

# **Física I**

**Semana 02 - Aula 3**

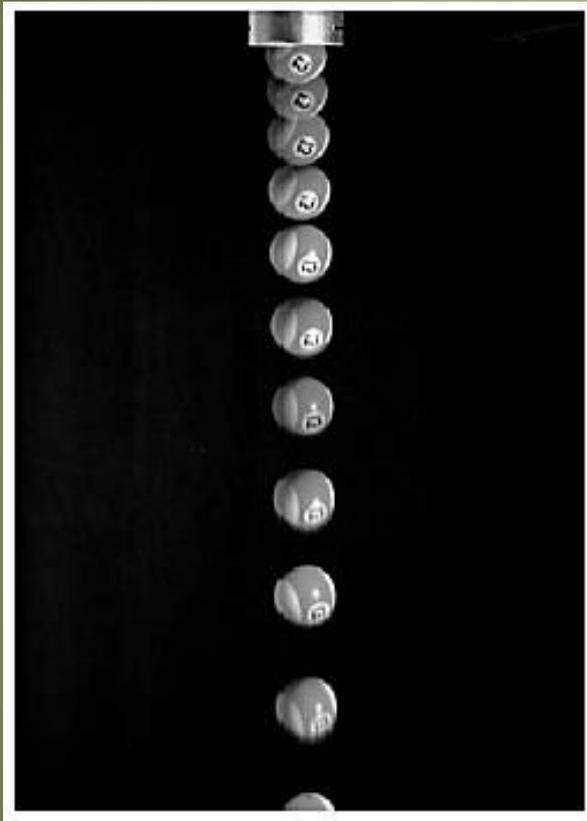
**Queda livre de corpos**

**Prof. Henrique Antonio Mendonça Faria**

# Queda livre dos corpos

- O exemplo mais familiar de um movimento com aceleração (aproximadamente) constante.
- Quando os efeitos do ar podem ser desprezados, Galileu está correto.
- Todos os corpos em um dado local caem com a mesma aceleração

# Queda livre dos corpos

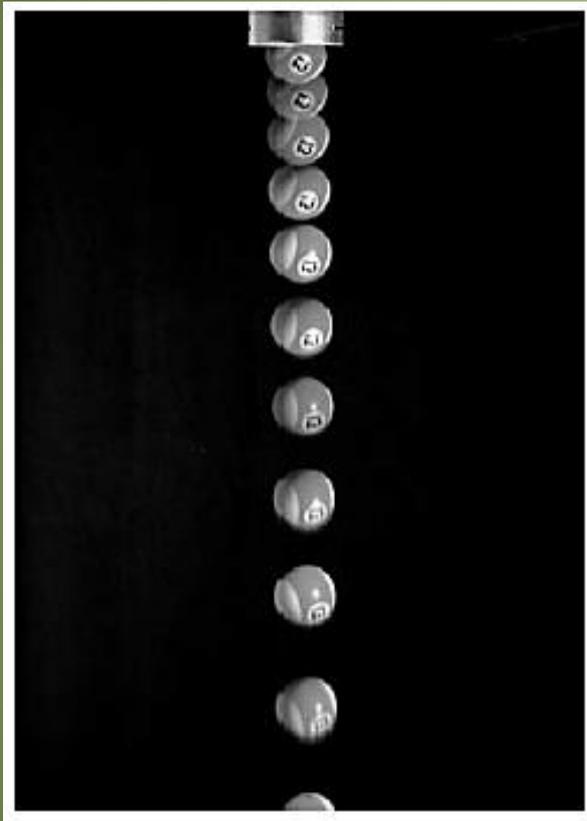


- **Estroboscópio luminoso:** série de flashes com intervalos de tempo iguais.

**Figura 2.22** Fotografia de múltipla *exposição* de uma bola em queda livre.

**Fonte:** Sears e Zemansky

# Queda livre dos corpos

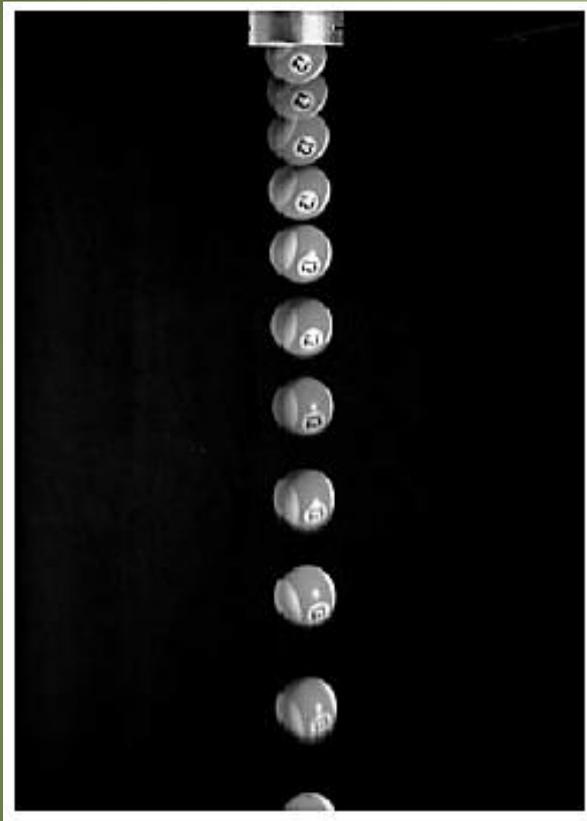


- **Estroboscópio luminoso:** série de flashes com intervalos de tempo iguais.
- **Distância das imagens:** dois *flashes*

