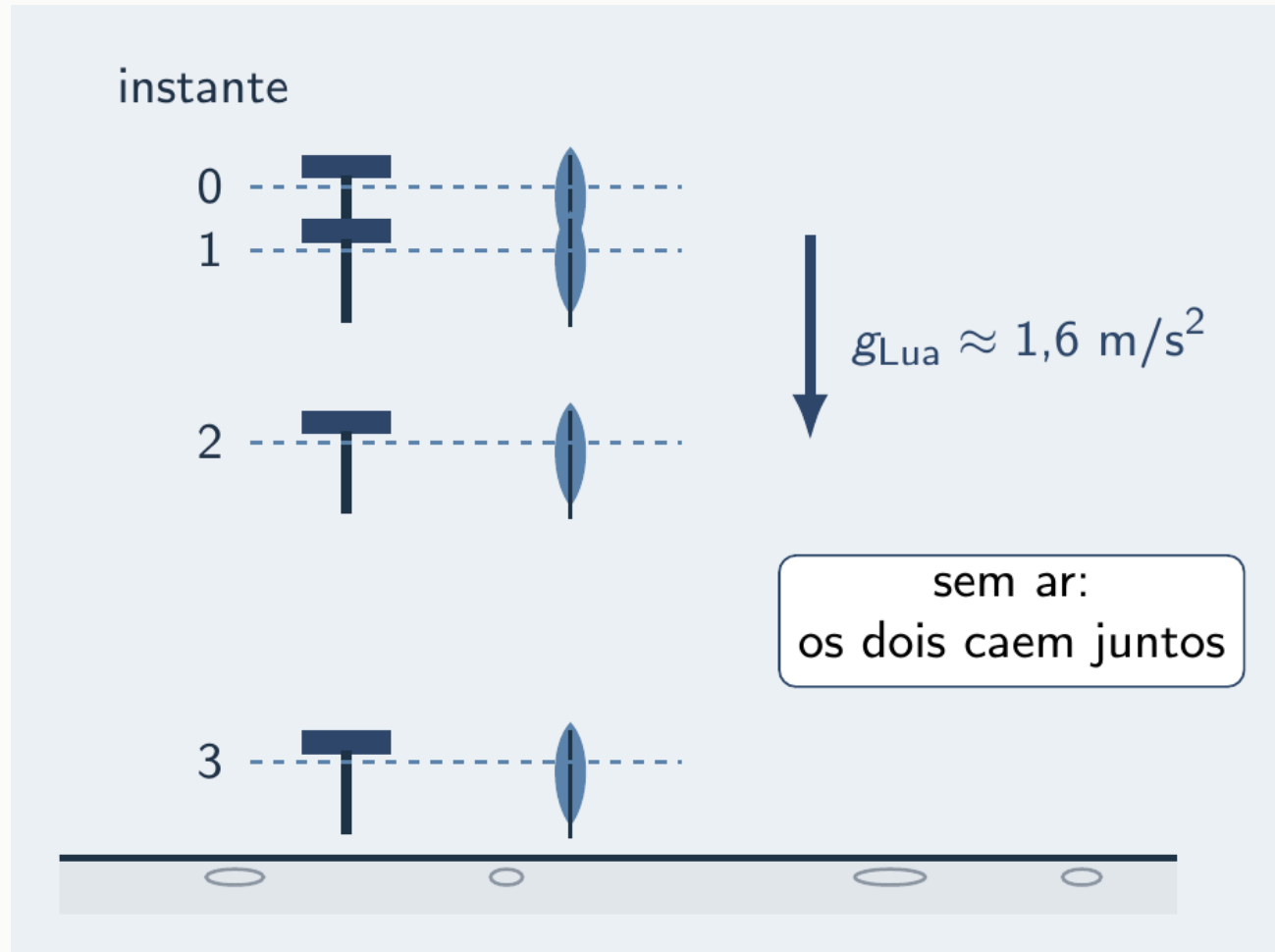


Mecânica I · Episódio 6

# A pena e o martelo que caíram juntos na Lua

Queda livre e lançamento vertical

# 0 caso



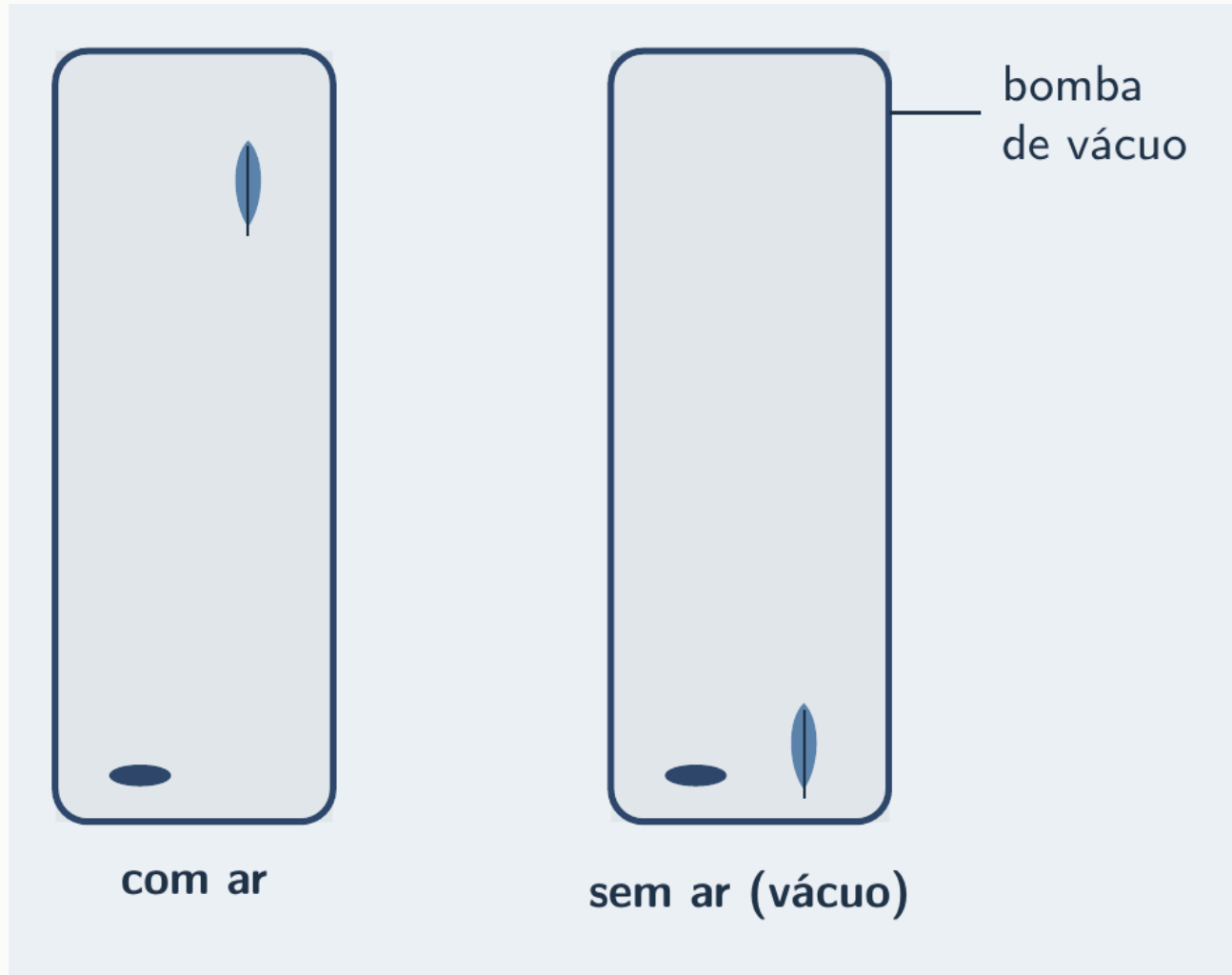
- 2/8/1971 · Apollo 15 · David Scott
- martelo ( $> 1 \text{ kg}$ ) e pena de falcão · cerca de 1,5 m de altura
- $g$  da Lua é cerca de  $1,6 \text{ m/s}^2$  (cerca de  $1/6$  da Terra)
- soltos juntos → chão **no mesmo instante**

## Pergunta do episódio

---

**Por que, sem ar, o pesado não ganha a corrida?**

# Conceito 1 – Aristóteles, Galileu e o ar



- Aristóteles: pesado cai antes · erro
- Galileu: planos inclinados · mesma aceleração
- quem atrasa a pena é o **ar**, não a massa

## Exemplo resolvido – o martelo na Lua

---

Martelo solto de 1,8 m · gravidade da Lua 1,6 m/s<sup>2</sup> · gravidade da Terra 10 m/s<sup>2</sup>.

