

**Universidade de São Paulo  
Instituto de Física de São Carlos - IFSC**

**FCM 0410 Física para Engenharia Ambiental**

***Aplicações das Leis de Newton***

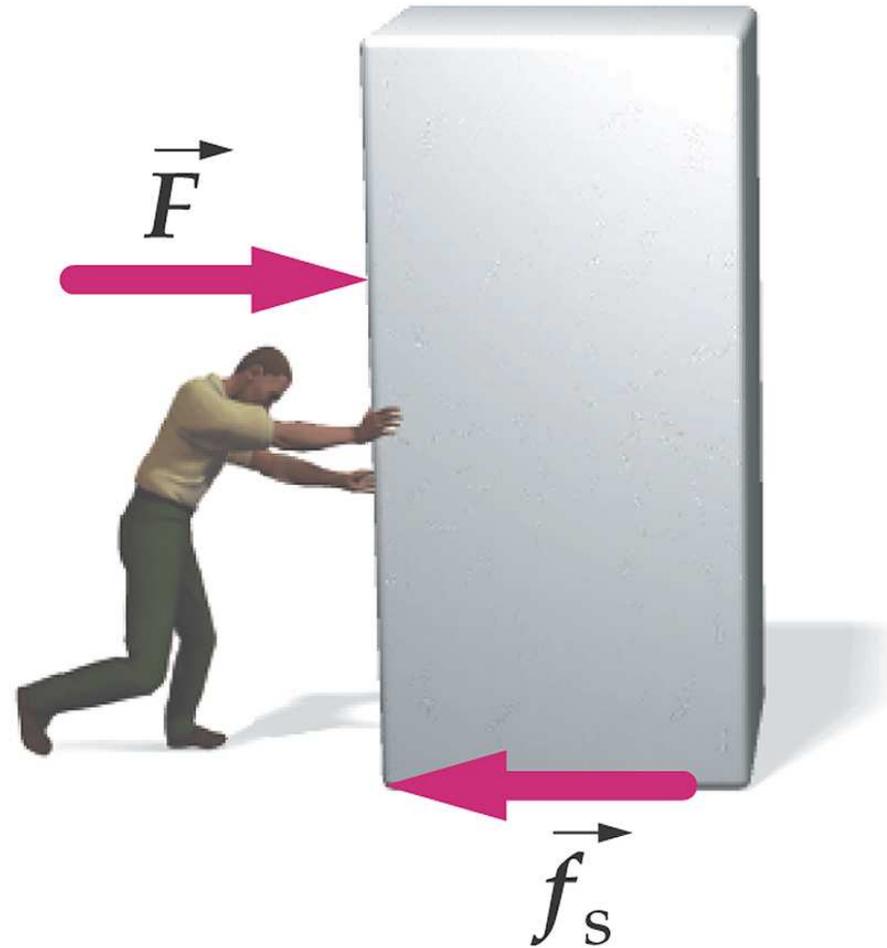
**Prof. Dr. José Pedro Donoso**

## **Agradescimentos**

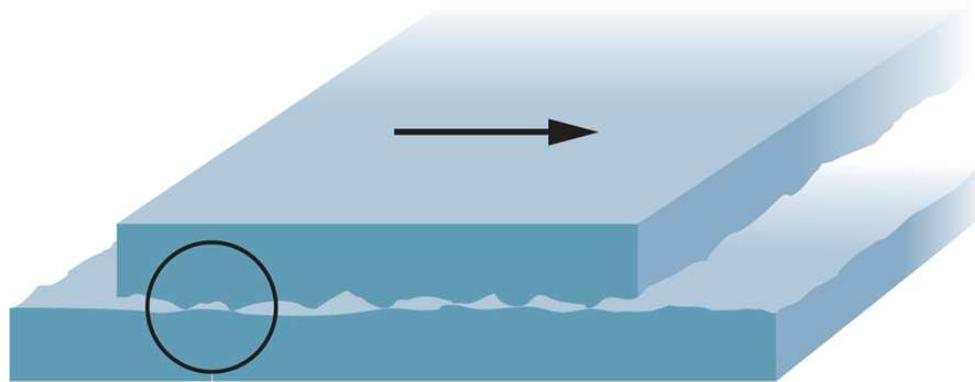
**O docente da disciplina, Jose Pedro Donoso, gostaria de expressar o seu agradecimento a Flávia O. S. de Sá Lisboa pelo auxílio na montagem da página /web/ da disciplina.**

**Parte das figuras utilizadas nos slides foram obtidas do texto "*Física*" de P.A. Tipler e G. Mosca, através do acesso às páginas para os professores das editora LTC (Livros Técnicos e Científicos).**

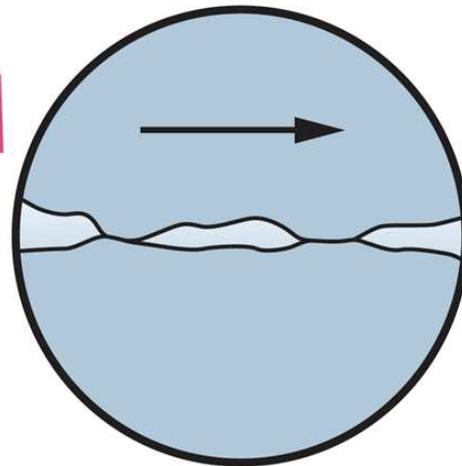
Atrito: a força de atrito estático  $f_s$  se opõe a força  $F$  aplicada sobre a caixa