**Figura 2.22** Fotografia de múltipla *exposição* de uma bola em queda livre.

**Fonte:** Sears e Zemansky

# Queda livre dos corpos

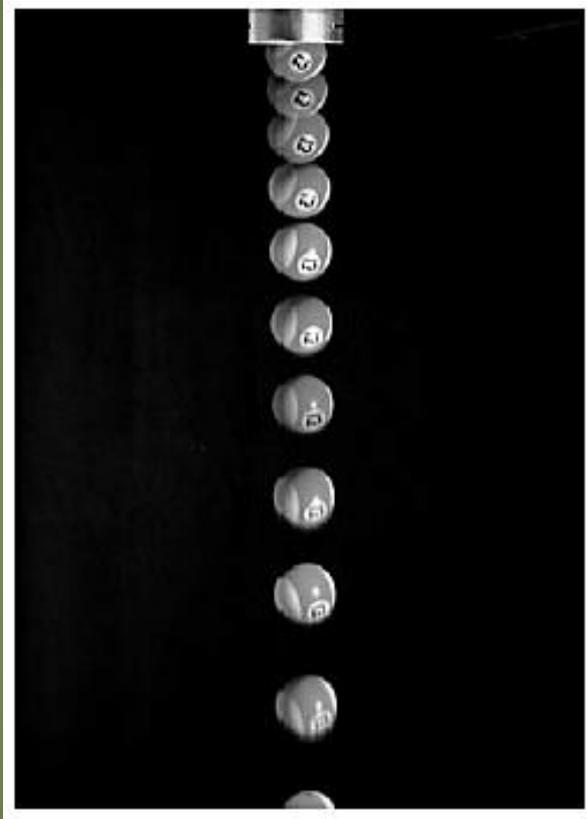


- **Estroboscópio luminoso:** série de flashes com intervalos de tempo iguais.
- **Distância das imagens:** dois *flashes*
- **Distância crescente:** velocidade está aumentando.

**Figura 2.22** Fotografia de múltipla *exposição* de uma bola em queda livre.

**Fonte:** Sears e Zemansky

# Queda livre dos corpos



- **Estroboscópio luminoso:** série de flashes com intervalos de tempo iguais.
- **Distância das imagens:** dois *flashes*
- **Distância crescente:** velocidade está aumentando.
- **Variação da velocidade:** a mesma, aceleração constante.

**Figura 2.22** Fotografia de múltipla *exposição* de uma bola em queda livre.

**Fonte:** Sears e Zemansky

# Queda livre dos corpos

- **Aceleração da gravidade:** aceleração constante de um corpo em queda livre, módulo designado por  $g$ .

# Queda livre dos corpos

➤ **Aceleração da gravidade:** aceleração constante de um corpo em queda livre, módulo designado por  $g$ .

➤ Valor aproximado de  $g$  próximo a superfície terrestre:

$$g = 9,8 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

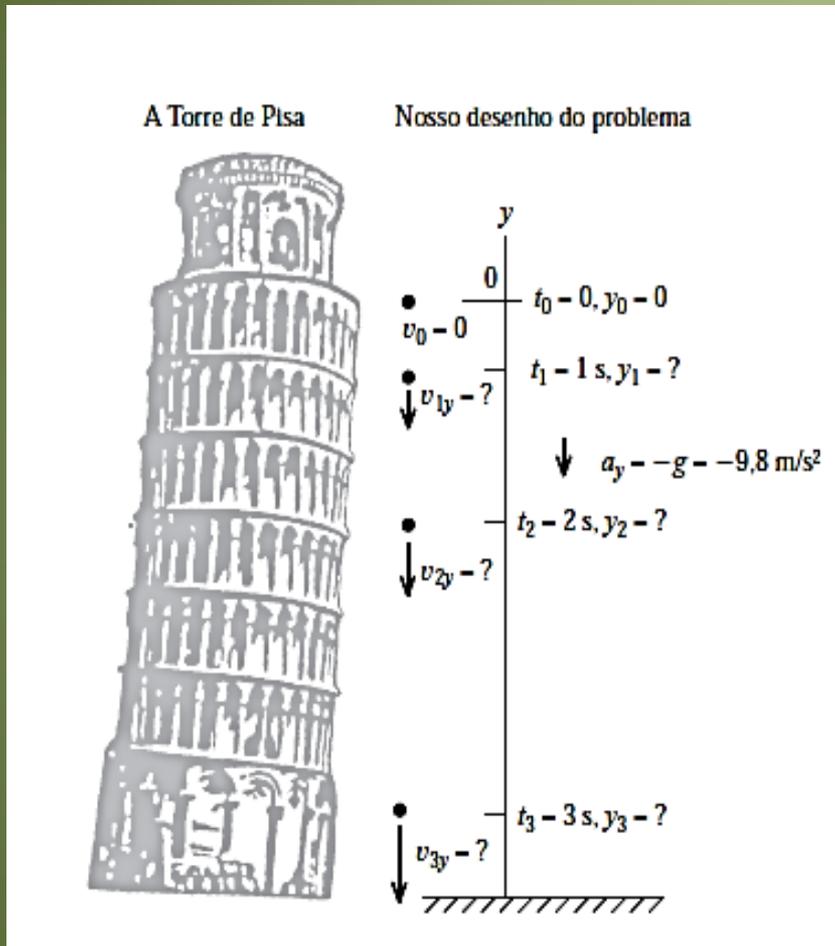
➤ O valor exato varia de um local para outro.

## Exemplo 2.6

### **UMA MOEDA EM QUEDA**

**LIVRE:** Uma moeda de 1 euro é largada da Torre de Pisa. Ela parte do repouso e se move em queda livre. Calcule sua posição e sua velocidade nos instantes 1,0 s, 2,0 s e 3,0 s.

# Exemplo 2.6



**UMA MOEDA EM QUEDA LIVRE:** Uma moeda de 1 euro é largada da Torre de Pisa. Ela parte do repouso e se move em queda livre. Calcule sua posição e sua **velocidade nos instantes 1,0 s; 2,0 s e 3,0 s.**

Figura 2.23 Uma moeda em queda livre a partir do repouso.