Fórmula:

$$t^2 = \frac{2h}{g}$$

Substituição:

$$t_{\text{Lua}}^2 = \frac{2 \cdot 1,8}{1,6} = 2,25$$

$$t_{\text{Terra}}^2 = \frac{2 \cdot 1,8}{10} = 0,36$$

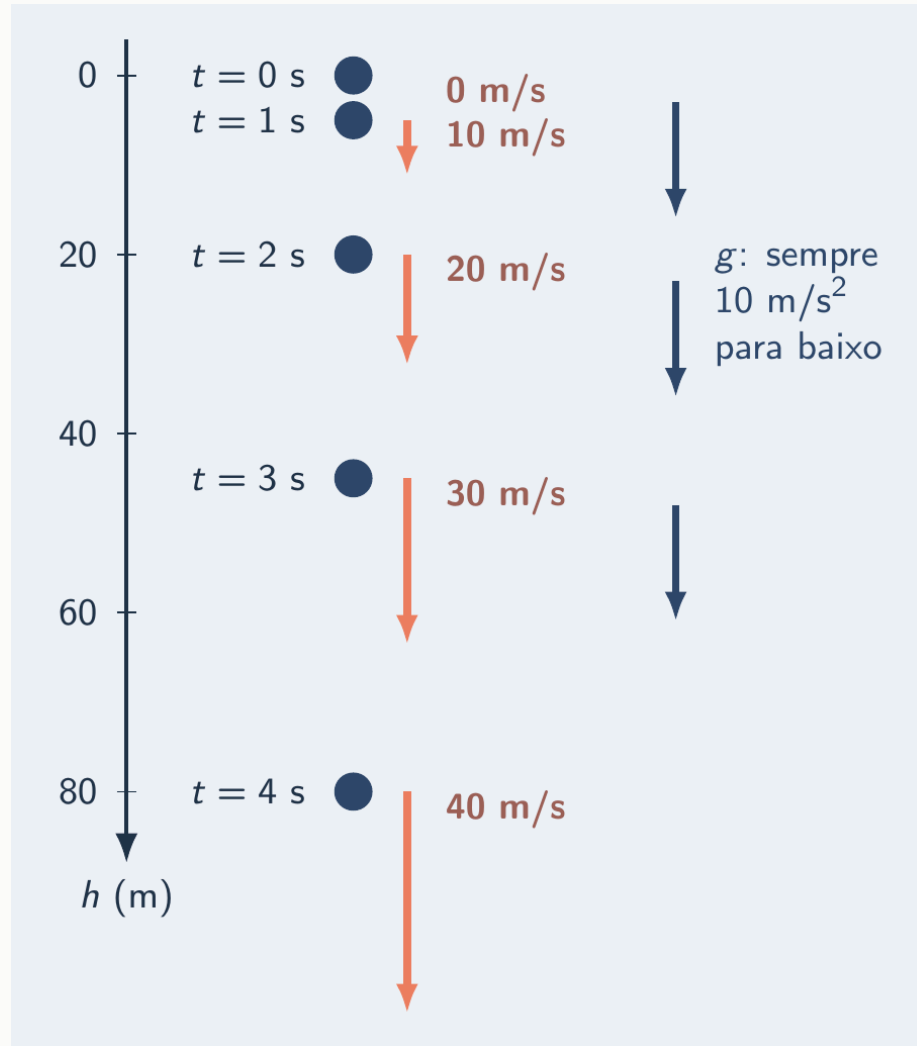
Resultado:

$$t_{\text{Lua}} = \mathbf{1,5 \text{ s}}$$

$$t_{\text{Terra}} = \mathbf{0,6 \text{ s}}$$

- pena igual, sem ar

# Conceito 2 – Queda livre



- MUV do repouso ·

$$a = g \approx 10 \text{ m/s}^2$$

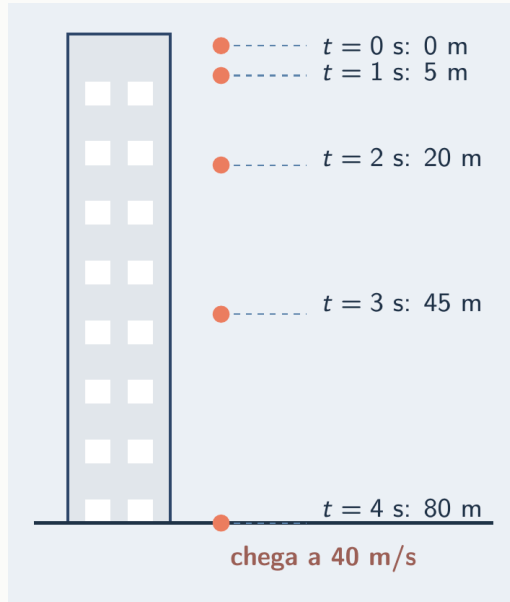
$$v = g t$$

$$h = \frac{g t^2}{2}$$

$$v^2 = 2 g h$$

- 1 s: 5 m · 2 s: 20 m · 3 s: 45 m  
· 4 s: 80 m

# Exemplo resolvido – a moeda do prédio



Moeda solta de 80 m, sem ar.