**Atrito: área microscópica de contato entre as superfícies**



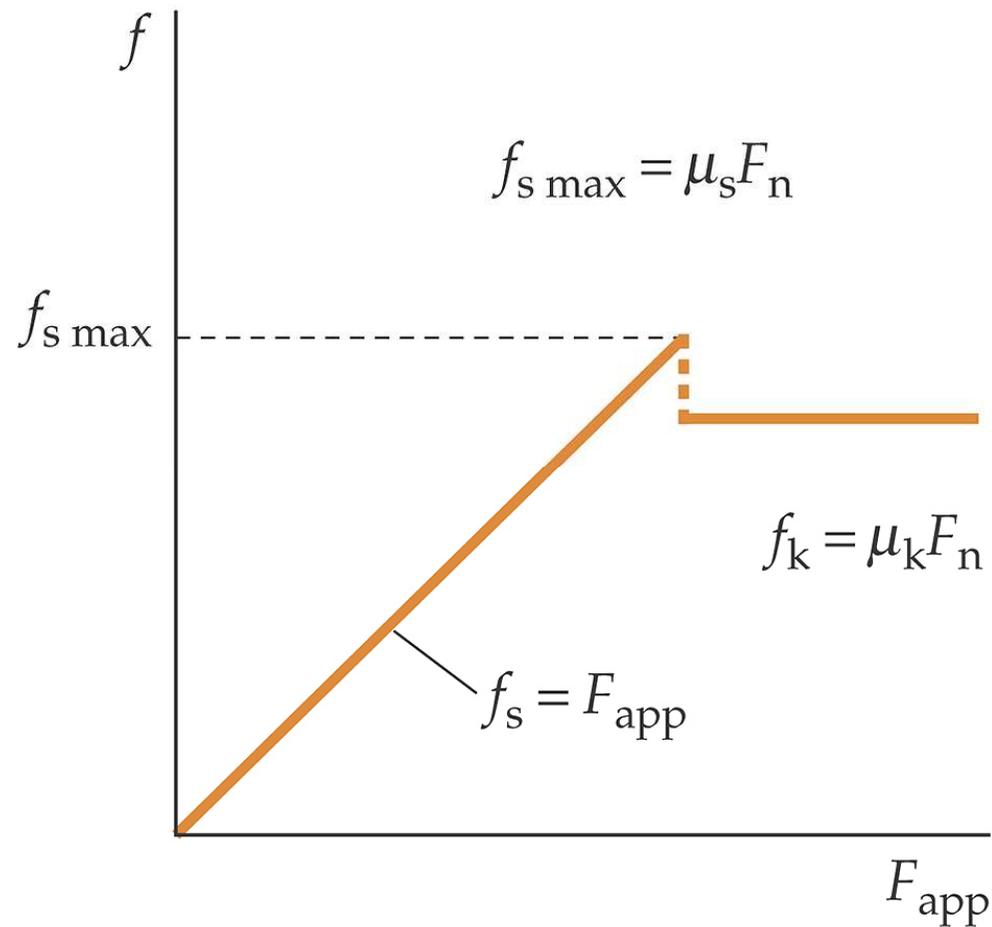
*(a)*



*(b)*

**Física**  
**Halliday, Resnick, Walker**

Gráfico da força de atrito exercida sobre a caixa pelo piso em função da força aplicada: a força de atrito cinético independe da força horizontal



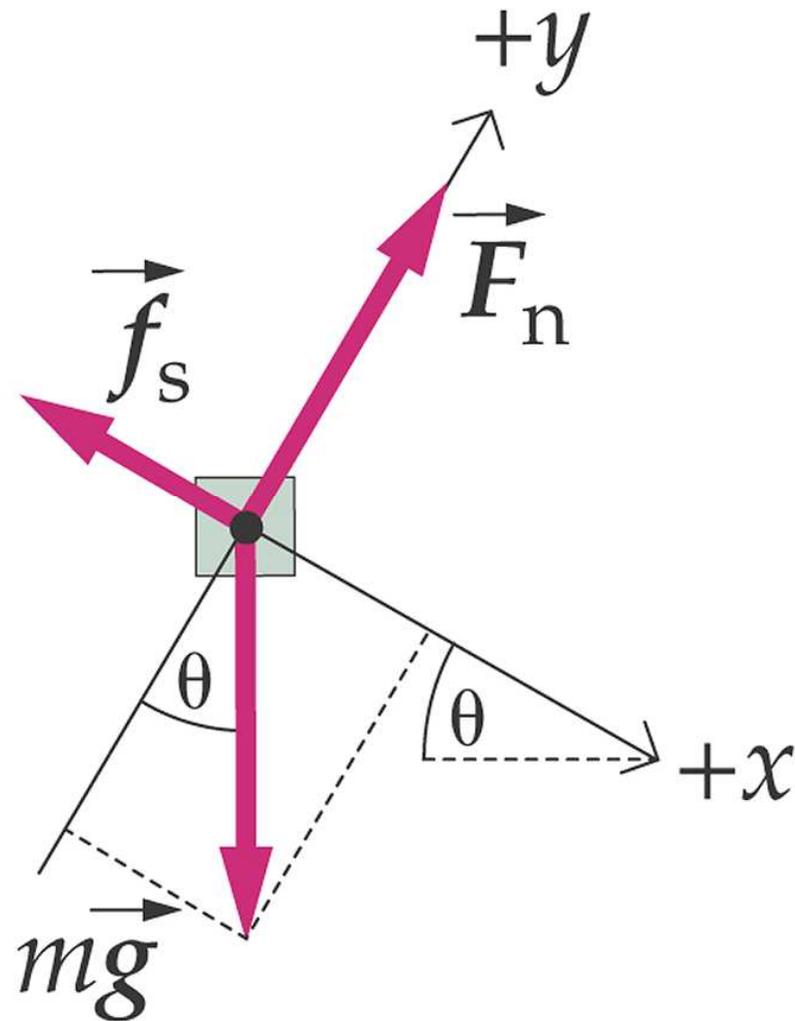
**Table 5-1****Approximate Values of Frictional Coefficients**