Fonte: Sears e Zemansky

# Exemplo 2.6

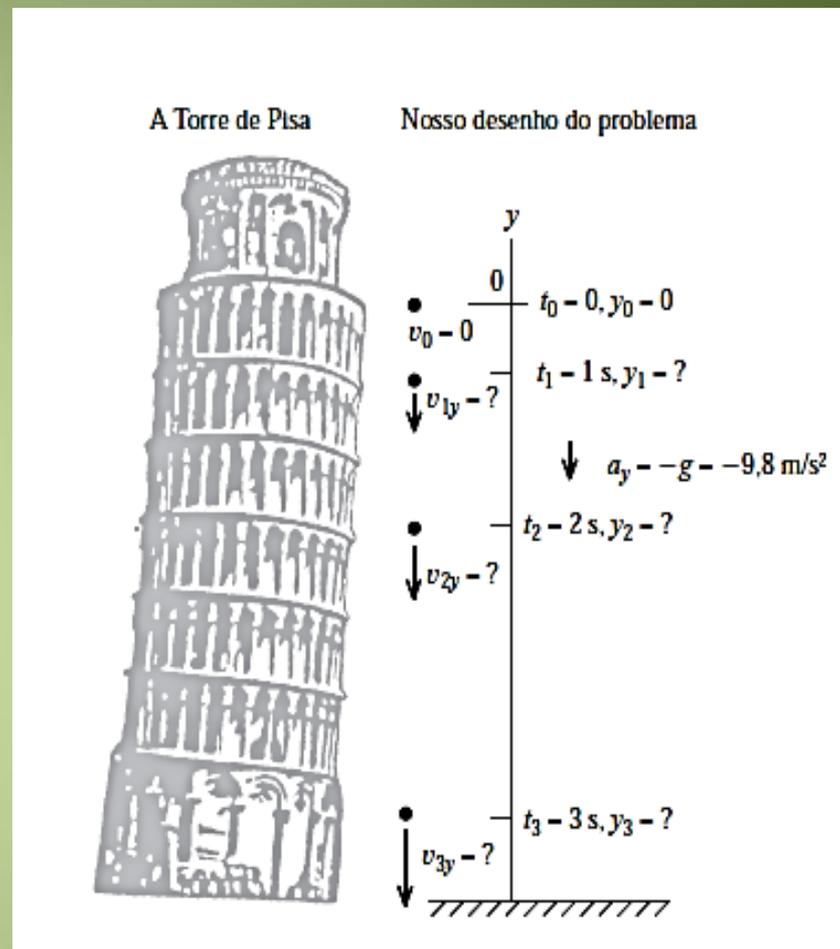
## IDENTIFICAR:

- ‘Queda livre’ significa ‘possuir uma aceleração constante devido à gravidade’.
- Podemos usar as equações da aceleração constante para determinar as incógnitas

# Exemplo 2.6

## PREPARAR:

- Escolha do eixo:  $y$  orientado para cima.
- Origem: ponto inicial.



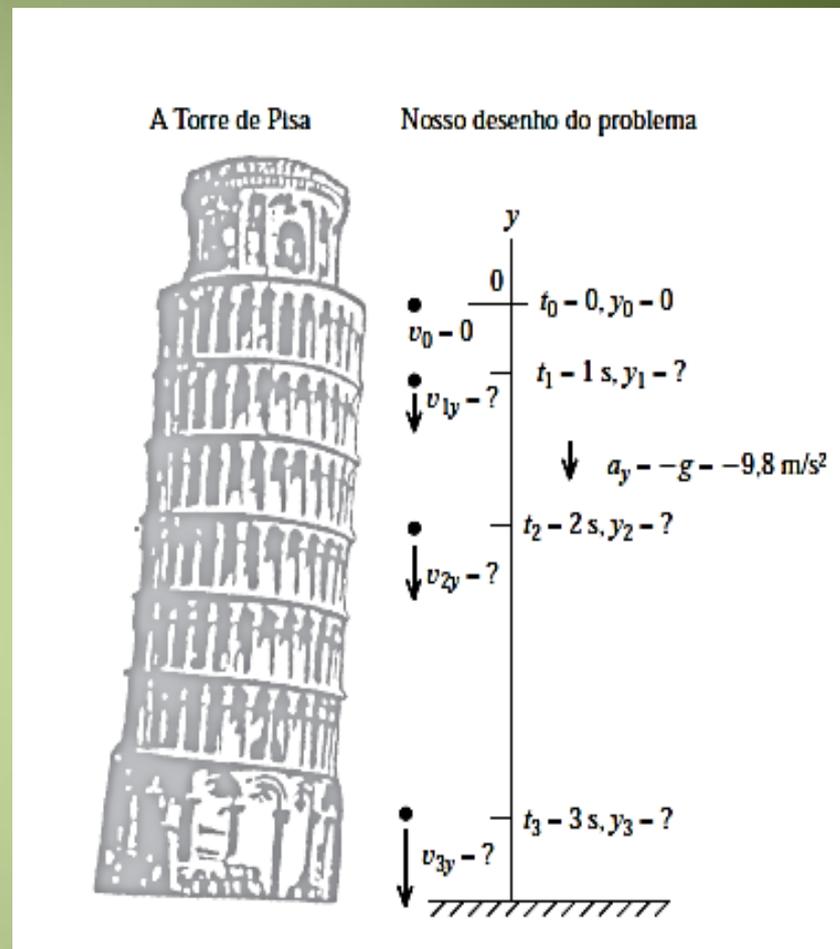
**Figura 2.23** Uma moeda em queda livre a partir do repouso.

**Fonte:** Sears e Zemansky

# Exemplo 2.6

## PREPARAR:

- Escolha do eixo:  $y$  orientado para cima.
- Origem: ponto inicial.
- Coordenadas iniciais: iguais a zero.



