

Mecânica II · Episódio 4

A montanha-russa que não tem motor

Energia potencial gravitacional e conservação

O caso



- cabo sobe o trem a **94 m** em pouco mais de 20 s · rampa de 45°
- solta no topo: queda de **91 m** a 80°
- vale a **150 km/h** · 2.010 m de trilho · 2 min 20 s
- depois do topo: **zero** motor

Pergunta do episódio

Se ninguém empurra depois do topo, quem paga a viagem?

Conceito 1 – Energia potencial gravitacional



$$E_p = m g h$$

- em joules
- pertence ao par **corpo + Terra**
 - desenho: barra, não seta
- parado não é sem energia: falta só a **cinética**

Exemplo resolvido – energia no topo

Carrinho de 500 kg a 90 m do vale (zero no vale, $g = 10 \text{ m/s}^2$)

Fórmula:

$$E_p = m g h$$

Substituição:

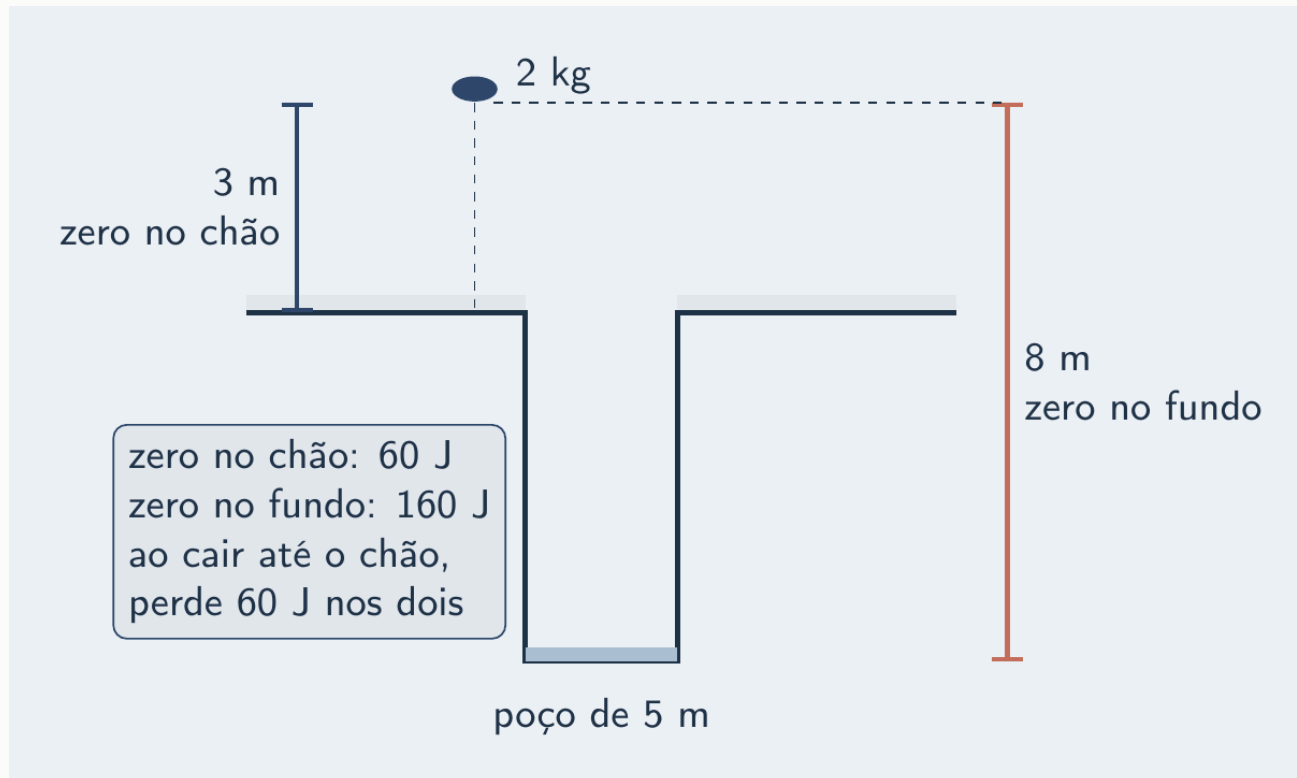
$$E_p = 500 \cdot 10 \cdot 90$$

Resultado:

$$E_p = \mathbf{450\,000\,J}$$

- isto é, $4,5 \times 10^5 \text{ J}$

Conceito 2 – 0 zero da altura



- zero: escolha livre, **declarada antes** e mantida
- valor de E_p muda com o zero
- **diferença** entre dois pontos: não muda
- dica: zero no ponto mais baixo