Materials	$\mu_s$	$\mu_k$
Steel on steel	0.7	0.6
Brass on steel	0.5	0.4
Copper on cast iron	1.1	0.3
Glass on glass	0.9	0.4
Teflon on Teflon	0.04	0.04
Teflon on steel	0.04	0.04
Rubber on concrete (dry)	1.0	0.80
Rubber on concrete (wet)	0.30	0.25
Waxed ski on snow (0°C)	0.10	0.05

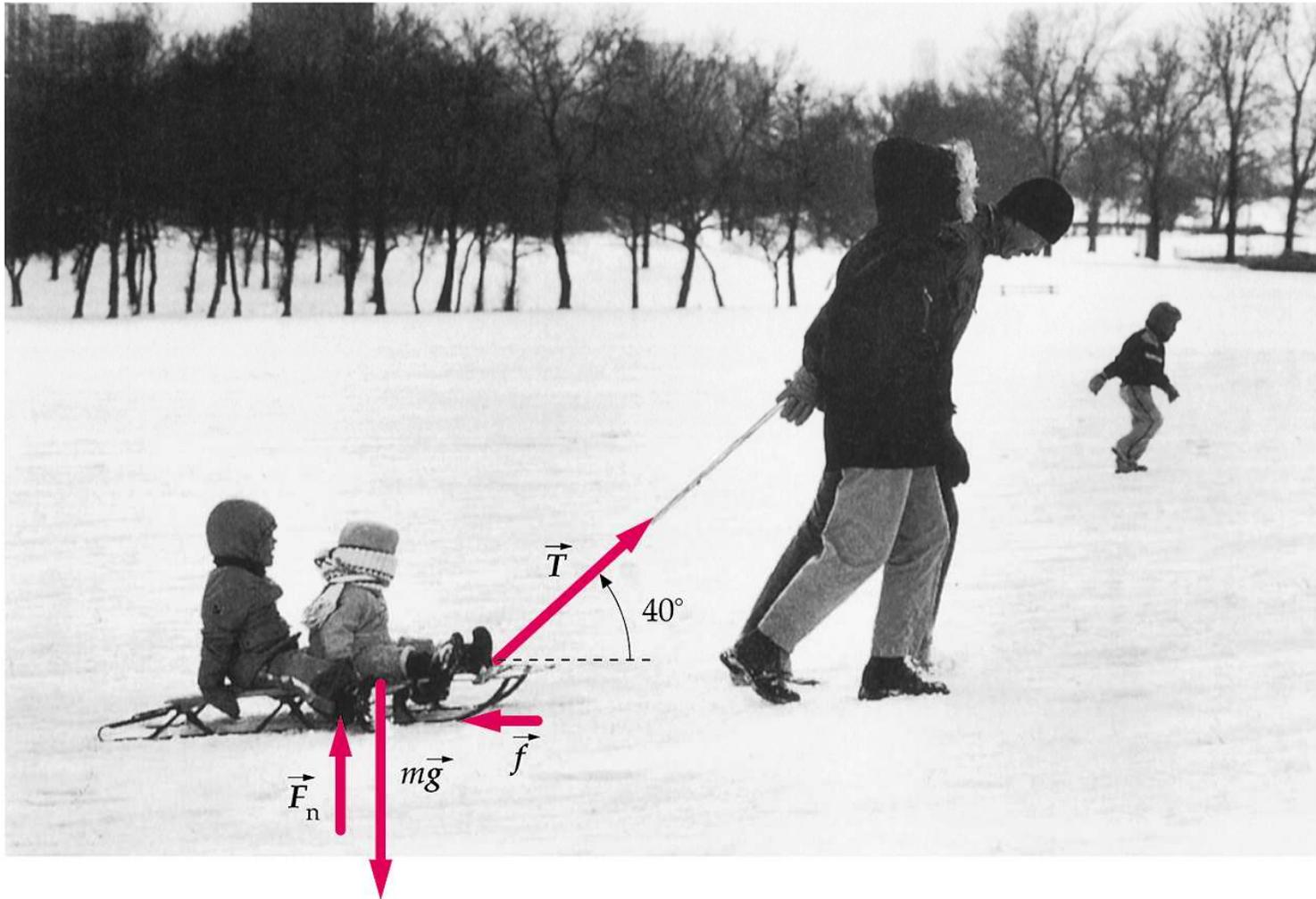
Ao abrir o livro lentamente, a moeda começa escorregar, em  $\theta = \theta_{\max}$   
O coeficiente de atrito estático é  $\mu_e = \tan \theta_{\max}$