Fórmula:

$$h = \frac{g t^2}{2}$$

$$v = g t$$

Substituição:

$$80 = 5 t^2 \Rightarrow t^2 = 16$$

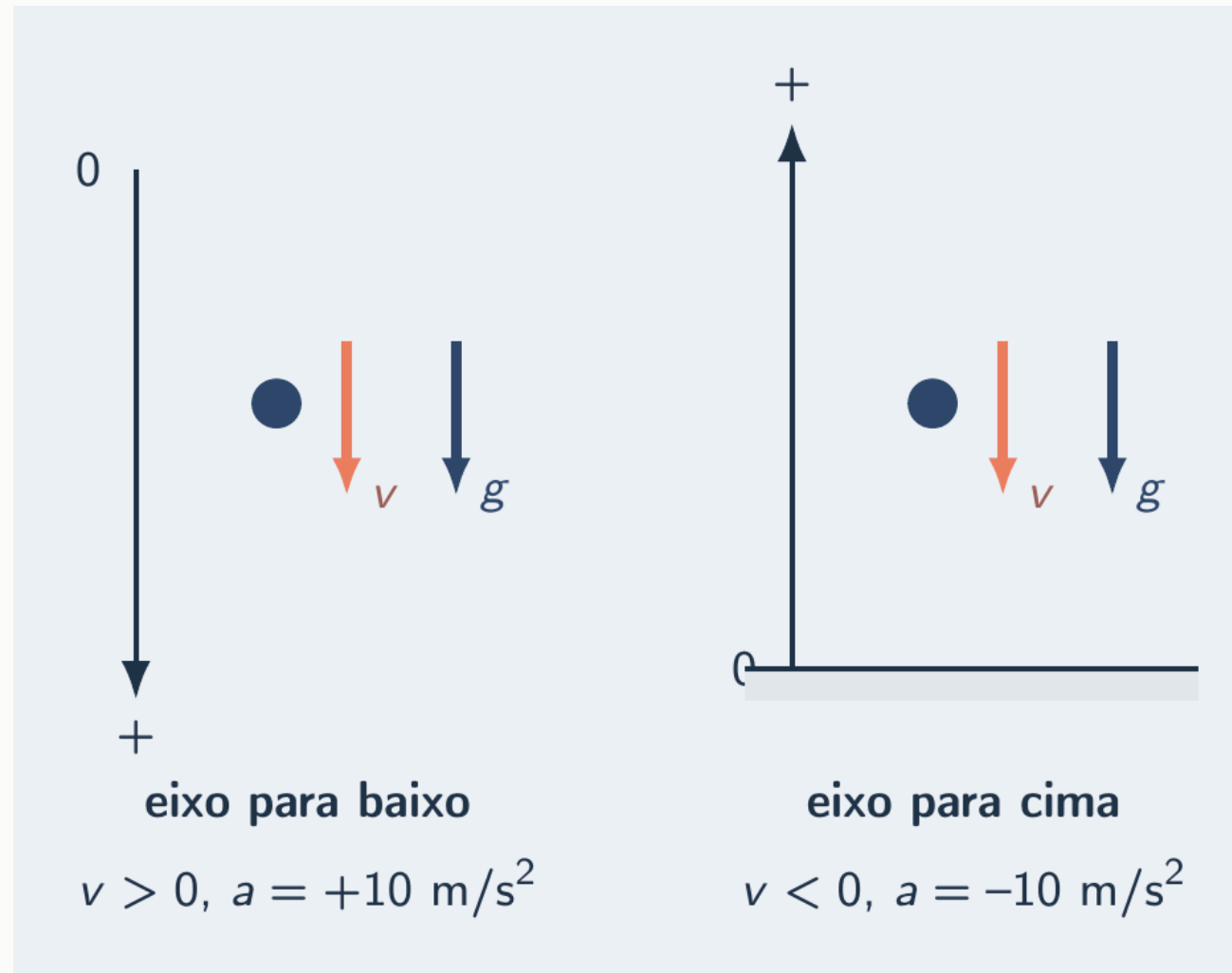
$$v = 10 \cdot 4$$

Resultado:

$$t = 4 \text{ s}$$

$$v = 40 \text{ m/s}$$

# Conceito 3 – O eixo é escolha



- eixo para baixo:  
 $a = +10 \text{ m/s}^2$
- eixo para cima:  
 $a = -10 \text{ m/s}^2$
- $g$  aponta sempre para baixo ·  
não trocar no meio

## Exemplo resolvido – sinal de g

---

Bola solta do repouso · eixo para cima · velocidade após 2 s?

