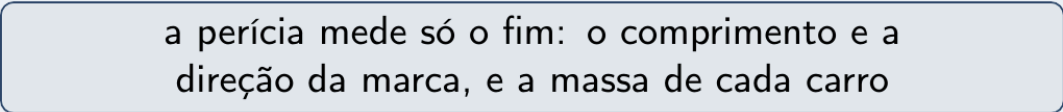


## Mecânica II · Episódio 10

# A perícia que reconstrói a batida de onde os carros pararam

Colisão perfeitamente inelástica (1D e 2D)



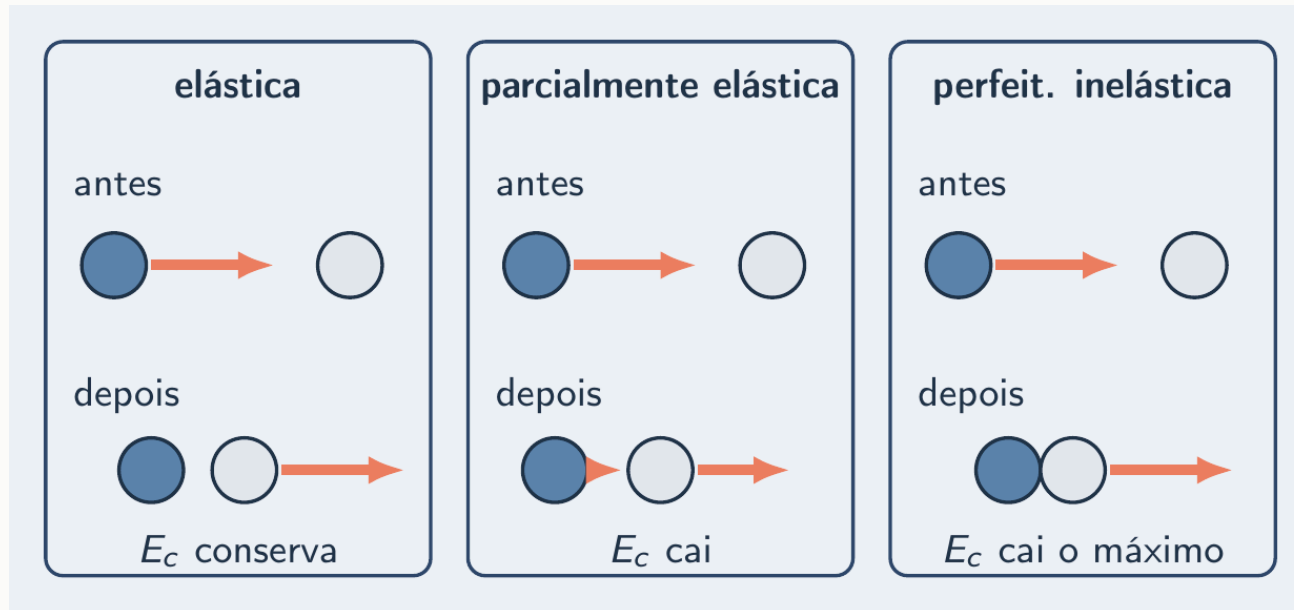
- dois carros, um cruzamento, ninguém viu a velocidade
- depois do choque: **grudados**, uma marca só de 10 m
- a perícia tem: marcas, direção, massas
- pergunta-chave: quem estava acima de 50 km/h?