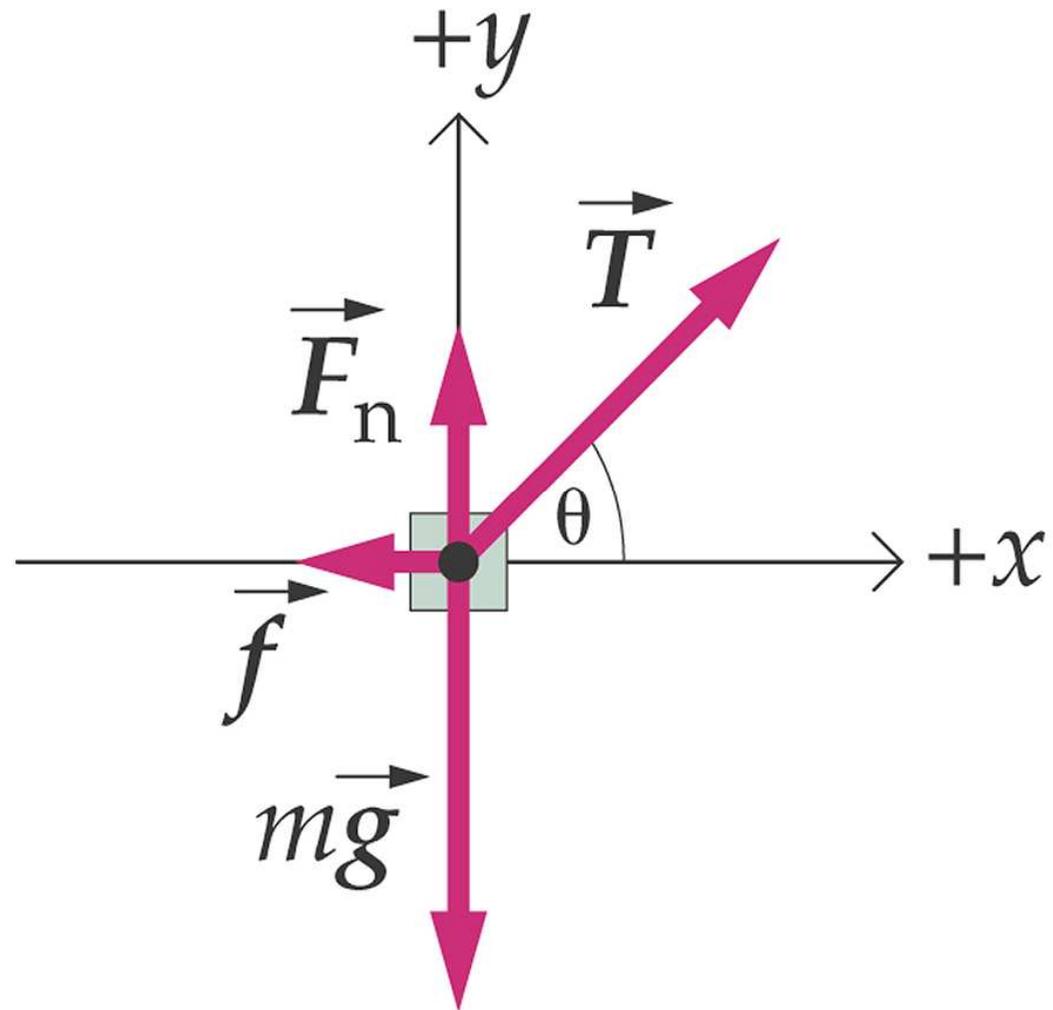
## Diagrama de corpo livre para a moeda na capa do livro



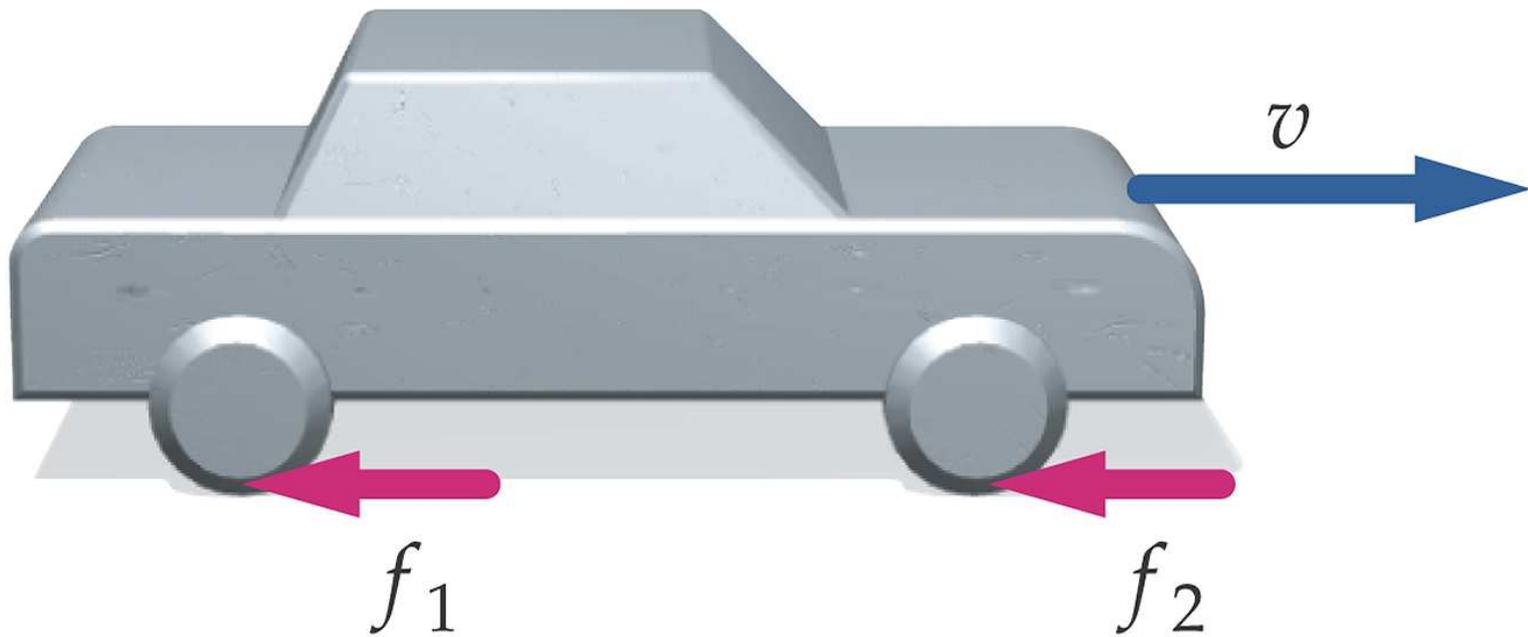
## Exemplo: puxando um trenó considerando atrito estático e cinético