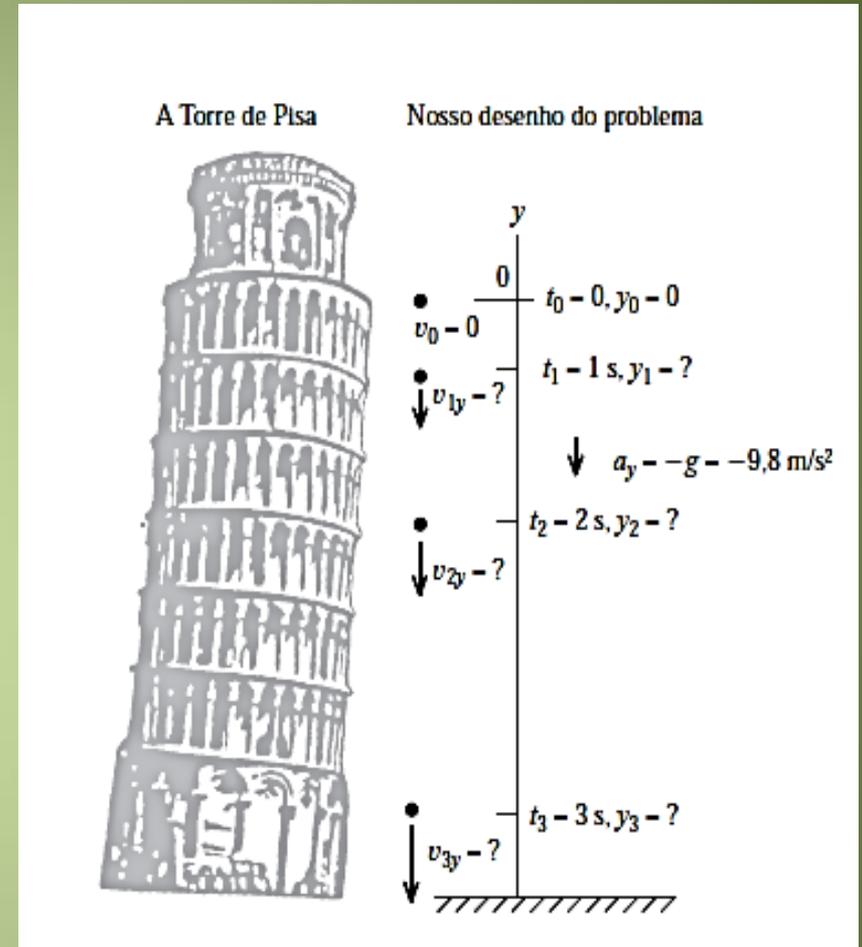
**Figura 2.23** Uma moeda em queda livre a partir do repouso.

**Fonte:** Sears e Zemansky

# Exemplo 2.6

## PREPARAR:

- **Escolha do eixo:**  $y$  orientado para cima.
- **Origem:** ponto inicial.
- **Coordenadas niciais:** iguais a zero.
- **Aceleração:** orientada para baixo.



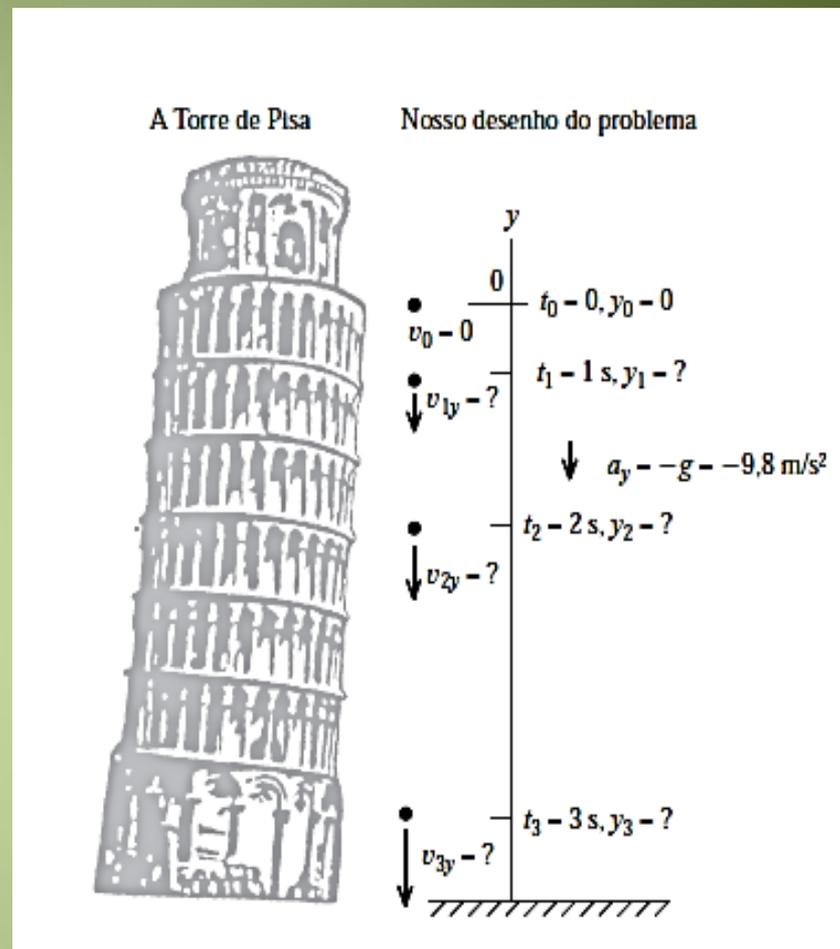
**Figura 2.23** Uma moeda em queda livre a partir do repouso.

**Fonte:** Sears e Zemansky

# Exemplo 2.6

## PREPARAR:

- **Escolha do eixo:**  $y$  orientado para cima.
- **Origem:** ponto inicial.
- **Coordenadas iniciais:** iguais a zero.
- **Aceleração:** orientada para baixo.
- **Incógnitas:**  $y$  e  $v_y$  nos três instantes.



**Figura 2.23** Uma moeda em queda livre a partir do repouso.

**Fonte:** Sears e Zemansky

# Exemplo 2.6

EXECUTAR:

- Equações fundamentais do movimento ( $a$ : constante):

$$y = y_0 + v_{0y}t + \frac{1}{2}a_y t^2$$

$$v_y = v_{0y} + a_y t$$

# Exemplo 2.6

## EXECUTAR:

- Equações fundamentais do movimento ( $a$ : constante):

$$y = y_0 + v_{0y}t + \frac{1}{2}a_y t^2$$

$$v_y = v_{0y} + a_y t$$

- No problema:

$$y_0 = 0 \quad v_{0y} = 0$$

- Então:

$$y = \frac{1}{2}(-g)t^2 = -4,9t^2 \quad \left[\frac{m}{s^2}\right]s^2$$

$$v_y = (-g)t = -9,8t \quad \left[\frac{m}{s^2}\right]s$$

# Exemplo 2.6

**EXECUTAR:**

- Quando  $t = 1,0$  s:

$$y = -4,9(1,0)^2 = -4,9 \text{ [m]}$$

$$v_y = -9,8(1,0) = -9,8 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

# Exemplo 2.6

**EXECUTAR:**

- Quando  $t = 1,0$  s:

$$y = -4,9(1,0)^2 = -4,9 \text{ [m]}$$

$$v_y = -9,8(1,0) = -9,8 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

- Quando  $t = 2,0$  s:

$$y = -19,6 \text{ [m]} \quad v_y = -19,6 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

# Exemplo 2.6

**EXECUTAR:**

- Quando  $t = 1,0$  s:

$$y = -4,9(1,0)^2 = -4,9 \text{ [m]}$$

$$v_y = -9,8(1,0) = -9,8 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

- Quando  $t = 2,0$  s:

$$y = -19,6 \text{ [m]} \quad v_y = -19,6 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

- Quando  $t = 3,0$  s:

$$y = -44,1 \text{ [m]} \quad v_y = -29,4 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

# Exemplo 2.6

## AVALIAR:

- As respostas para  $v_y$  são negativas porque optamos por direcionar para cima o eixo  $O_y$  positivo.