Exemplo resolvido – dois zeros

Pedra de 2 kg, 3 m acima do chão, poço de 5 m · cai até o chão

Fórmula:

Substituição:

Resultado:

$$E_{\text{chão}} = m g h$$

$$E_{\text{chão}} = 2 \cdot 10 \cdot 3$$

$$E_{\text{chão}} = \mathbf{60 \text{ J}}$$

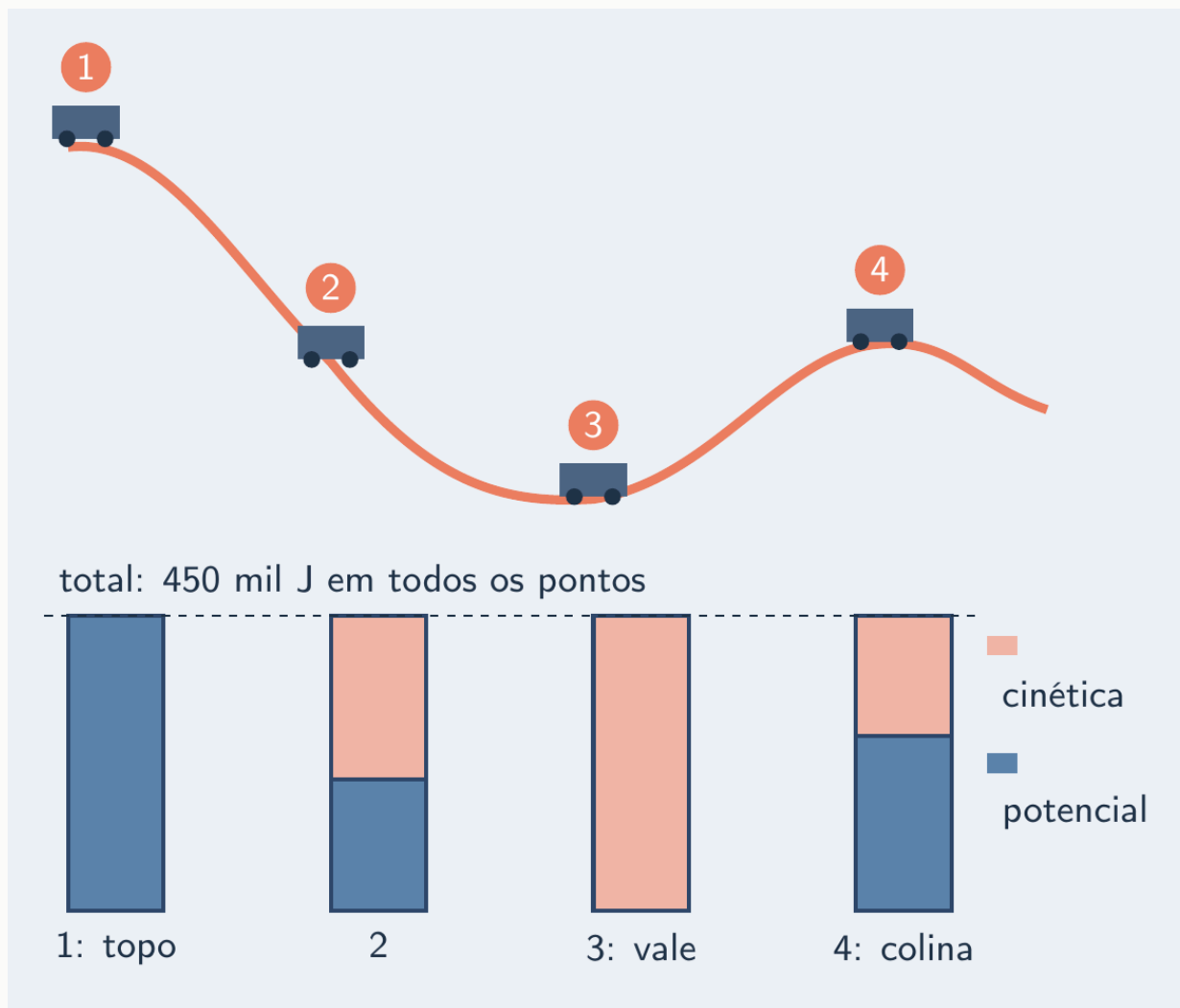
$$E_{\text{fundo}} = m g h$$

$$E_{\text{fundo}} = 2 \cdot 10 \cdot 8$$

$$E_{\text{fundo}} = \mathbf{160 \text{ J}}$$

- no chão: 0 J ou 100 J → perda de **60 J** nos dois casos

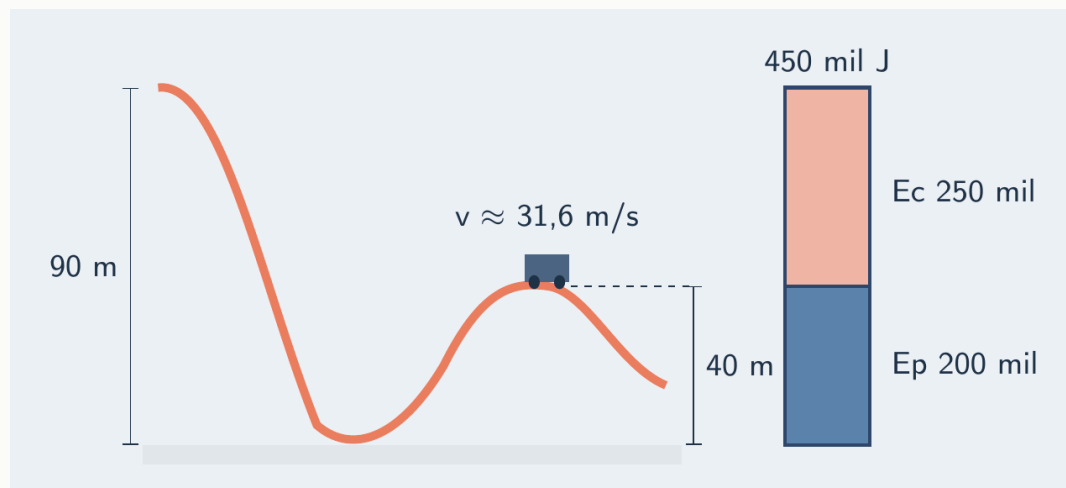
Conceito 3 – Energia mecânica



$$E_m = E_c + E_p$$

- só o peso trabalha $\rightarrow E_m$ **constante**
- normal $\perp$ movimento $\rightarrow$ trabalho nulo
- antes da conta: **sistema** + **dois instantes**

Exemplo resolvido – a colina



500 kg parte parado de 90 m (h_0) ·
passa no alto de uma colina de 40 m (h)

Fórmula:

$$m g h_0 = m g h + \frac{m v^2}{2}$$

$$v = \sqrt{2 g (h_0 - h)}$$

Substituição:

$$\frac{v^2}{2} = 10 \cdot (90 - 40)$$

$$v = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 50} = \sqrt{1\,000}$$

Resultado:

$$v^2 = 1\,000 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$v \approx 31,6 \text{ m/s}$$

- cerca de **114 km/h**

Conceito 4 – Velocidade no vale



- repouso no alto:
$$v = \sqrt{2gh}$$
- massa cancela · formato do trilho não entra
- só o **tempo** de descida muda