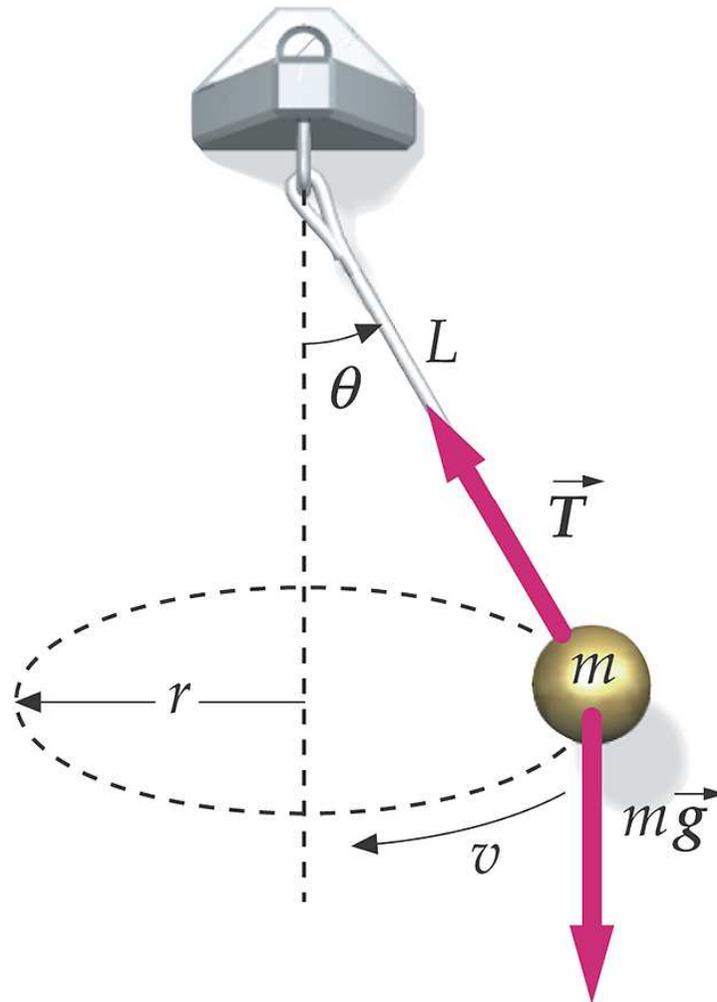
## Diagrama de corpo livre para o trenó



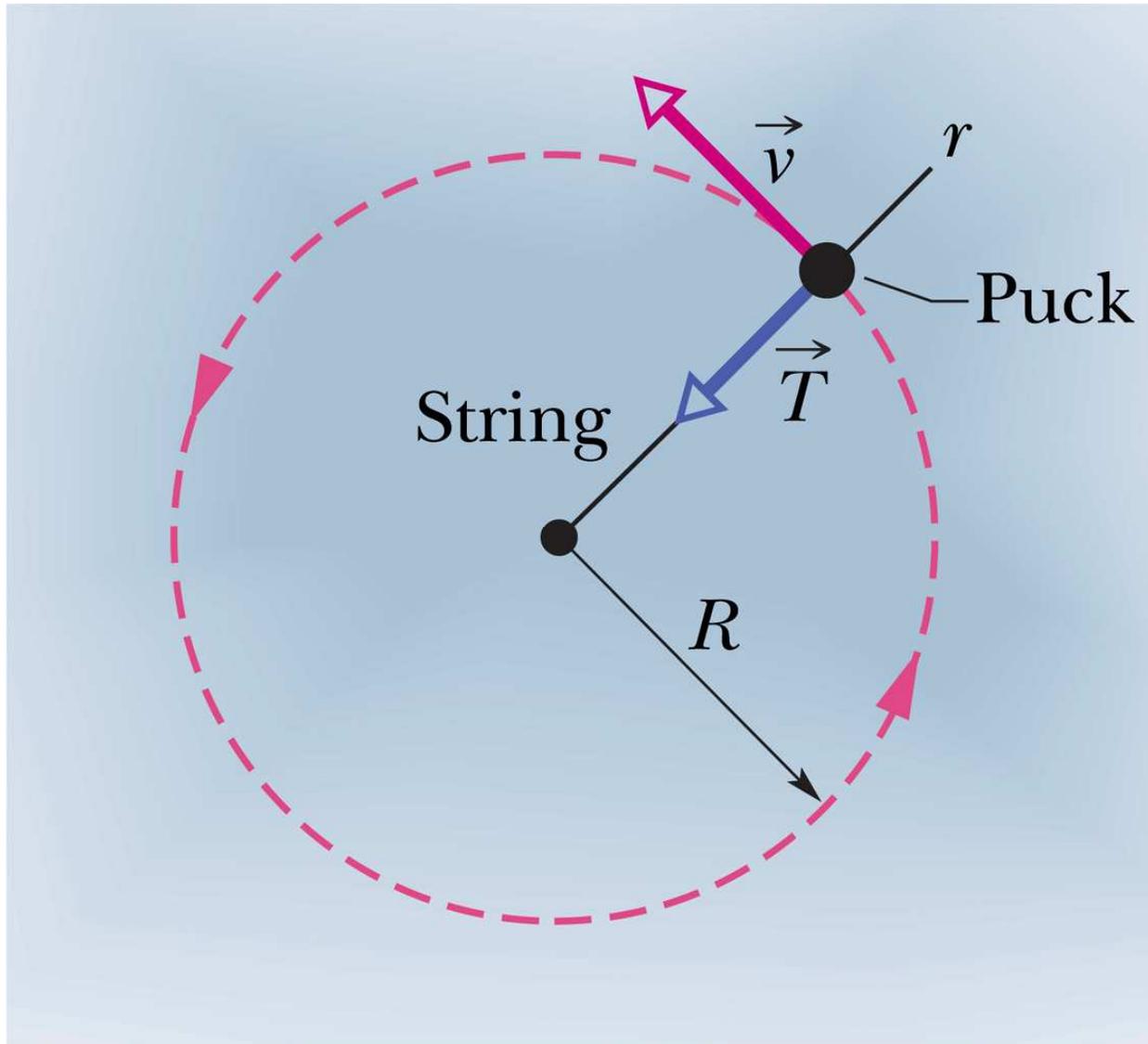
Atrito: carros e freios antibloqueio (*freios ABS*)