## Exemplo 2.6

### AVALIAR:

- As respostas para  $v_y$  são negativas porque optamos por direcionar para cima o eixo  $0_y$  positivo.
- Poderíamos também ter escolhido a direção para baixo. Nesse caso, a aceleração teria sido  $v_y = +g$  e todas as respostas para  $v_y$  seriam positivas.

## Exemplo 2.6

### AVALIAR:

- As respostas para  $v_y$  são negativas porque optamos por direcionar para cima o eixo  $0_y$  positivo.
- Poderíamos também ter escolhido a direção para baixo. Nesse caso, a aceleração teria sido  $v_y = +g$  e todas as respostas para  $v_y$  seriam positivas.
- Qualquer escolha do eixo serve; apenas explicitar sua escolha no esquema e na solução e confirmar que a aceleração possui o sinal correto.

## Exemplo 2.7

### MOVIMENTO PARA CIMA E PARA BAIXO EM QUEDA

**LIVRE:** Você arremessa uma bola de baixo para cima do topo de um edifício alto. A bola deixa sua mão com velocidade de 15 m/s em um ponto que coincide com a extremidade superior do parapeito do edifício; a seguir ela passa a se mover em queda livre. Quando a bola volta, ela passa raspando pelo parapeito e continua a queda. No local do edifício,  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ . Calcule:

# Exemplo 2.7

## MOVIMENTO PARA CIMA E PARA BAIXO EM QUEDA

**LIVRE:** Você arremessa uma bola de baixo para cima do topo de um edifício alto. A bola deixa sua mão com **velocidade de 15 m/s** em um ponto que coincide com a extremidade superior do parapeito do edifício; a seguir ela passa a se mover em **queda livre**. Quando a bola volta, ela passa raspando pelo parapeito e continua a queda. No local do edifício,  **$g = 9,8 \text{ m/s}^2$** . Calcule:

- (a) a **posição e a velocidade da bola** 1,0 s e 4,0 s depois que ela deixa sua mão;
- (b) a **velocidade quando a bola está a 5,0 m** acima do parapeito;
- (c) a **altura máxima atingida** e o tempo que ela leva para atingir essa altura;
- (d) a **aceleração** da bola quando ela se encontra **na altura máxima**.

# Exemplo 2.7

## IDENTIFICAR:

- 'Queda livre' significa aceleração constante devido à gravidade. Utilizaremos as expressões conhecidas.