## Pergunta do episódio

---

**Como a cena parada devolve a velocidade de antes do choque?**

# Conceito 1 – Três tipos de colisão



- momento total: **conserva nos três**
- elástica:  $E_c$  igual · parcialmente elástica:  $E_c$  cai · grudaram:  $E_c$  cai **o máximo**
- sem "elástica" no enunciado  
→ nada de conservar  $E_c$

## Exemplo resolvido – classificar o choque

---

Antes: 16 J de energia cinética · depois: corpos separados, 10 J

Fórmula:

$$f = \frac{E_{c,f}}{E_{c,i}}$$

Substituição:

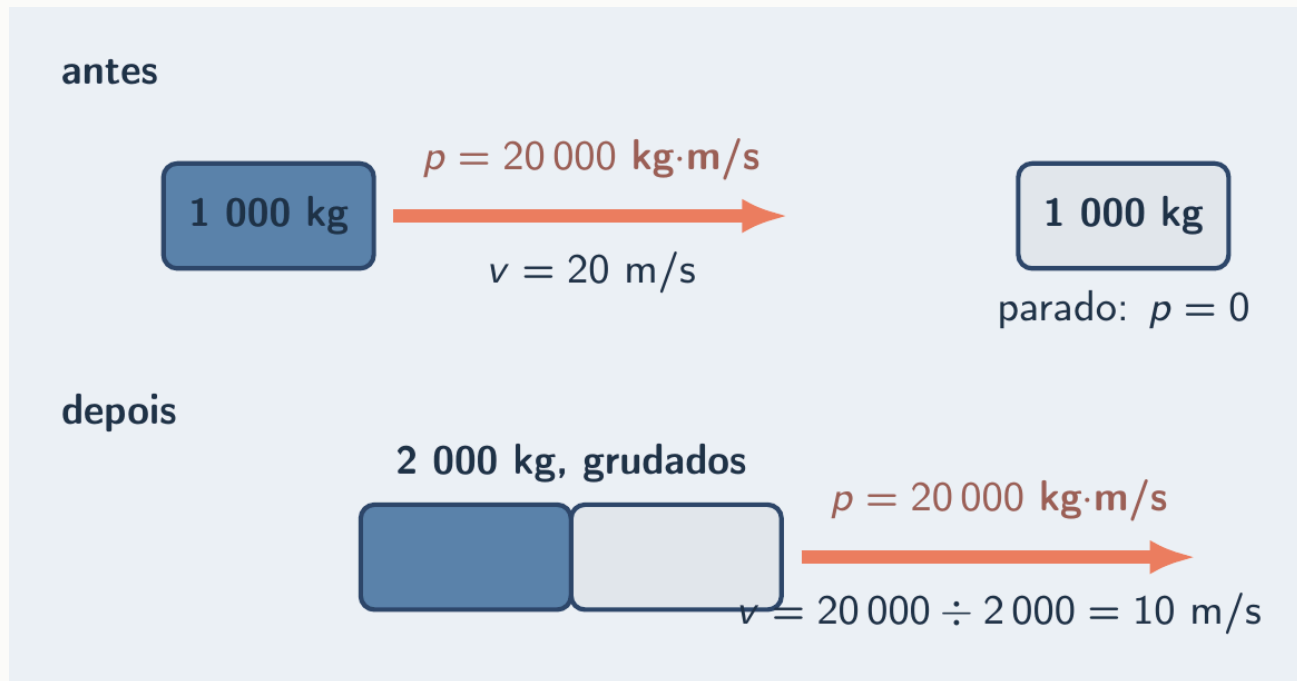
$$f = \frac{10}{16}$$

Resultado:

$$f \approx \mathbf{0,63}$$

- 6 J viraram calor/som → **parcialmente elástica**

## Conceito 2 – Grudaram: um corpo só



$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v$$

- sentidos opostos  $\rightarrow$  sinais opostos
- divide pela **soma** das massas, nunca por uma só

## Exemplo resolvido – batida na traseira

---

1 000 kg a 20 m/s contra 1 000 kg parado · seguem juntos

Fórmula:

$$v = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$$

Substituição:

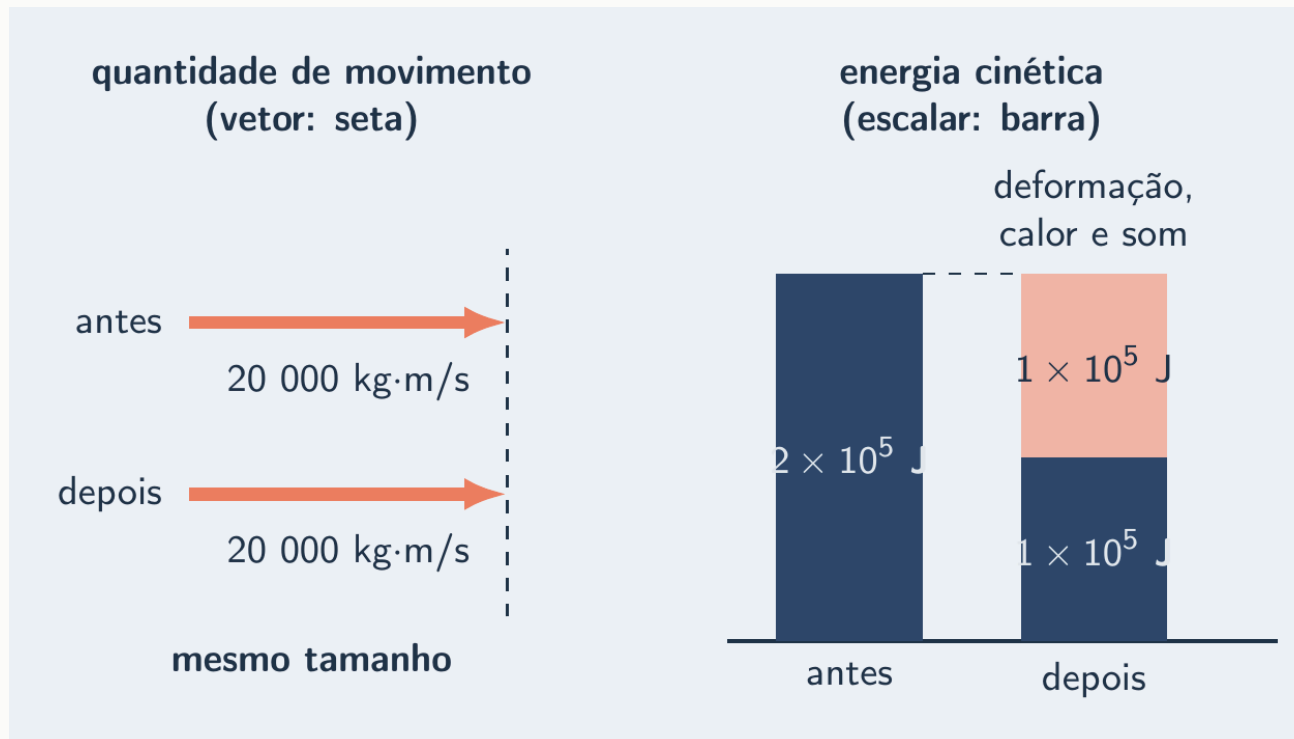
$$v = \frac{20\,000}{2\,000}$$

Resultado:

$$v = \mathbf{10\,m/s}$$

- massa dobra, velocidade cai à metade

# Conceito 3 – A energia do amassado



- momento: vetor  $m v$  · energia cinética: escalar  $\frac{1}{2} m v^2$
- choque que gruda: momento fica,  $E_c$  cai
- alvo parado: sobra a fração

$$\frac{m_1}{m_1 + m_2}$$

## Exemplo resolvido – quanto virou lataria

---

1 000 kg a 20 m/s → par de  $M = 2\,000$  kg a 10 m/s ·  $E_i$  antes,  $E_f$  depois

Fórmula:

$$E_i = \frac{1}{2} m_1 v_1^2$$

$$E_f = \frac{1}{2} M v^2$$

$$\Delta E = E_i - E_f$$

Substituição:

$$E_i = \frac{1}{2} \cdot 1\,000 \cdot 20^2$$

$$E_f = \frac{1}{2} \cdot 2\,000 \cdot 10^2$$

$$\Delta E = 2 \times 10^5 - 1 \times 10^5$$

Resultado:

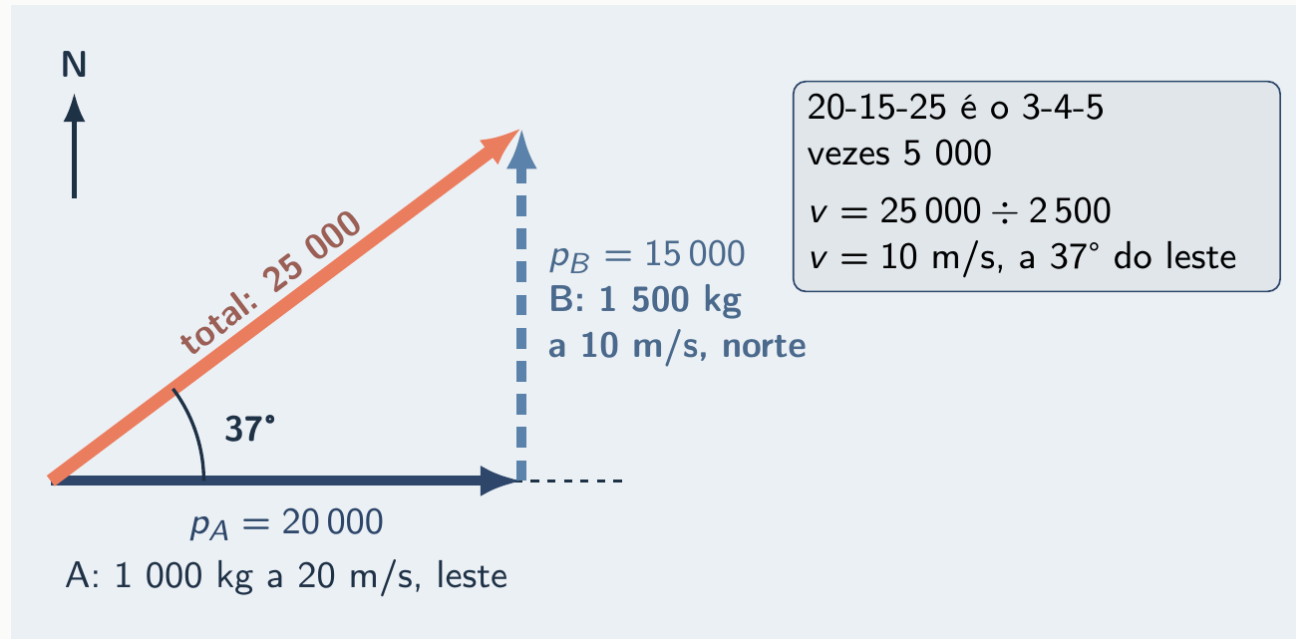
$$E_i = 2 \times 10^5 \text{ J}$$

$$E_f = 1 \times 10^5 \text{ J}$$

$$\Delta E = 1 \times 10^5 \text{ J}$$

- metade da energia: deformação, calor e som

# Conceito 4 – Cruzamento em 2D



- conserva **cada componente**:  $x$  e  $y$
- módulo por Pitágoras · ângulo pelo 3-4-5 ( $37^\circ$ )
- **X** somar módulos de setas perpendiculares

## Exemplo resolvido – o cruzamento

---

A: 1 000 kg, 20 m/s leste · B: 1 500 kg, 10 m/s norte · grudam

Fórmula:

$$p = \sqrt{p_x^2 + p_y^2}$$

$$v = \frac{p}{m_A + m_B}$$

Substituição:

$$p = 5\,000 \sqrt{4^2 + 3^2}$$

$$v = \frac{25\,000}{2\,500}$$

Resultado:

$$p = \mathbf{25\,000\,kg\,m/s}$$

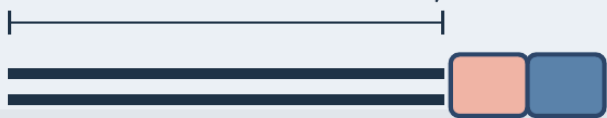
$$v = \mathbf{10\,m/s}$$

- direção: 37° do leste

# Conceito 5 – Perícia ao contrário

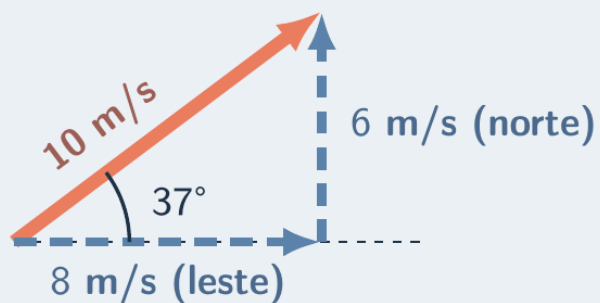
## 1 da marca à velocidade comum

10 m, desacelerando a  $5 \text{ m/s}^2$



$$v^2 = 2 \cdot 5 \cdot 10 = 100 \Rightarrow v = 10 \text{ m/s}$$

## 2 da direção às componentes



## 3 ao passado

leste: só A

$$1\,000 \cdot v_A = 2\,500 \cdot 8$$

$$v_A = 20 \text{ m/s} = 72 \text{ km/h}$$

norte: só B

$$1\,500 \cdot v_B = 2\,500 \cdot 6$$

$$v_B = 10 \text{ m/s} = 36 \text{ km/h}$$

- passo 1: marca  $\rightarrow v$  comum (Torricelli)
- passo 2: direção  $\rightarrow$  componentes
- passo 3: componente vezes massa total, dividida pela massa do carro
- arrasto: atrito age  $\cdot$  choque: momento conserva

## Exemplo resolvido – da marca ao passado (1/3)

---

Marca de 10 m a  $37^\circ$  · desaceleração de  $5 \text{ m/s}^2$  · par de 2 500 kg

Fórmula:

$$v^2 = 2 a d$$

$$v_x = v \cos 37^\circ$$

$$v_y = v \sin 37^\circ$$

Substituição:

$$v^2 = 2 \cdot 5 \cdot 10 = 100$$

$$v_x = 10 \cdot 0,8$$

$$v_y = 10 \cdot 0,6$$

Resultado:

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

$$v_x = \mathbf{8 \text{ m/s}}$$

$$v_y = \mathbf{6 \text{ m/s}}$$

## Exemplo resolvido – da marca ao passado (2/3)

---

Cada componente volta ao seu carro

Fórmula:

$$v_A = \frac{2\,500\,v_x}{1\,000}$$

$$v_B = \frac{2\,500\,v_y}{1\,500}$$

Substituição:

$$v_A = \frac{20\,000}{1\,000}$$

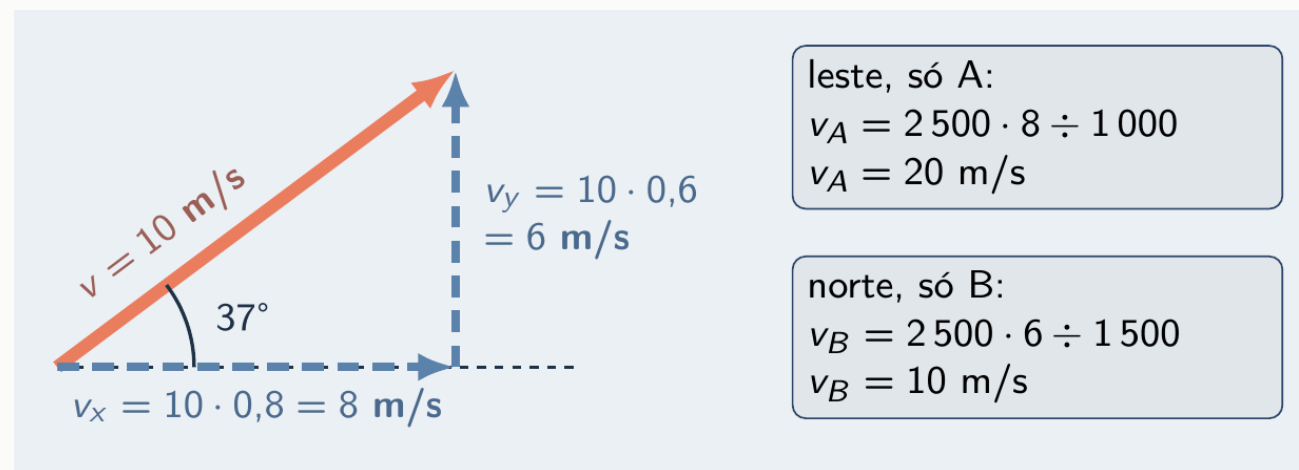
$$v_B = \frac{15\,000}{1\,500}$$

Resultado:

$$v_A = \mathbf{20\,m/s}$$

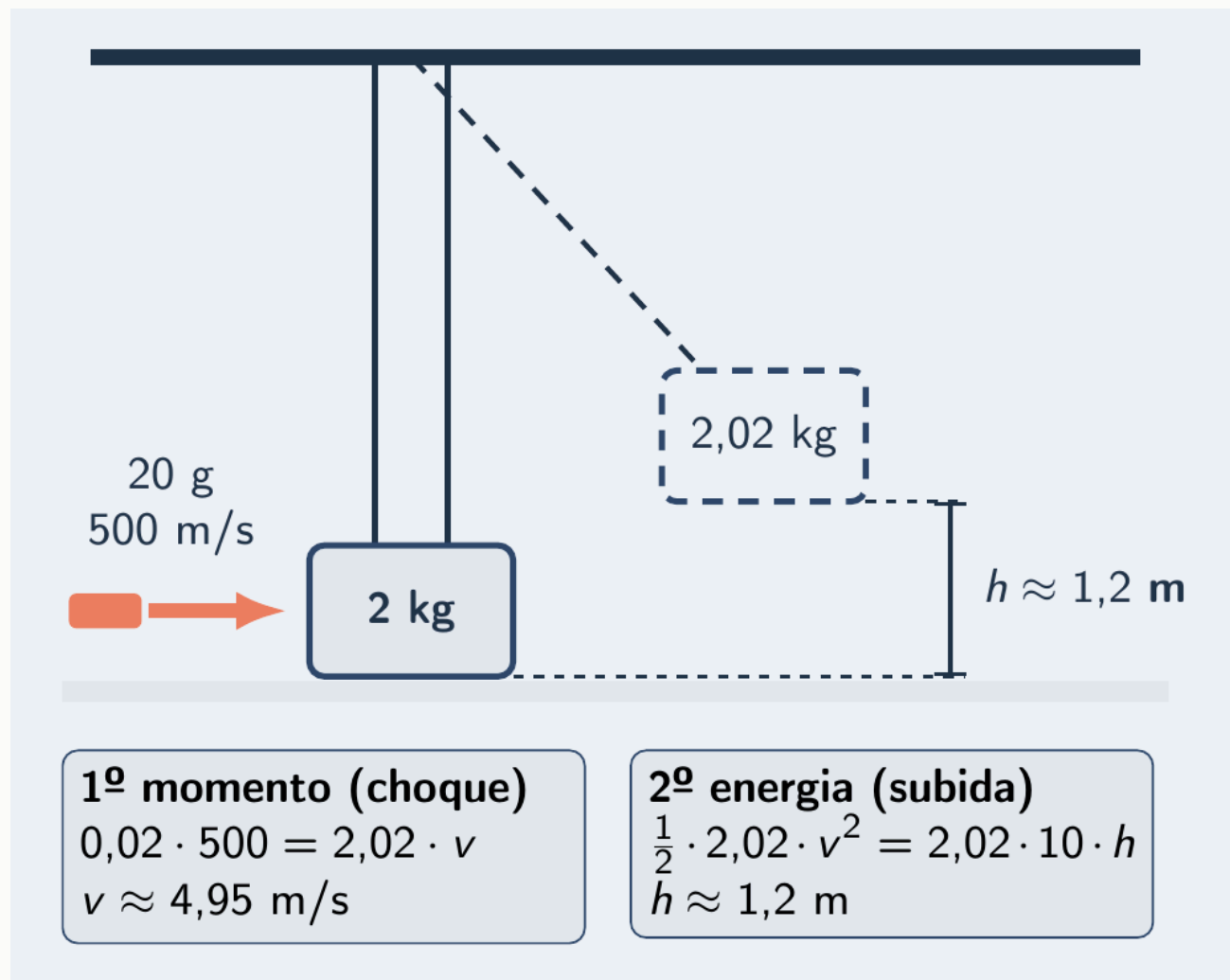
$$v_B = \mathbf{10\,m/s}$$

## Exemplo resolvido – da marca ao passado (3/3)



- carro A: **72 km/h**
- carro B: 36 km/h

# Conceito 6 – Pêndulo balístico



- choque: **momento**  $\rightarrow v$   
comum
- subida: **energia**  $\rightarrow$   
$$h = \frac{v^2}{2g}$$
- nunca na ordem inversa

## Exemplo resolvido – a bala no bloco

---

Bala de 20 g a 500 m/s · bloco de 2 kg ·  $g = 10 \text{ m/s}^2$

Fórmula:

$$m v_1 = (m + M) v$$

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

Substituição:

$$v = \frac{10}{2,02}$$

$$h = \frac{4,95^2}{20}$$

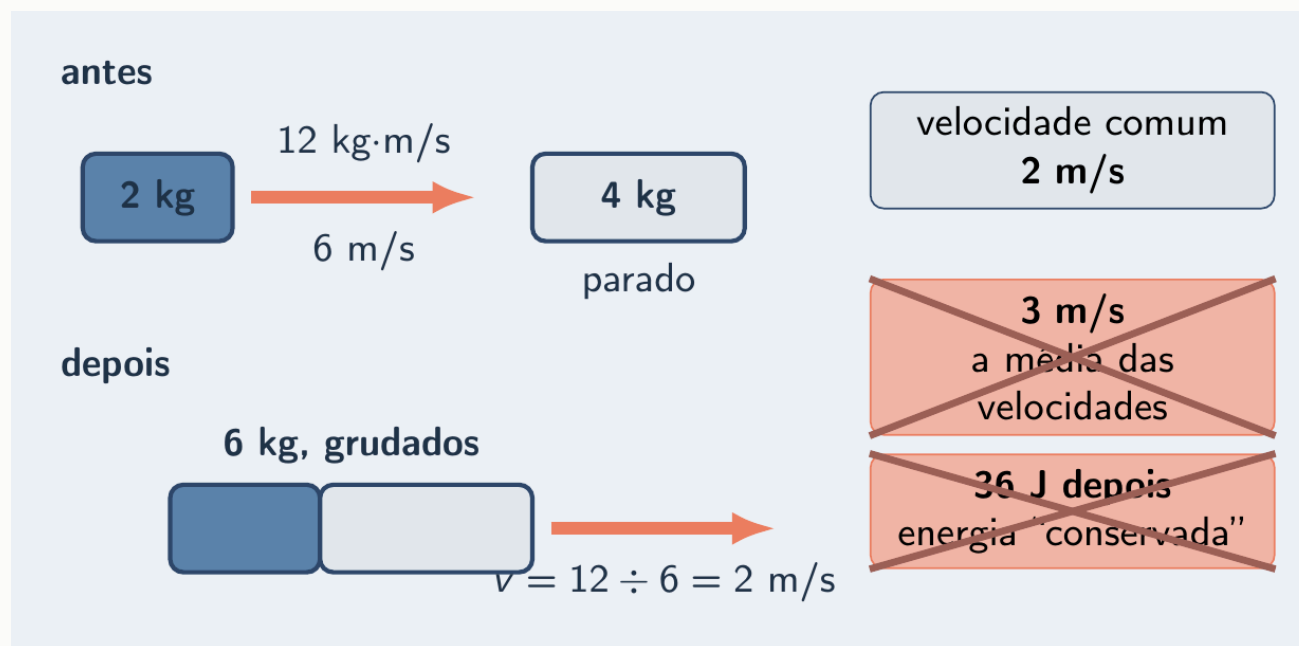
Resultado:

$$v \approx \mathbf{4,95 \text{ m/s}}$$

$$h \approx \mathbf{1,2 \text{ m}}$$

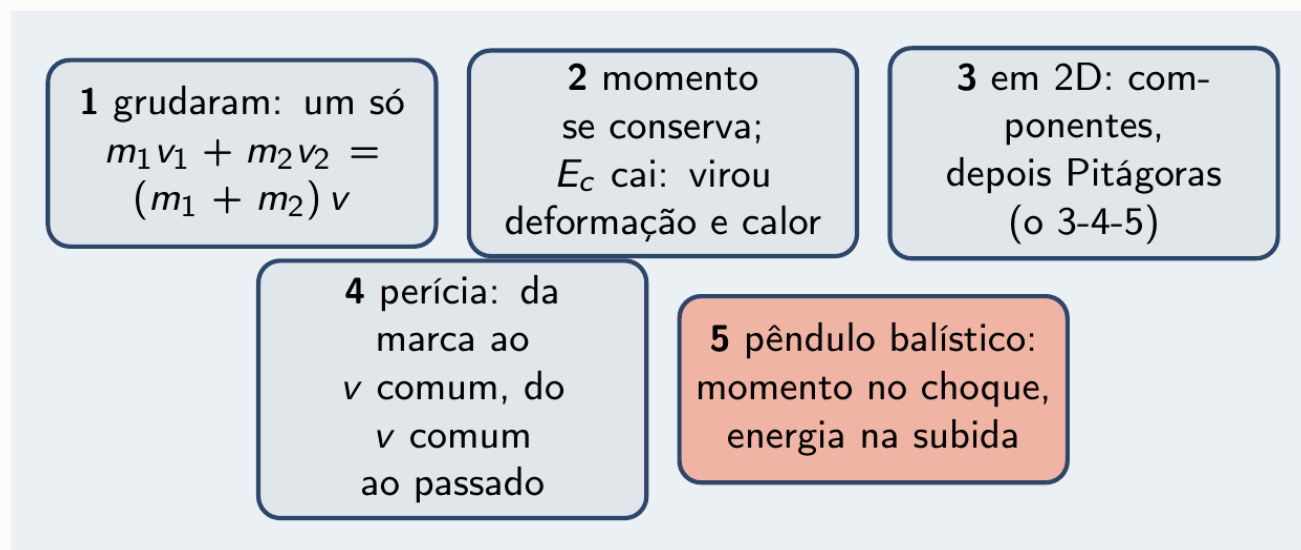
- só cerca de 1% da energia cinética sobra

# Radar ENEM



- ✗ média das velocidades
- ✗  $E_c$  conservada num choque que gruda
- ✗ somar 20 000 com 15 000 em setas perpendiculares
- ✗ Torricelli no choque, momento no arrasto
- ✓ momento total dividido pela massa total

# Resumo em cinco peças



1. grudou: massas somadas, velocidade única
2. momento fica, energia cinética cai
3. 2D: componentes, depois Pitágoras
4. marca  $\rightarrow$   $v$  comum  $\rightarrow$  passado
5. pêndulo: choque, depois subida

# Treine no jogo

---



QR do jogo → <https://professorcanario.com.br/m2/c10/lista>

Canarinho · lista do Episódio 10

# Depois da aula: o combo deste episódio

[Abrir arena](#)

## Vídeo em capítulos



Vá direto ao trecho que precisa.

<https://professorcanario.com.br/m2/c10/video>

## Lista no app



As questões deste episódio,  
para treinar.

<https://professorcanario.com.br/m2/c10/lista>

## Livro da minissérie



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

<https://professorcanario.com.br/mecanica2/livro/>