Fórmula:

$$v = v_0 + a t$$

Substituição:

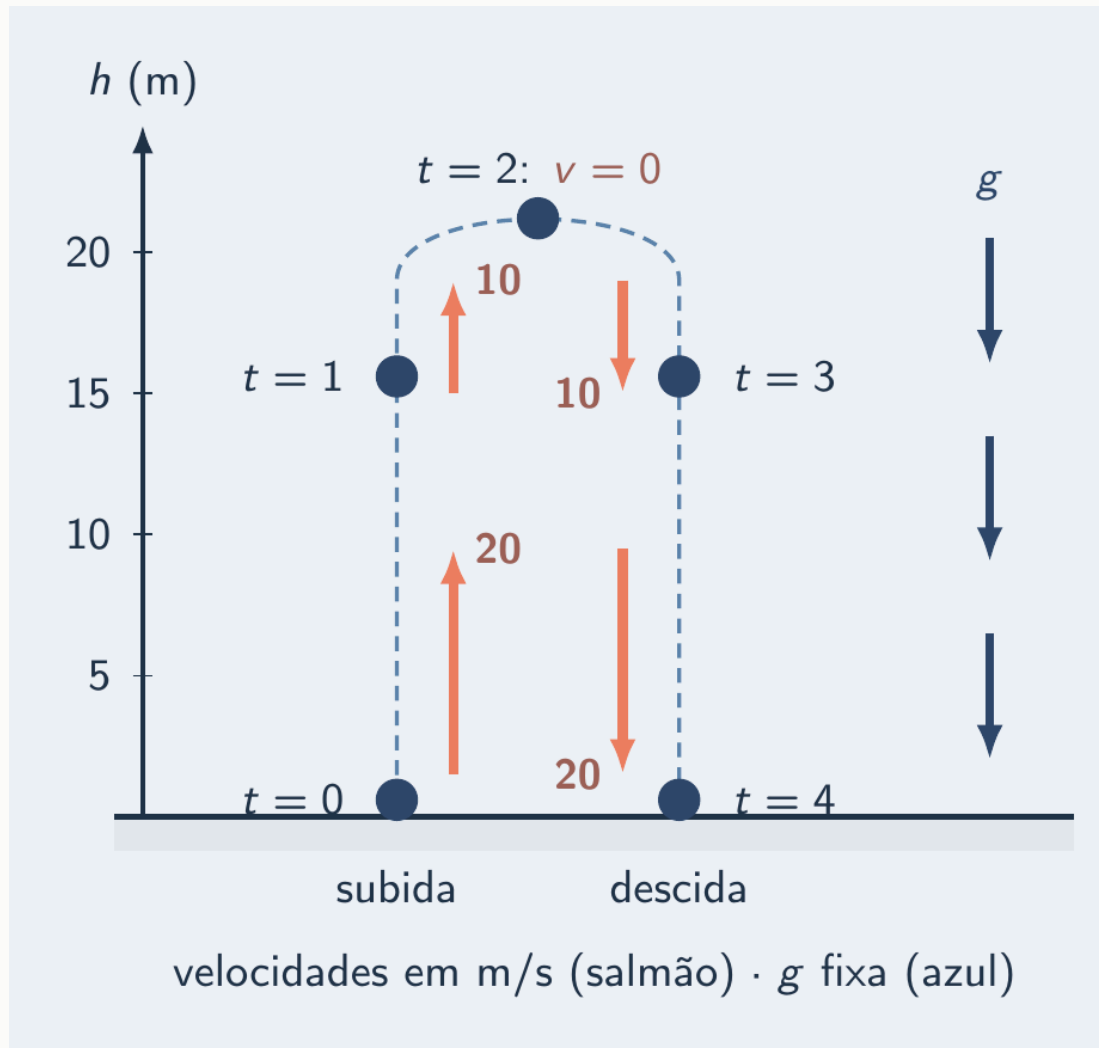
$$v = 0 + (-10) \cdot 2$$

Resultado:

$$v = -\mathbf{20\ m/s}$$

- 20 m/s para baixo

# Conceito 4 – Lançamento vertical



- subir é **frear**: perde 10 m/s por segundo

$$v = v_0 - g t$$

$$h = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$$

- topo:  $v = 0$

$$a = g$$

## Exemplo resolvido – para cima a 20 m/s

---

Bola atirada para cima a 20 m/s · eixo para cima.