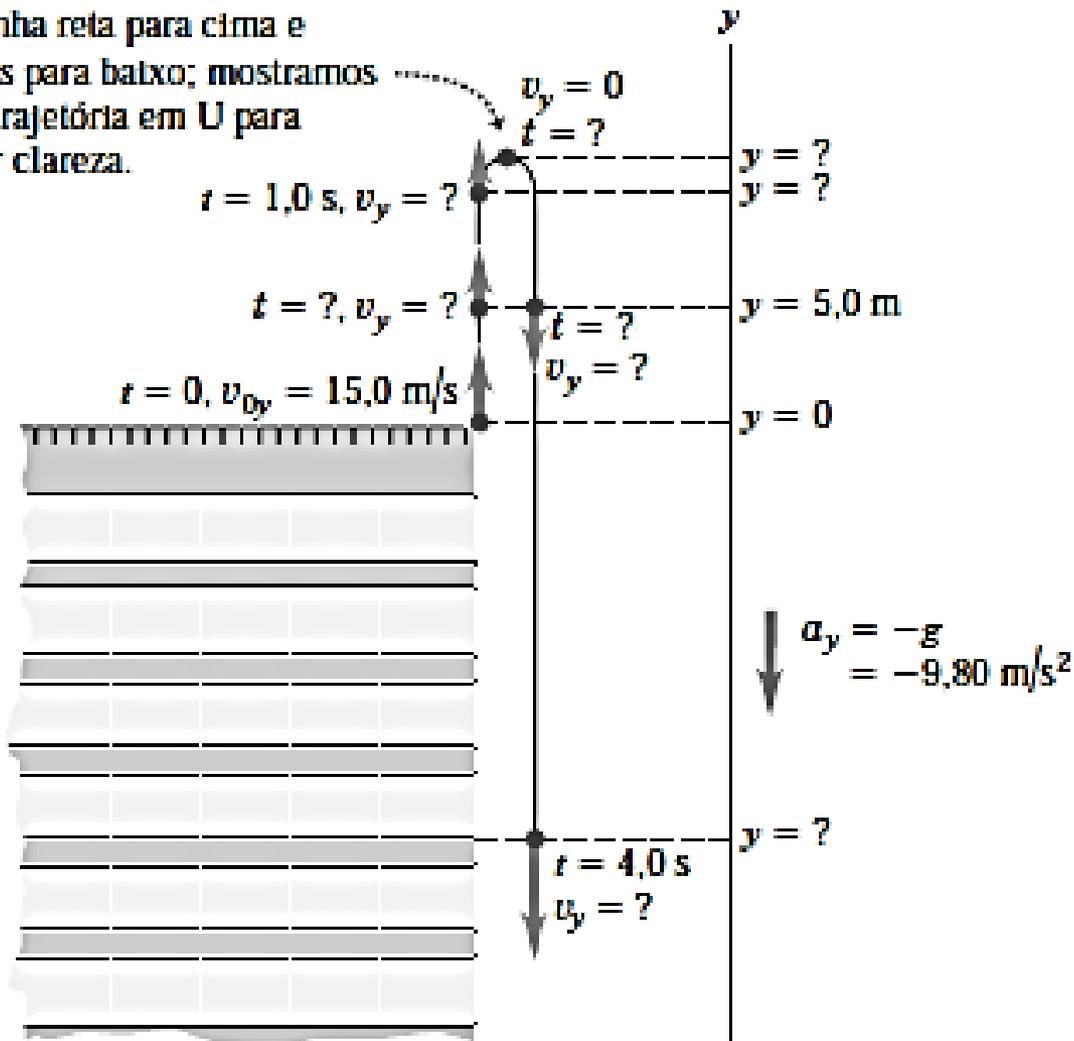
# Exemplo 2.7

## IDENTIFICAR:

- ‘Queda livre’ significa aceleração constante devido à gravidade. Utilizaremos as expressões conhecidas.
- As incógnitas são posição, velocidade e aceleração nos instantes 1,0 s e 4,0 s, a velocidade na posição 5 m acima do parapeito, a altura máxima e aceleração nesse ponto.

# Exemplo 2.7 PREPARAR:

A bola efetivamente se move em linha reta para cima e depois para baixo; mostramos uma trajetória em U para maior clareza.



## Exemplo 2.7 EXECUTAR: item (a)

- Equações fundamentais do movimento:

$$y = y_0 + v_{oy}t + \frac{1}{2}a_yt^2 = v_{oy}t + \frac{1}{2}(-g)t^2$$

$$v_y = v_{oy} + a_yt = v_{oy} + (-g)t$$

## Exemplo 2.7 EXECUTAR: item (a)

- Equações fundamentais do movimento:

$$y = y_0 + v_{oy}t + \frac{1}{2}a_yt^2 = v_{oy}t + \frac{1}{2}(-g)t^2$$

$$v_y = v_{oy} + a_yt = v_{oy} + (-g)t$$

- Então:

$$y = 15,0t + \frac{1}{2}(-9,8)t^2 = 15,0 - 4,9t^2$$

$$v_y = 15,0 - 9,8t$$

## Exemplo 2.7 EXECUTAR: item (a)

- Equações fundamentais do movimento:

$$y = y_0 + v_{oy}t + \frac{1}{2}a_y t^2 = v_{oy}t + \frac{1}{2}(-g)t^2$$

$$v_y = v_{oy} + a_y t = v_{oy} + (-g)t$$

- Então:

$$y = 15,0t + \frac{1}{2}(-9,8)t^2 = 15,0 - 4,9t^2$$

$$v_y = 15,0 - 9,8t$$

- Para  $t = 1,0 \text{ s}$ :  $y = +10,1 \text{ m}$     $v_y = 5,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- Para  $t = 4,0 \text{ s}$ :  $y = -18,4 \text{ m}$     $v_y = -24,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

## Exemplo 2.7      Executar: item (b)

- Equações fundamentais do movimento:

$$y = v_{0y}t + \frac{1}{2}(-g)t^2$$

$$v_y = v_{0y} + (-g)t$$

## Exemplo 2.7      Executar: item (b)

- Equações fundamentais do movimento:

$$y = v_{0y}t + \frac{1}{2}(-g)t^2$$

$$v_y = v_{0y} + (-g)t$$

- Qual a  $v_y = ?$  Para  $y = 5,0 \text{ m}$ :

$$5,0 = 15,0t - 4,9t^2 \quad \Rightarrow \quad t = 0,38s \quad e \quad t = 2,68s$$

## Exemplo 2.7      Executar: item (b)

- Equações fundamentais do movimento:

$$y = v_{0y}t + \frac{1}{2}(-g)t^2$$

$$v_y = v_{0y} + (-g)t$$

- Qual a  $v_y = ?$  Para  $y = 5,0 \text{ m}$ :

$$5,0 = 15,0t - 4,9t^2 \quad \Rightarrow \quad t = 0,38s \quad e \quad t = 2,68s$$

$$v_y = 15,0 - 9,8t \quad \Rightarrow \quad v_y = -11,3$$

$$v_y = +11,3$$

## Exemplo 2.7 Executar: item (b)

- Equações fundamentais do movimento:

$$y = v_{0y}t + \frac{1}{2}(-g)t^2$$

$$v_y = v_{0y} + (-g)t$$

- Qual a  $v_y = ?$  Para  $y = 5,0 \text{ m}$ :

$$5,0 = 15,0t - 4,9t^2 \Rightarrow t = 0,38s \text{ e } t = 2,68s$$

$$v_y = 15,0 - 9,8t \Rightarrow v_y = -11,3$$

$$v_y = +11,3$$

- A resposta se justifica porque na subida a velocidade é positiva, enquanto na descida será negativa.

## Exemplo 2.7 EXECUTAR: item (c)

- Equações fundamentais do movimento:

$$y = v_{0y}t + \frac{1}{2}(-g)t^2$$

$$v_y = v_{0y} + (-g)t$$

## Exemplo 2.7 EXECUTAR: item (c)

- Equações fundamentais do movimento:

$$y = v_{0y}t + \frac{1}{2}(-g)t^2$$

$$v_y = v_{0y} + (-g)t$$

- Se  $v_y = 0$  qual  $y = ?$ :

$$0 = 15,0 - 9,8t \Rightarrow t = 1,53 \text{ s}$$

$$y = 15,0(1,53) - 4,9(1,53)^2 \Rightarrow y = 11,5$$

## Exemplo 2.7 EXECUTAR: item (c)

- Equações fundamentais do movimento:

$$y = v_{0y}t + \frac{1}{2}(-g)t^2$$

$$v_y = v_{0y} + (-g)t$$

- Se  $v_y = 0$  qual  $y = ?$ :