## Movimento em trajetória curva



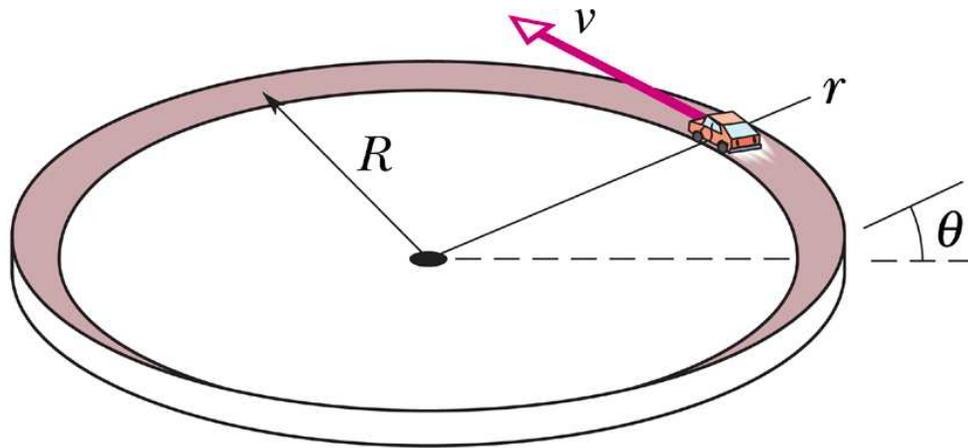
Vista de cima de um disco de metal que se move com  $\mathbf{v}$  constante em uma trajetória circular de raio  $R$ . A força centrípeta que age sobre o corpo é a tração  $\mathbf{T}$  da corda



## Curvas inclinadas

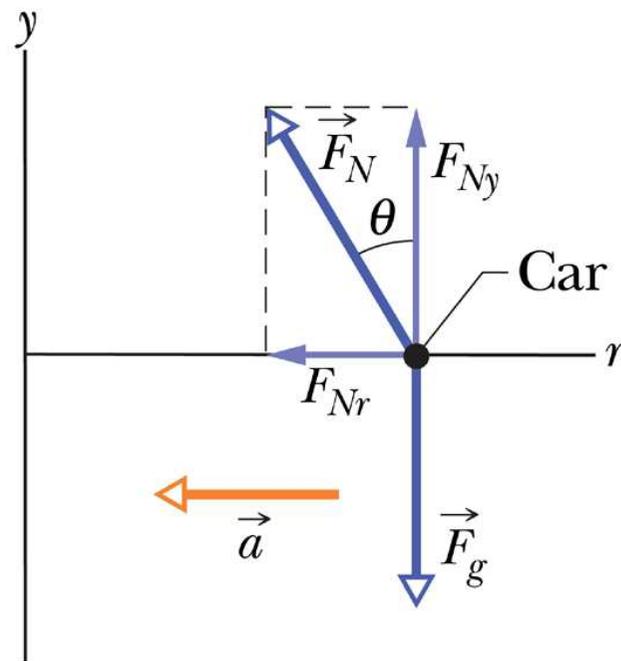


©2008 by W.H. Freeman and Company



(a)

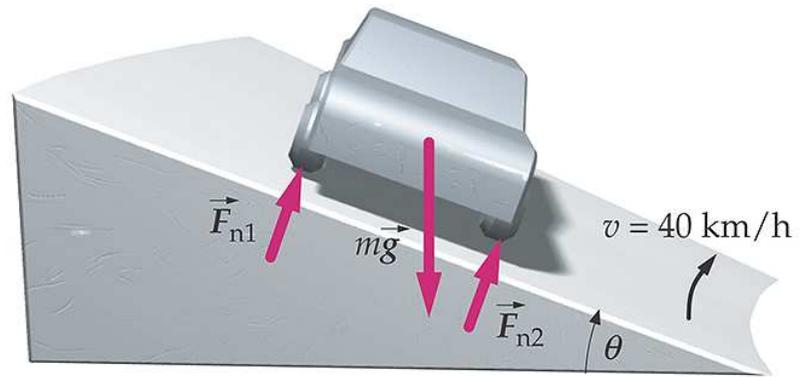
Um carro faz uma curva compensada (inclinada) com velocidade constante



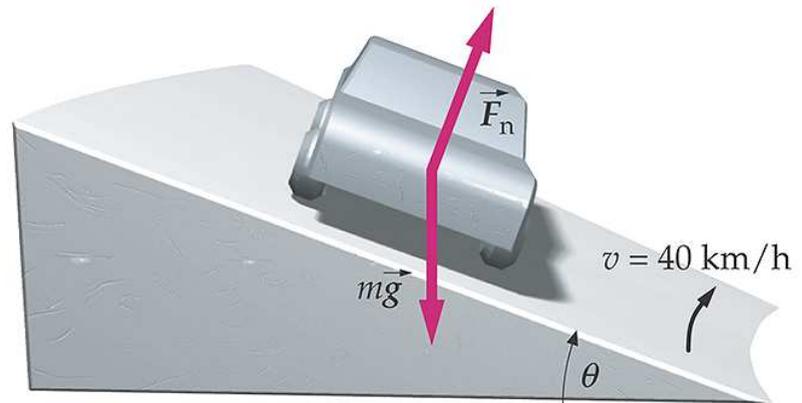
(b)