Fórmula:

$$t_{\text{sub}} = \frac{v_0}{g}$$

$$h = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$$

Substituição:

$$t_{\text{sub}} = \frac{20}{10}$$

$$h = 20 \cdot 2 - 5 \cdot 4$$

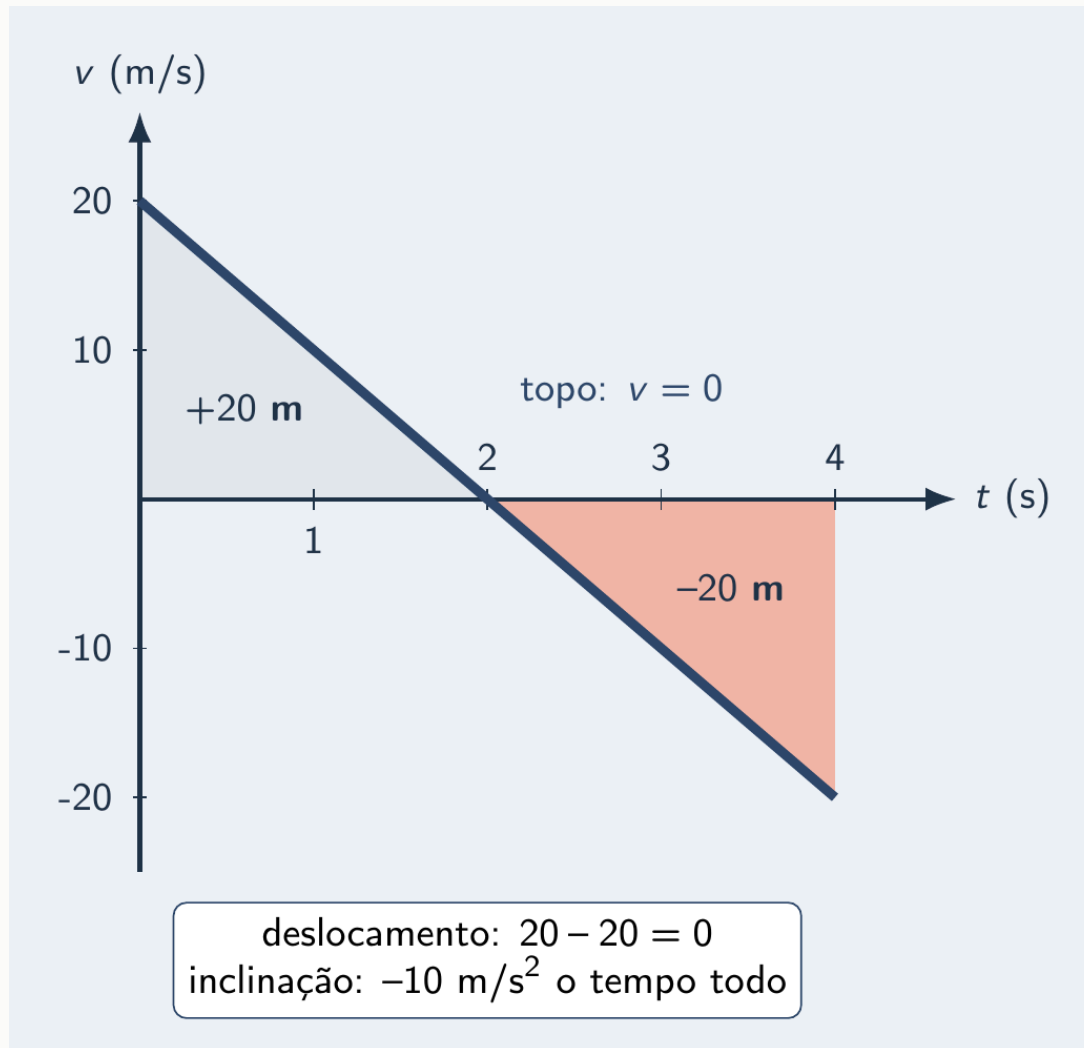
Resultado:

$$t_{\text{sub}} = \mathbf{2 \text{ s}}$$

$$h = \mathbf{20 \text{ m}}$$

$$t_{\text{total}} = \mathbf{4 \text{ s}}$$

## Conceito 5 – Subida espelha descida



$$t_{\text{subida}} = t_{\text{descida}}$$

$$t_{\text{total}} = \frac{2v_0}{g}$$

- mesma altura  $\rightarrow$  mesma rapidez, sentido oposto
- $v \times t$ : uma reta só  $\cdot$  áreas  $+20 \text{ m}$  e  $-20 \text{ m}$

## Exemplo resolvido — passando a 15 m

---

Bola lançada a 20 m/s · rapidez ao passar por 15 m?

