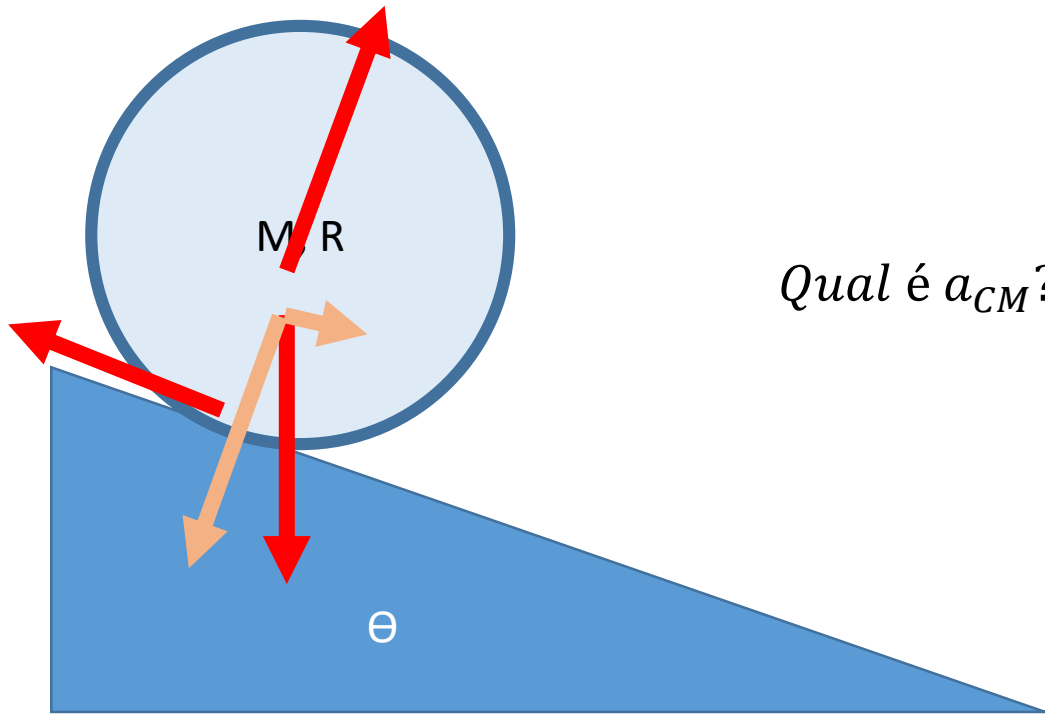


Qual é a_{CM} ?

Então, temos:

$$-I_{CM} \frac{a_{CM,x}}{R^2} - Mg \sin \theta = M a_{CM,x}$$

Forças do Rolamento



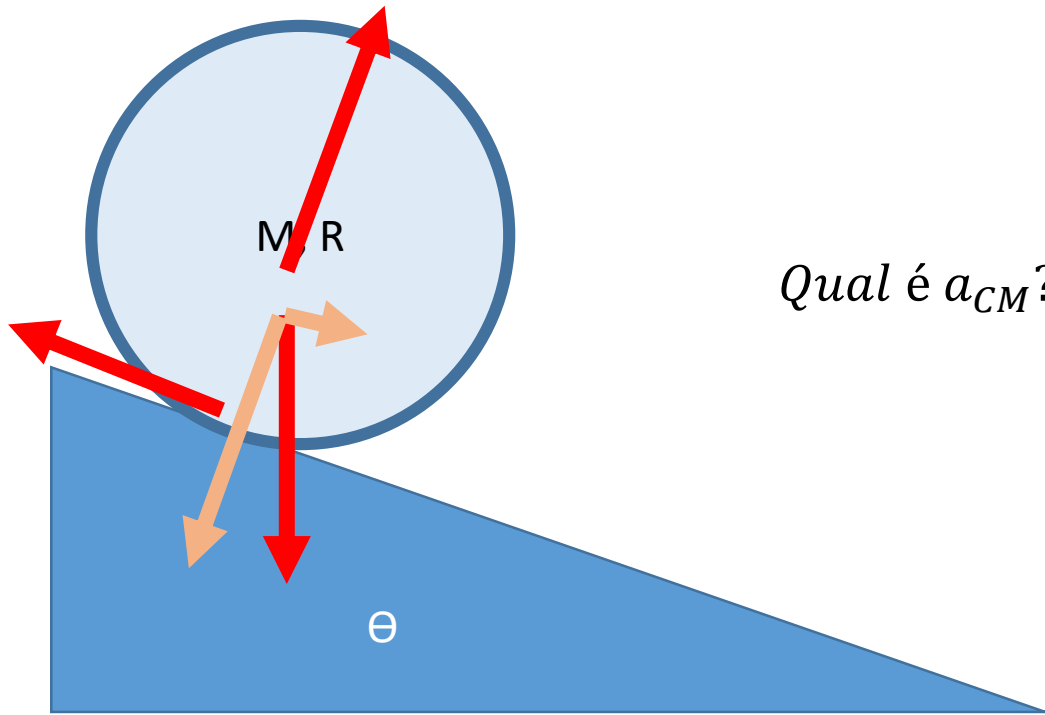
Qual é a_{CM} ?

Então, temos:

$$-I_{CM} \frac{a_{CM,x}}{R^2} - Mg \sin \theta = M a_{CM,x}$$

$$-I_{CM} \frac{a_{CM,x}}{R^2} - M a_{CM,x} = Mg \sin \theta$$

Forças do Rolamento



Qual é a_{CM} ?

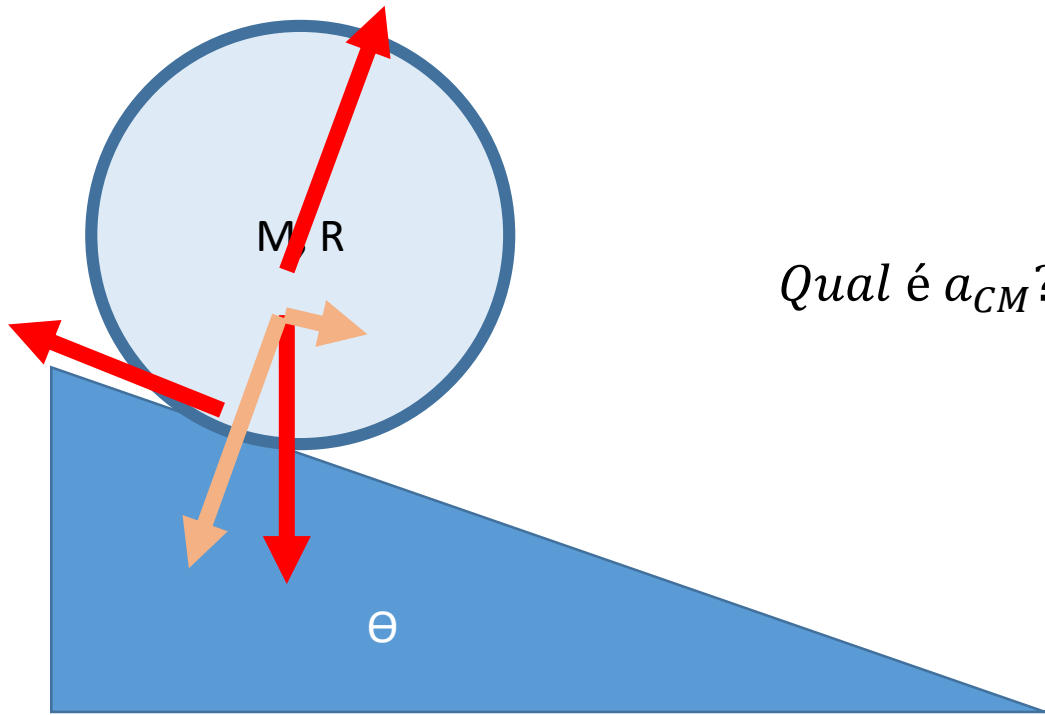
Então, temos:

$$-I_{CM} \frac{a_{CM,x}}{R^2} - Mg \text{sen} \theta = M a_{CM,x}$$

$$-I_{CM} \frac{a_{CM,x}}{R^2} - M a_{CM,x} = Mg \text{sen} \theta$$

$$I_{CM} \frac{a_{CM,x}}{R^2} + M a_{CM,x} = -Mg \text{sen} \theta$$

Forças do Rolamento



Qual é a_{CM} ?

Então, temos:

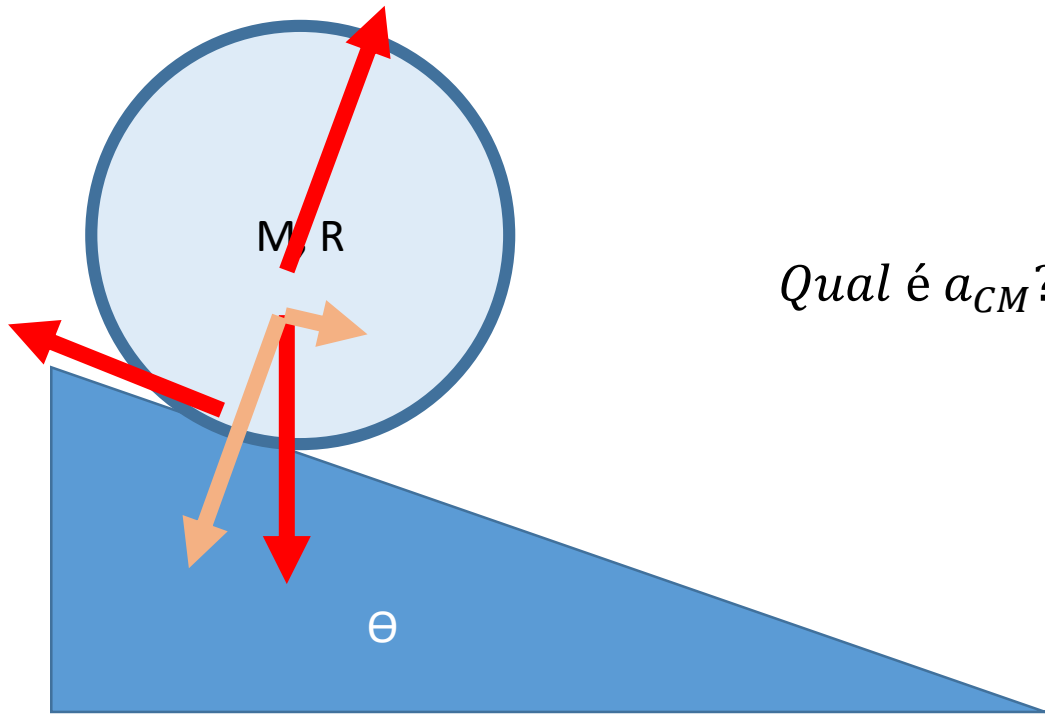
$$-I_{CM} \frac{a_{CM,x}}{R^2} - Mg \text{sen} \theta = M a_{CM,x}$$

$$-I_{CM} \frac{a_{CM,x}}{R^2} - M a_{CM,x} = Mg \text{sen} \theta$$

$$I_{CM} \frac{a_{CM,x}}{R^2} + M a_{CM,x} = -Mg \text{sen} \theta$$

$$\left(\frac{I_{CM}}{R^2} + M\right) a_{CM,x} = -Mg \text{sen} \theta$$

Forças do Rolamento



Então, temos:

$$-I_{CM} \frac{a_{CM,x}}{R^2} - Mg \sin \theta = M a_{CM,x}$$

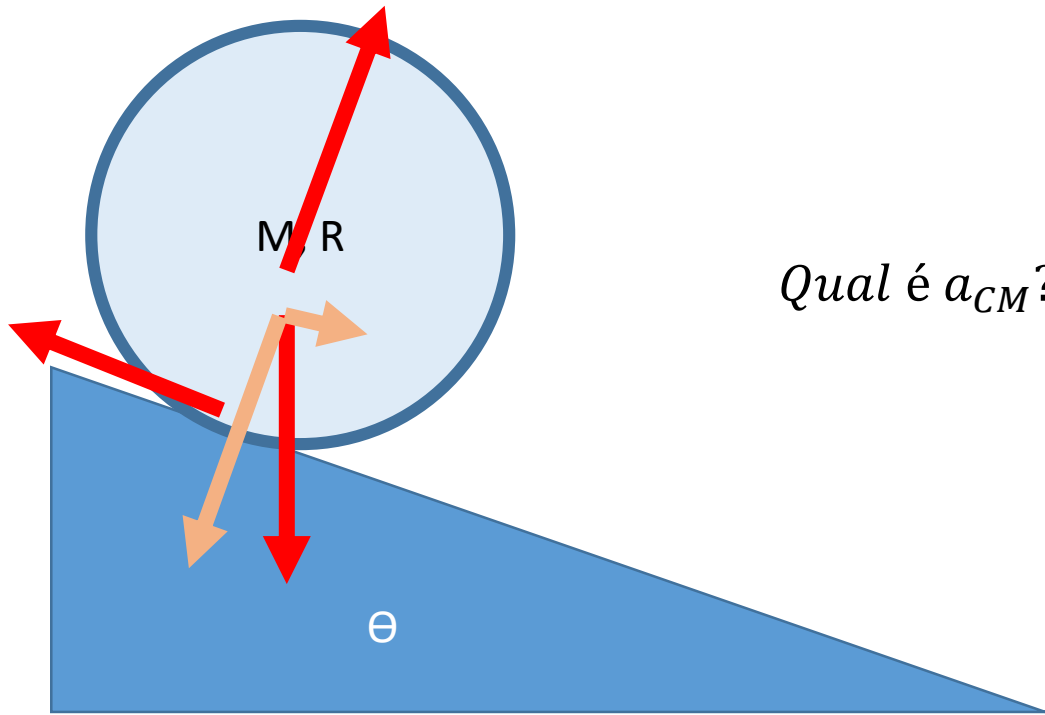
$$-I_{CM} \frac{a_{CM,x}}{R^2} - M a_{CM,x} = Mg \sin \theta$$

$$I_{CM} \frac{a_{CM,x}}{R^2} + M a_{CM,x} = -Mg \sin \theta$$

$$\left(\frac{I_{CM}}{R^2} + M\right) a_{CM,x} = -Mg \sin \theta$$

$$a_{CM,x} = -\frac{Mg \sin \theta}{\frac{I_{CM}}{R^2} + M}$$

Forças do Rolamento



Qual é $a_{CM,x}$?

Então, temos:

$$-I_{CM} \frac{a_{CM,x}}{R^2} - Mg \text{sen} \theta = M a_{CM,x}$$

$$-I_{CM} \frac{a_{CM,x}}{R^2} - M a_{CM,x} = Mg \text{sen} \theta$$

$$I_{CM} \frac{a_{CM,x}}{R^2} + M a_{CM,x} = -Mg \text{sen} \theta$$

$$\left(\frac{I_{CM}}{R^2} + M\right) a_{CM,x} = -Mg \text{sen} \theta$$

$$a_{CM,x} = -\frac{Mg \text{sen} \theta}{\frac{I_{CM}}{R^2} + M}$$

$$a_{CM,x} = -\frac{g \text{sen} \theta}{\frac{I_{CM}}{MR^2} + 1}$$