$$0 = 15,0 - 9,8t \Rightarrow t = 1,53 \text{ s}$$

$$y = 15,0(1,53) - 4,9(1,53)^2 \Rightarrow y = 11,5 \text{ m}$$

## EXECUTAR: item (d)

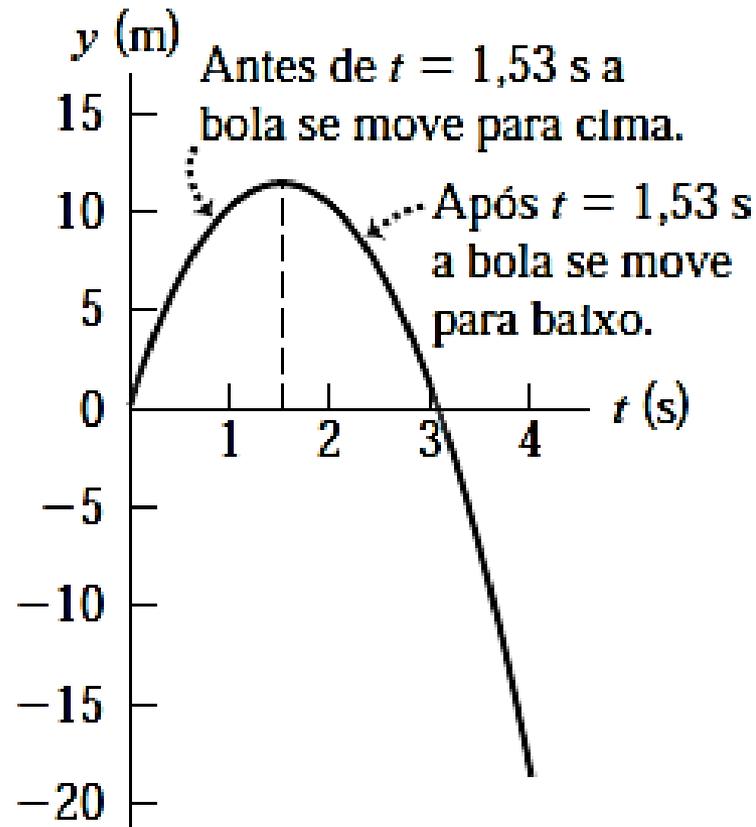
No ponto mais alto a aceleração continua sendo:

$$g = -9,8 \frac{m}{s^2}$$

# Exemplo 2.7

AVALIAR: construir gráficos

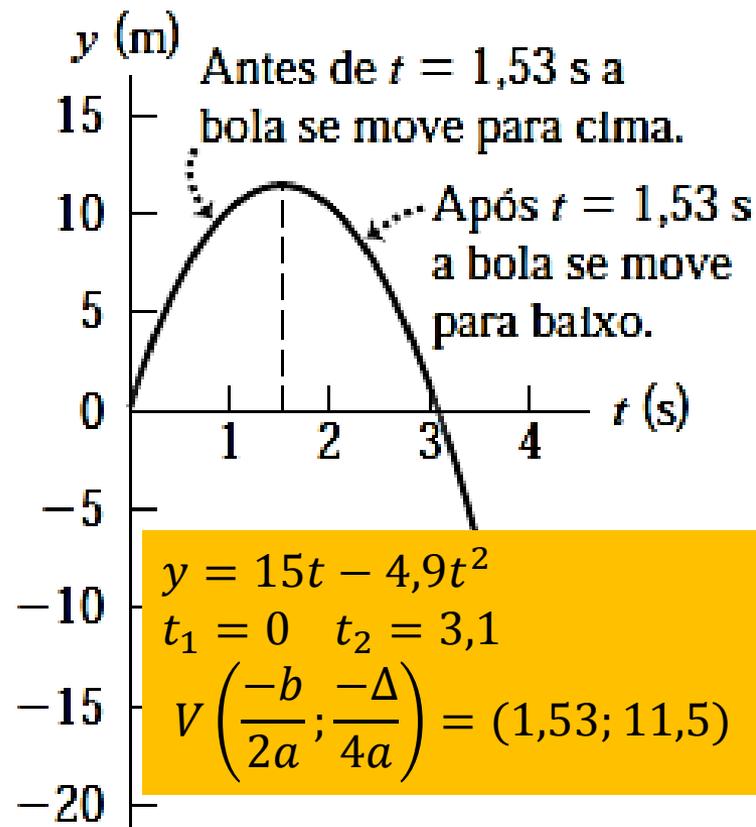
(a) gráfico  $y$  $t$  (curvatura para baixo porque  $a_y = -g$  é negativo)



# Exemplo 2.7

AVALIAR: construir gráficos

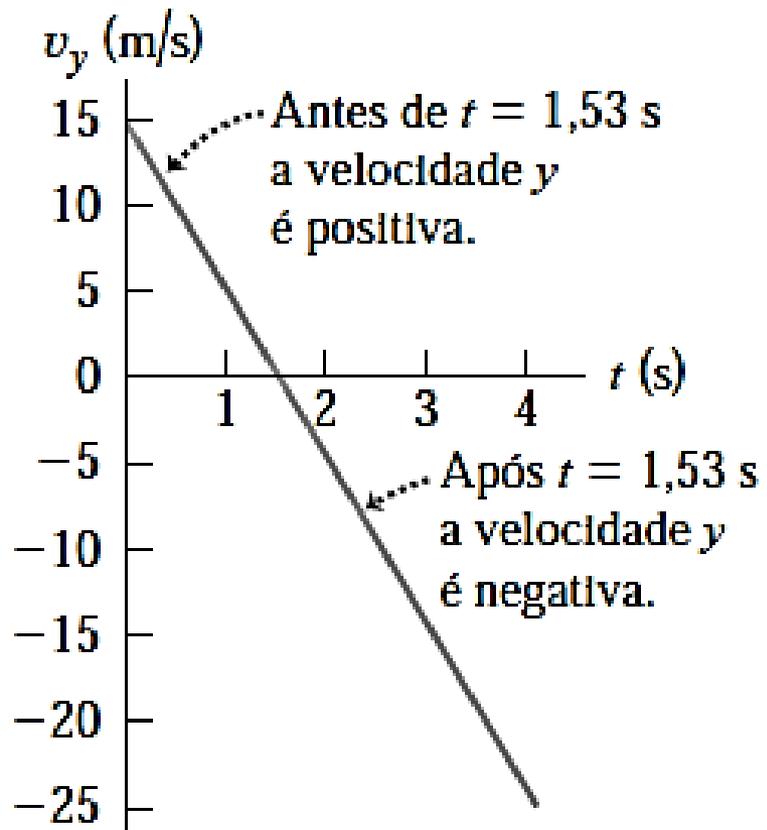
(a) gráfico  $y$   $t$  (curvatura para baixo porque  $a_y = -g$  é negativo)



