

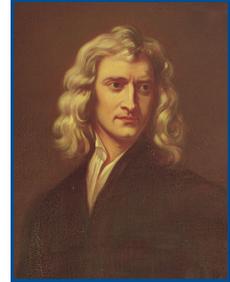
As leis do movimento

Physics for Scientists and Engineers, R. A. Serway and J. W. Jewett,
Cengage

1

Sir Isaac Newton

- 1642 – 1727
- Formulou as leis da Mecânica
- Descobriu a lei da gravitação universal
- Inventou o cálculo

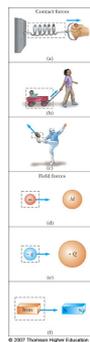


2

As forças são vetores



- Forças de contacto
 - a, b, c
- Forças de campo (atuam através do espaço vazio)
 - Não há contacto físico
 - d, e, f



3

1ª lei de Newton

- Se um objeto não interage com outros objetos, é possível identificar um referencial onde a aceleração do objeto é zero.

- Esta lei é conhecida por *lei da inércia*
- Define um conjunto especial de referenciais chamados *referenciais inerciais*

$$\mathbf{F} = 0 \Rightarrow \mathbf{a} = 0 \Leftrightarrow \mathbf{v} = \text{constante}$$

4

Massa

- **Massa** é a propriedade de um objeto que quantifica a resistência oferecida pelo objeto à mudança da sua velocidade
- As massas podem ser definidas em termos das acelerações produzidas por uma dada força

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{a_2}{a_1}$$

- A massa é um escalar
- A unidade SI da massa é o kg

5

Segunda lei de Newton

- Num referencial inercial, a aceleração de um objeto é diretamente proporcional à força total que atua sobre o objeto e inversamente proporcional à sua massa

- A força é a causa da variação do movimento, medida pela aceleração

$$\mathbf{F} = m \mathbf{a}$$

6

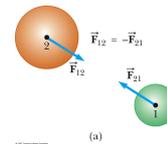
Mais sobre a segunda lei de Newton

- F é a força total ou a resultante das forças
 - É a soma vetorial de todas as forças que atuam sobre o objeto
- A segunda lei de Newton pode ser escrita em termos das componentes:
 - $\Sigma F_x = m a_x$
 - $\Sigma F_y = m a_y$
 - $\Sigma F_z = m a_z$
- A unidade SI da força é o **newton (N)**
 - $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m} / \text{s}^2$

7

Terceira lei de Newton

- Se dois objetos interagem, a força F_{12} exercida pelo objeto 1 no objeto 2 é igual em magnitude e direção e tem o sentido oposto à força F_{21} exercida pelo objeto 2 no objeto 1



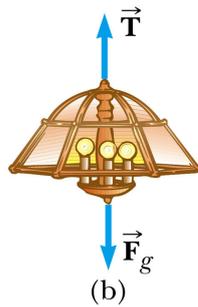
- Nota sobre notação: F_{AB} é a força exercida por A em B

8

Equilíbrio, Exemplo 1

- O candeeiro é suspenso por uma corrente de massa desprezável
- As forças que atuam no candeeiro são
 - A força da gravidade para baixo
 - A tensão na corda para cima
- A condição de equilíbrio é:

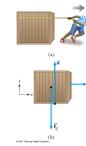
$$T + F_g = 0$$



9

A segunda lei de Newton, Exemplo 1

- Forças que atuam no caixote:
 - A tensão T , através da corda, de magnitude T
 - A força gravítica, F_g
 - A força normal n , exercida pela superfície



$$T = m a_x$$

$$n - F_g = 0$$

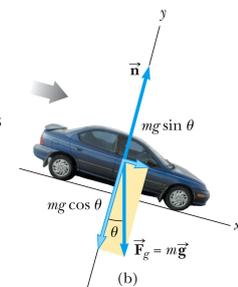
10

Planos inclinados

- Forças que atuam no objeto:
 - A força normal atua perpendicularmente ao plano
 - A força gravítica atua na vertical
- Escolha um sistema de coordenadas com x paralelo ao plano e y perpendicular

$$m g \sin \theta = m a_x$$

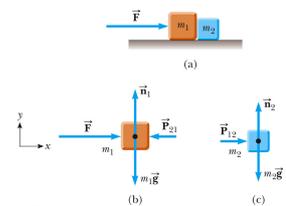
$$n - m g \cos \theta = 0$$



11

Objetos múltiplos 1

- Trate o sistema como um todo



12

Objetos múltiplos 2

- Forças que atuam nos objetos:
 - Tensão (a mesma para os dois objetos, uma corda)
 - Gravidade
- Cada objeto tem a mesma aceleração uma vez que estão ligados
- Desenhar os diagramas de forças
- Aplicar as leis de Newton
- Resolver o sistema de equações

13

Objetos múltiplos 3

- Desenhar o diagrama de forças para cada objeto
 - Uma corda, a tensão é a mesma para os dois objetos
 - Ligados, a aceleração é a mesma para os dois objetos
- Aplicar as leis de Newton
- Resolver o sistema de equações

14

Forças de atrito

- O atrito é proporcional à força normal
 - $f_s \leq \mu_s n$ e $f_k = \mu_k n$
 - μ é o coeficiente de atrito
- Para o atrito estático, a igualdade é válida apenas para o limiar do movimento, quando as superfícies começam a deslizar

15

Atrito estático

- O atrito estático impede o movimento do objeto
- Se n aumentar, f_s aumenta
- Se n diminuir, f_s diminui

$$f_s \leq \mu_s n$$

16

Atrito cinético

- A força de atrito cinético atua quando o objeto está em movimento

$$f_k = \mu_k n$$

17

Atrito, Exemplo 1

- O bloco desliza no plano e o atrito atua no sentido inverso
- Podemos usar este set-up para medir o atrito
 - $\mu = \tan \theta$
- Para μ_s , use o ângulo quando o bloco começa a deslizar
- Para μ_k , use o ângulo quando o bloco desliza com velocidade constante

18

Atrito, Exemplo 2

- O atrito atua apenas quando o objeto está em contato com a superfície

19

Movimento circular uniforme, Força

- A força, F_r , é responsável pela aceleração centrípeta
- A é dirigida para o centro
- Aplicar a lei de Newton na direção radial

$$F_r = m \frac{v^2}{r}$$

20

Pêndulo cônico

- Objeto em equilíbrio na vertical e movimento circular uniforme na horizontal
- $\Sigma F_y = 0 \rightarrow T \cos \theta = mg$
- $\Sigma F_x = T \sin \theta = m a_c$
- v é independente de m

21

Curva horizontal

- A força de atrito estático é responsável pela aceleração centrípeta
- A velocidade máxima do carro para fazer a curva é

22

Movimento circular não uniforme

- A aceleração e a força têm componentes tangenciais
- F_r produz a aceleração centrípeta
- F_t produz a aceleração tangencial

$$F_t = m \frac{dv}{dt}$$

23

Círculo vertical com velocidade não uniforme

- A força gravítica exerce uma força tangencial no objeto
- Calcule as componentes de F_g
- A tensão em cada ponto pode ser calculada

$$T - mg \cos \theta = m \frac{v^2}{r}$$

24