**Física**  
Halliday, Resnick, Walker

## Exemplo: percorrendo uma curva inclinada

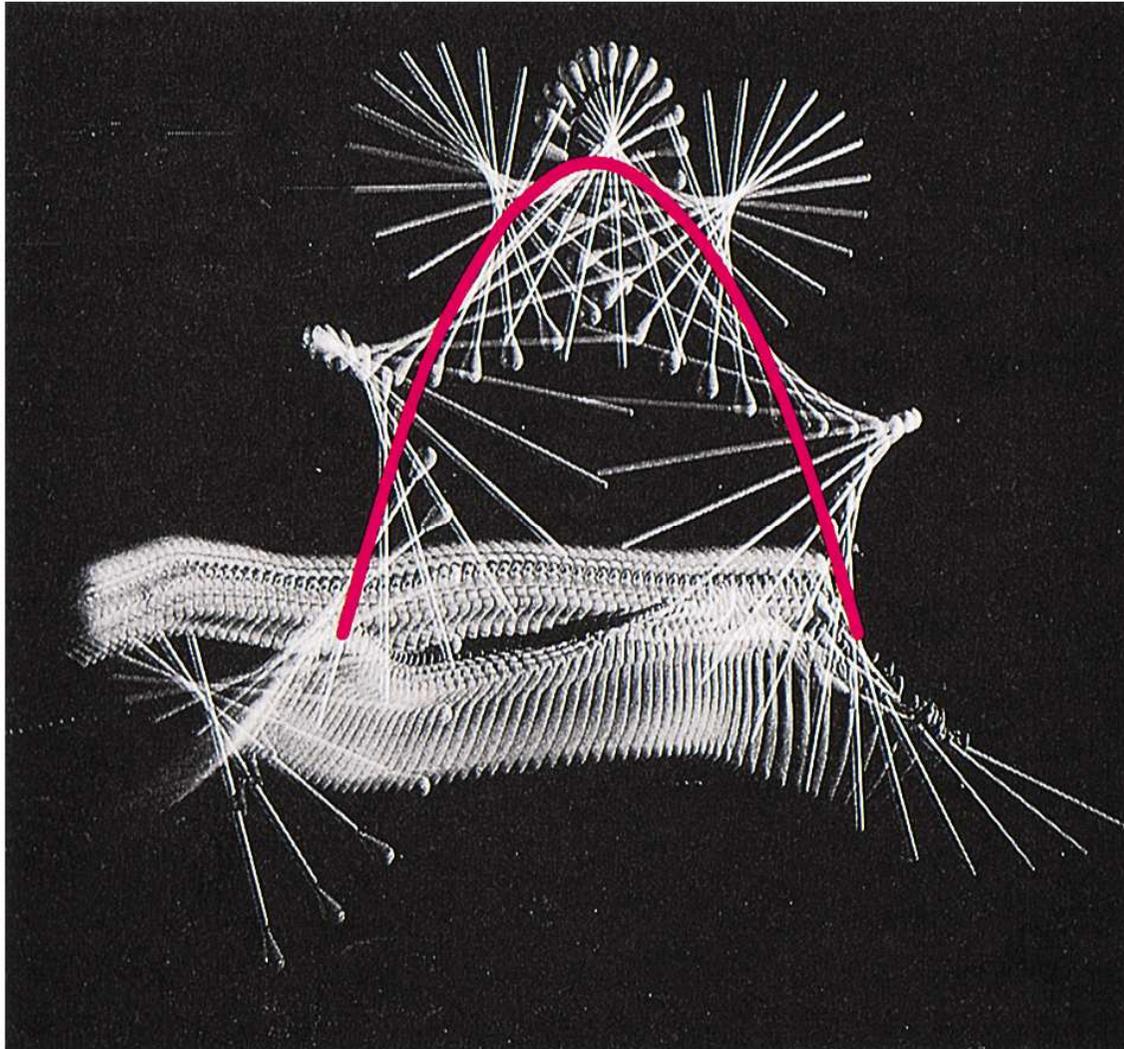


(a)



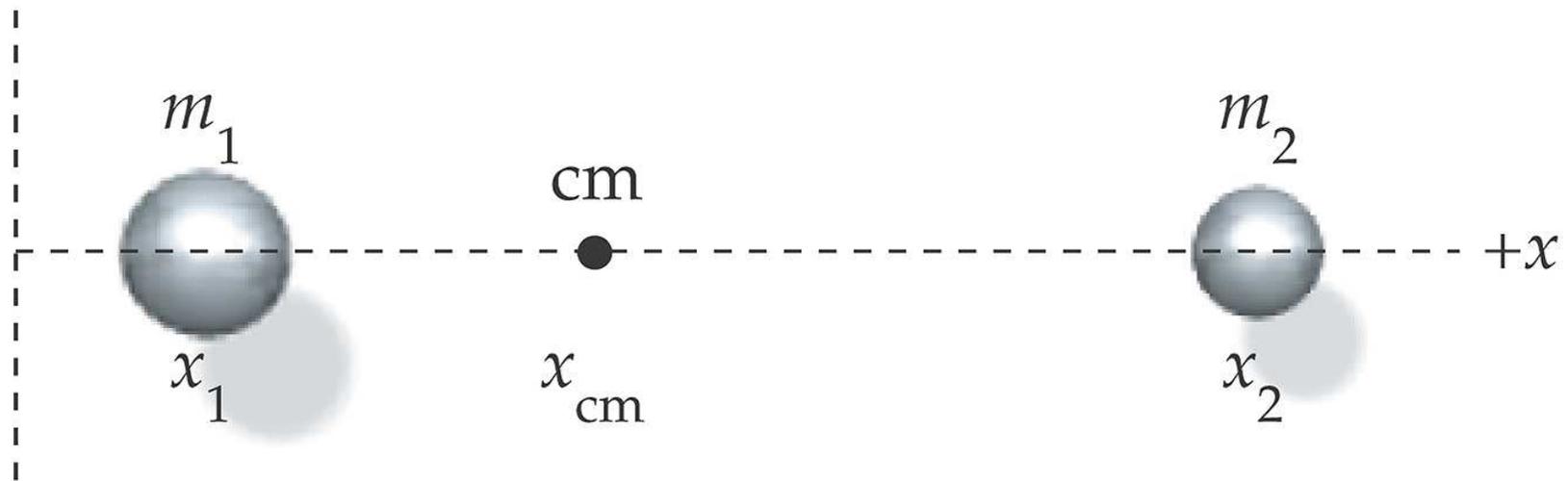
(b)