Fórmula:

$$v^2 = v_0^2 - 2 g h$$

Substituição:

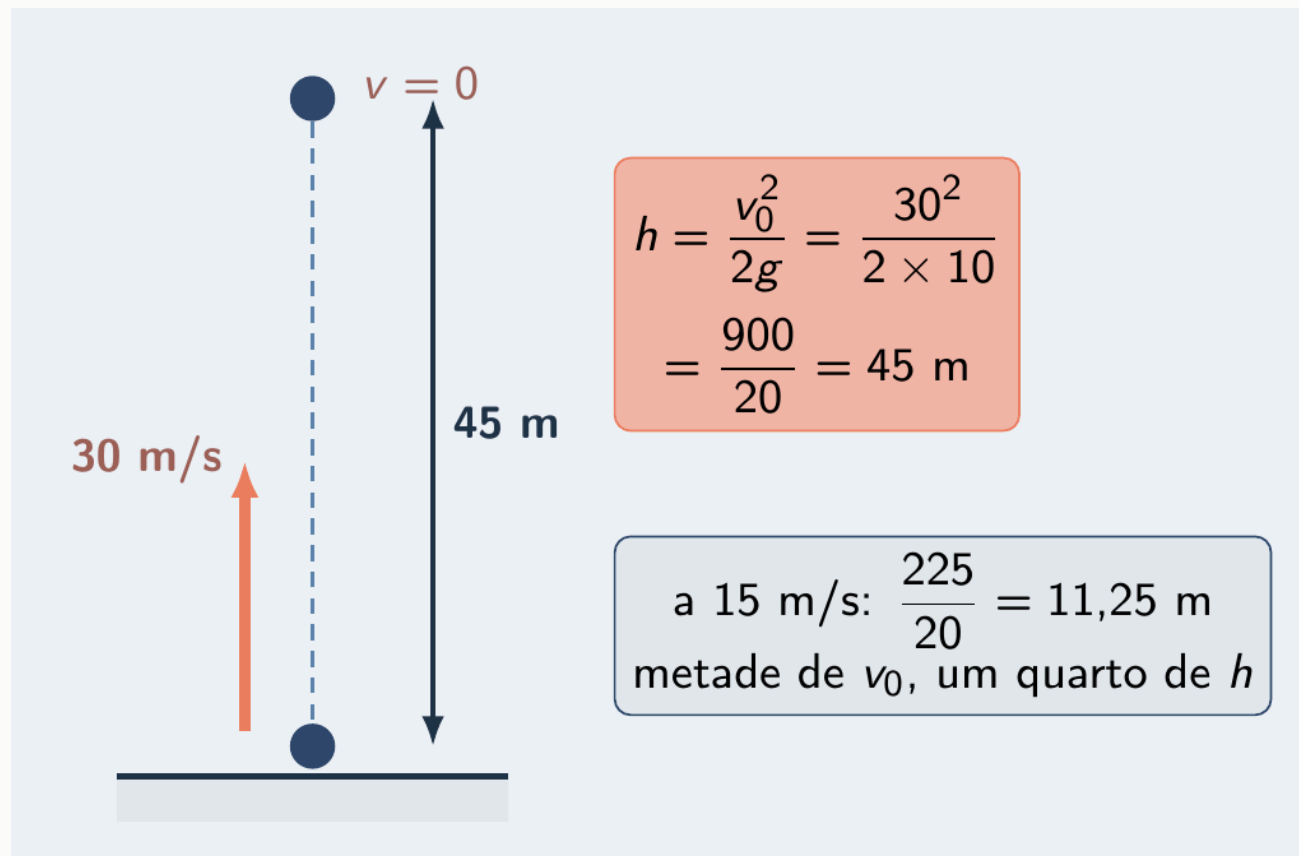
$$v^2 = 400 - 2 \cdot 10 \cdot 15 = 100$$

Resultado:

$$v = \pm 10 \text{ m/s}$$

- 10 m/s subindo e descendo

# Conceito 6 – Altura máxima



- Torricelli com  $v = 0$  no topo

$$h = \frac{v_0^2}{2g}$$

- metade de  $v_0 \rightarrow \frac{1}{4}$  da altura

## Exemplo resolvido – a 30 m/s

---

Bola sai da mão para cima a 30 m/s.

Fórmula:

$$h = \frac{v_0^2}{2g}$$

Substituição:

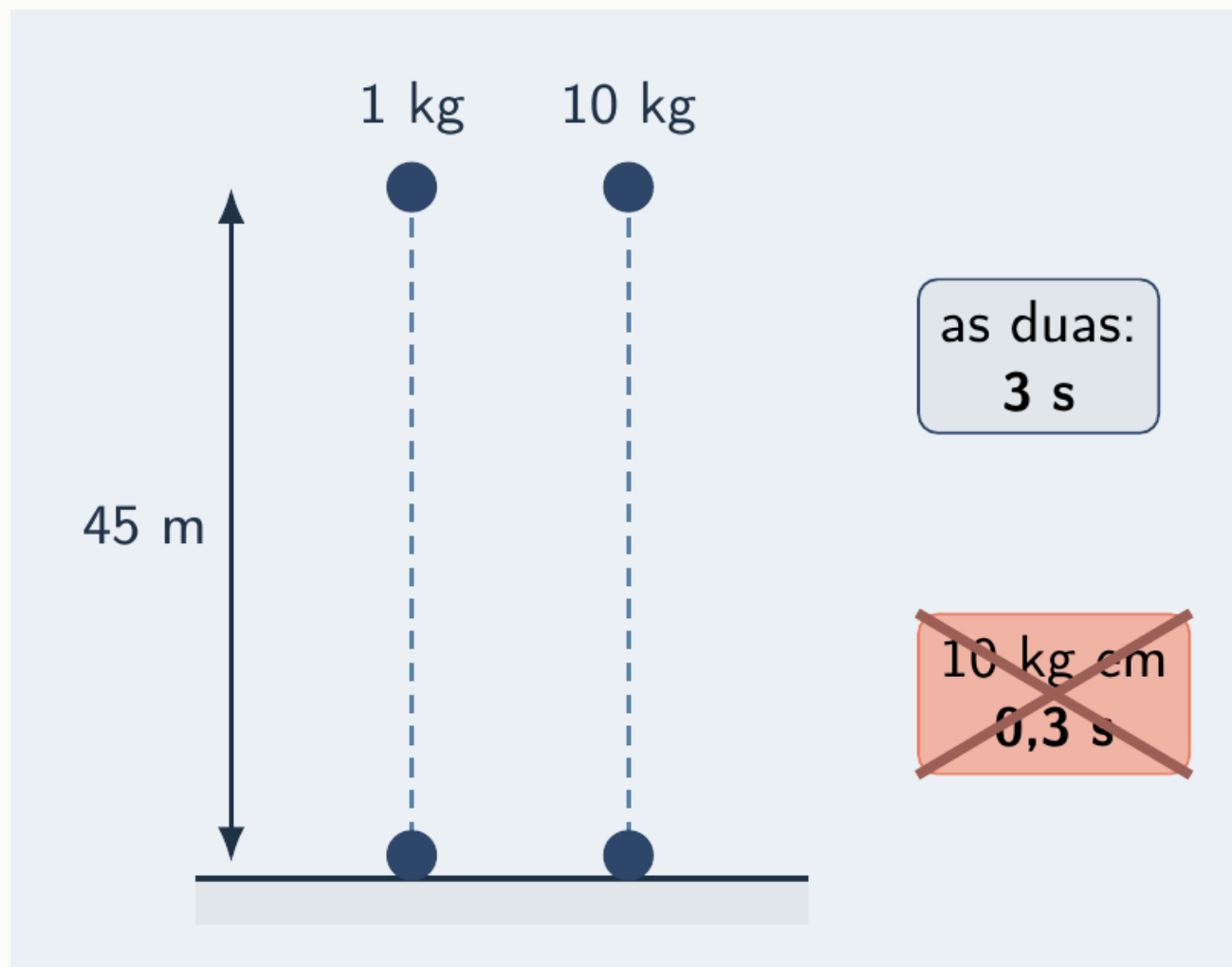
$$h = \frac{30^2}{2 \cdot 10} = \frac{900}{20}$$

Resultado:

$$h = \mathbf{45\ m}$$

- subida de 3 s

# Radar ENEM



- ✗ massa maior, queda mais rápida
- ✗ topo com aceleração zero
- ✗  $h = g t^2$  sem dividir por 2
- ✗ tempo de voo contado como só a subida
- ✗  $h$  máxima proporcional a  $v_0$
- ✓ um eixo do começo ao fim

# Resumo em cinco peças

---

1 sem ar, tudo  
cai com  $g$

2 queda:  
 $h = \frac{g t^2}{2}$

3 velocidade:  
 $v = g t$

4 no topo:  
 $v = 0, a = g$

5 subida e descida  
são espelhos

1. sem ar: mesma  $g$  para todos

2.  $h = \frac{g t^2}{2}$

3.  $v = g t$  (+10 m/s por s)

4. no topo,  $v = 0$  e aceleração  
igual a  $g$

5. espelho ·  $h = \frac{v_0^2}{2g}$

# Treine no jogo

---



QR do jogo → <https://professorcanario.com.br/m1/c6/lista>

Canarinho · lista do Episódio 6

# Depois da aula: o combo deste episódio

[Abrir arena](#)

## Vídeo em capítulos



Vá direto ao trecho que precisa.

<https://professorcanario.com.br/m1/c6/video>

## Lista no app



As questões deste episódio,  
para treinar.

<https://professorcanario.com.br/m1/c6/lista>

## Livro da minissérie



Com QR em cada capítulo, que  
leva ao vídeo e à lista daquele  
tema.

<https://professorcanario.com.br/mecanica1/livro/>