## Exemplo 2.7

AVALIAR: **construir gráficos**

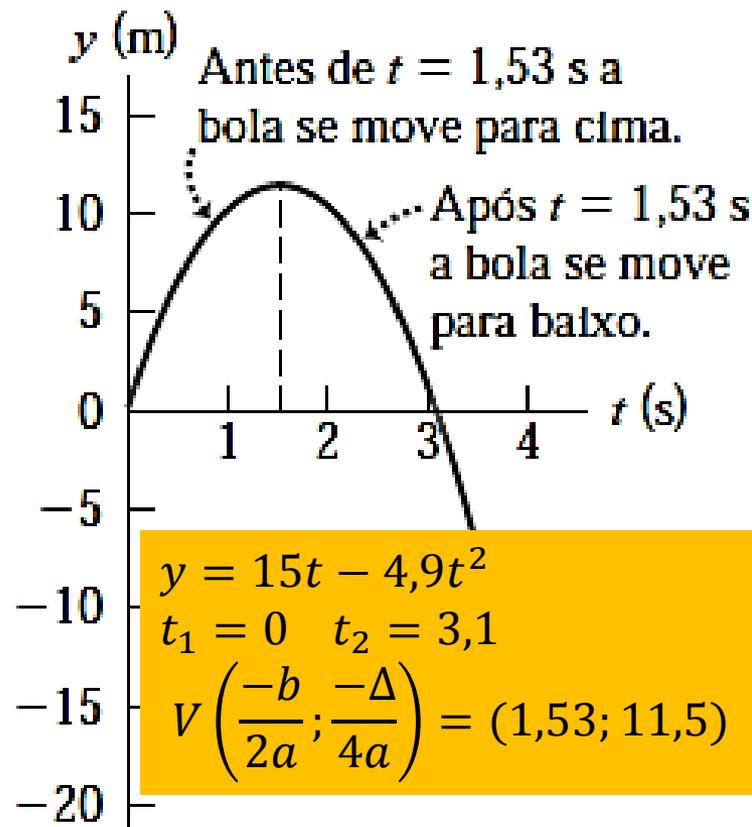
(b) gráfico  $v_y, t$  (linha reta com inclinação negativa porque  $a_y = -g$  é constante e negativo)



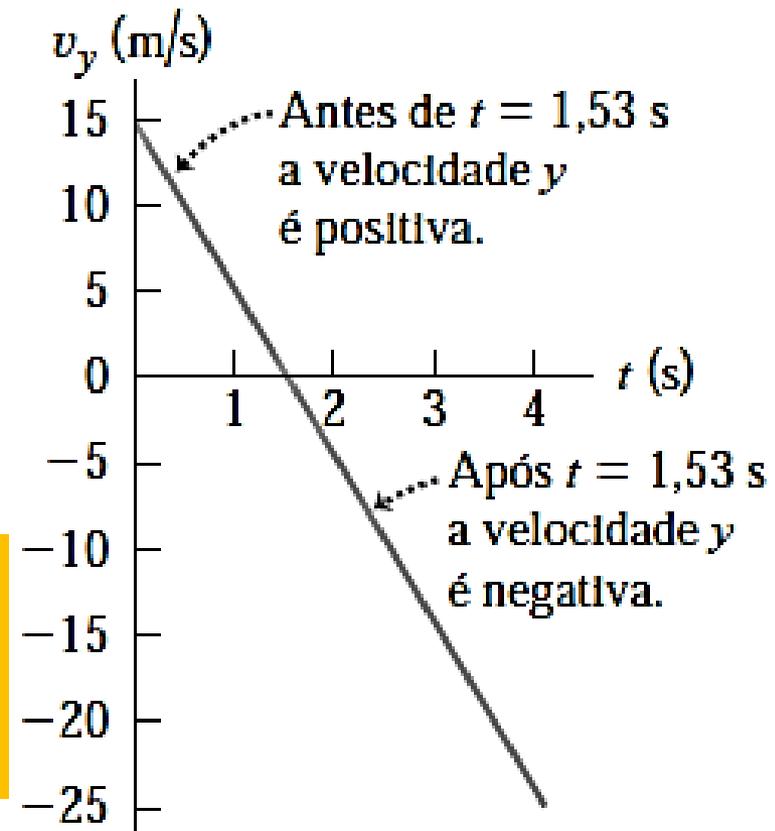
# Exemplo 2.7

## AVALIAR: construir gráficos

(a) gráfico  $y,t$  (curvatura para baixo porque  $a_y = -g$  é negativo)



(b) gráfico  $v_y,t$  (linha reta com inclinação negativa porque  $a_y = -g$  é constante e negativo)



# Tarefas para depois desta aula:

- Rerler o capítulo 2 do livro texto.
- Resolver os exemplos.
- Realizar a lista de exercícios.

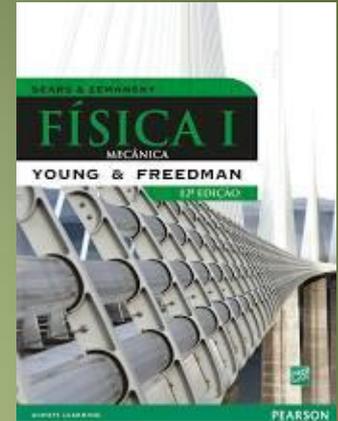
# Próxima aula teórica:

- Movimento em duas e três dimensões.

# Referências

1. H.D. YOUNG, R.A. FREEDMAN, Sears e Zemansky, Física I – Mecânica, Addison Wesley Ed, São Paulo, 12a Edição, 2008. Disponível em:

<https://plataforma.bvirtual.com.br/Acervo/Publicacao/270>



2. M. ALONSO e, E.J. FINN, Física: Um Curso Universitário. v.1, Editora Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 1999. Disponível em:

<https://plataforma.bvirtual.com.br/Acervo/Publicacao/158847>



# Contatos



[profhenriquefaria.com](http://profhenriquefaria.com)



henrique.faria@unesp.br