## O centro de massa

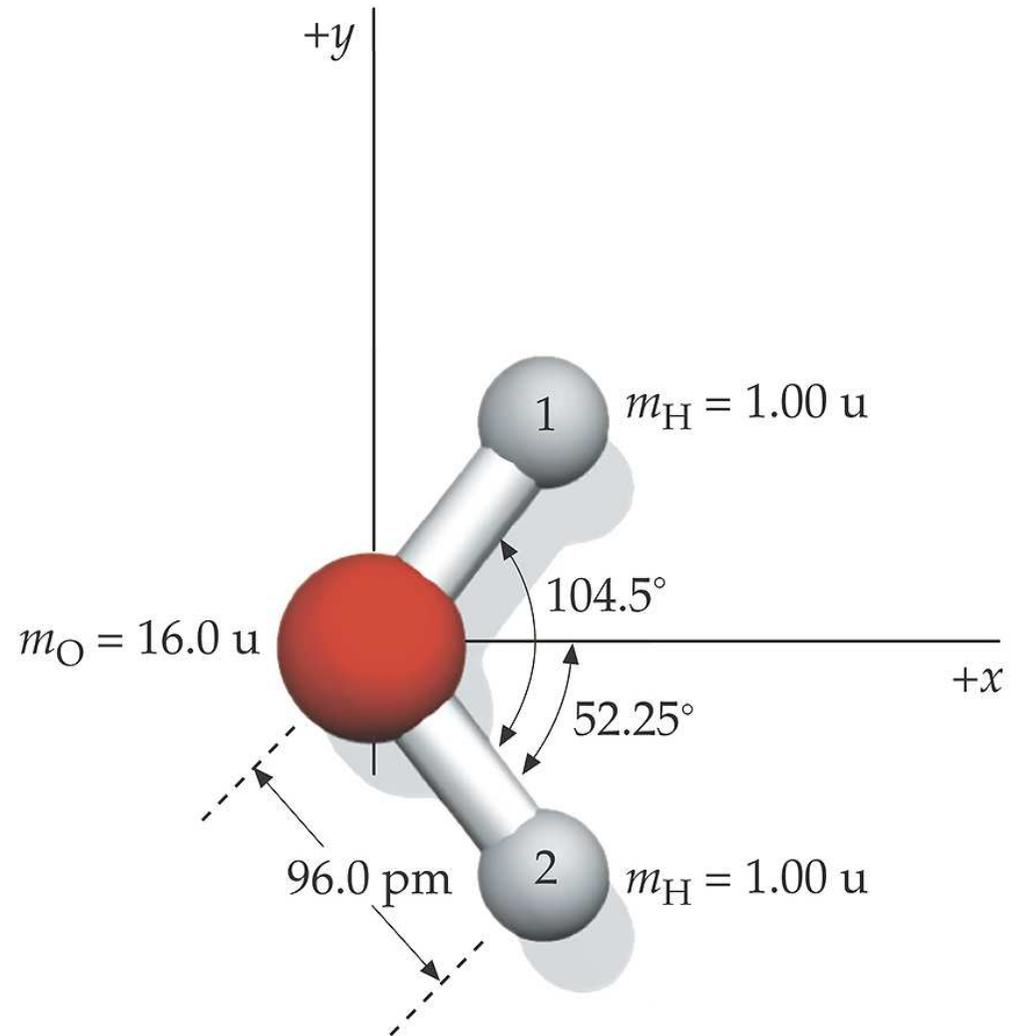


©2008 by W.H. Freeman and Company

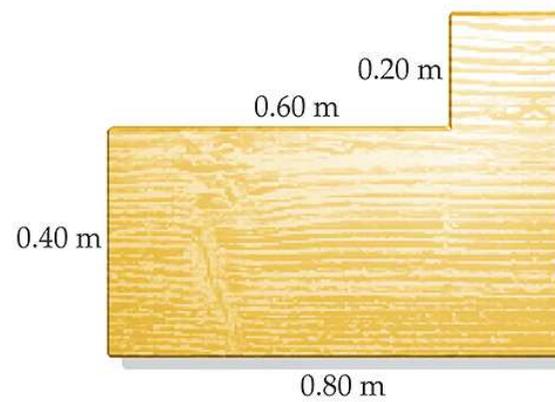
## Posição do **centro de massa** de um sistema de 2 partículas



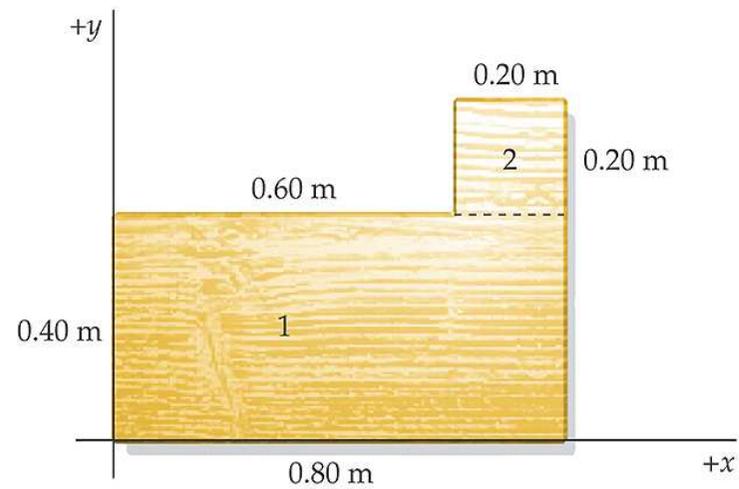
**Exemplo: centro de massa de uma molécula de água**



## Exemplo: centro de massa de uma folha de compensado



(a)



(b)

## Exemplo de movimento do **centro de massa**