Exemplo resolvido – chegada ao vale

O mesmo carrinho desce os 90 m sem atrito

Fórmula:

$$v = \sqrt{2 g h}$$

Substituição:

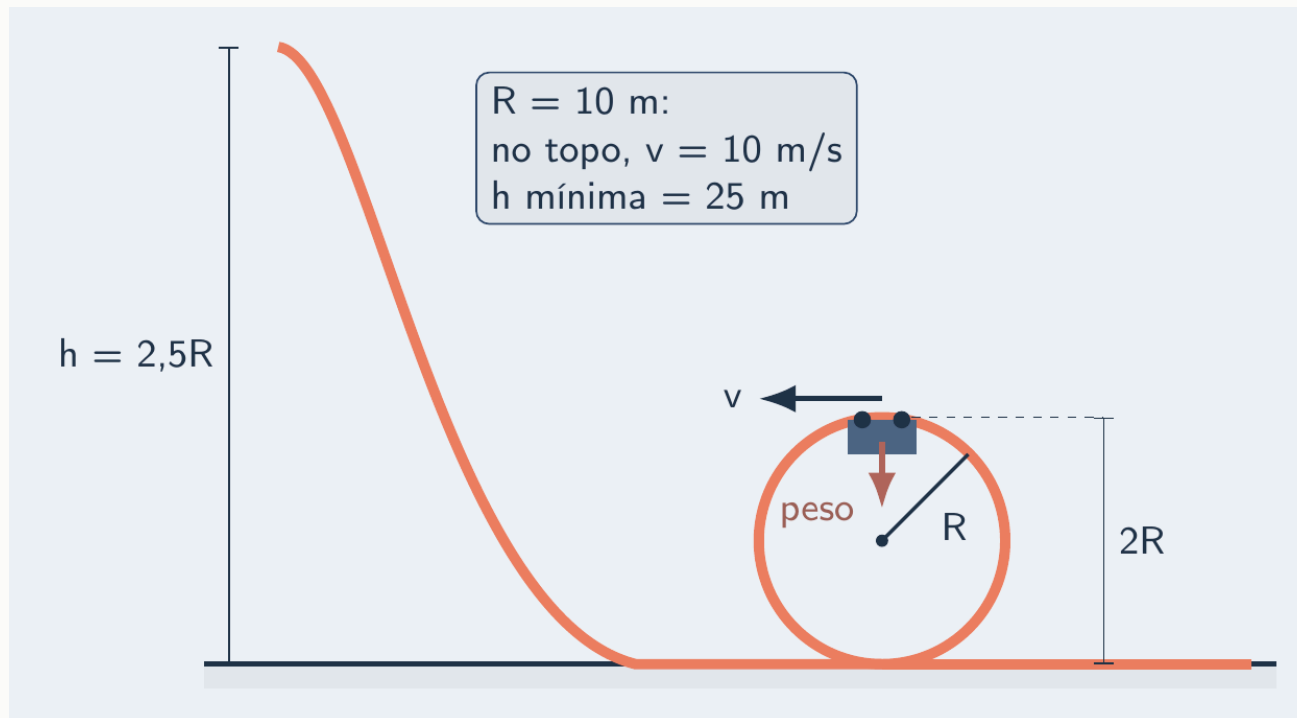
$$v = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 90} = \sqrt{1\,800}$$

Resultado:

$$v \approx \mathbf{42,4\,m/s}$$

- cerca de **153 km/h**
- caso real (91 m): conta dá cerca de 154 km/h · medido 150 → atrito vira calor

Conceito 5 – O preço do loop



- topo, no limite: o peso faz a centrípeta

$$v^2 = g R$$

- topo do loop a $2R$ do chão
- conservação $\rightarrow$ altura mínima:

$$h_{\min} = 2,5 R$$

Exemplo resolvido – loop de 10 m

Loop de raio 10 m, partida do repouso, sem atrito

Fórmula:

$$v = \sqrt{g R}$$

$$h_{\min} = 2,5 R$$

Substituição:

$$v = \sqrt{10 \cdot 10}$$

$$h_{\min} = 2,5 \cdot 10$$

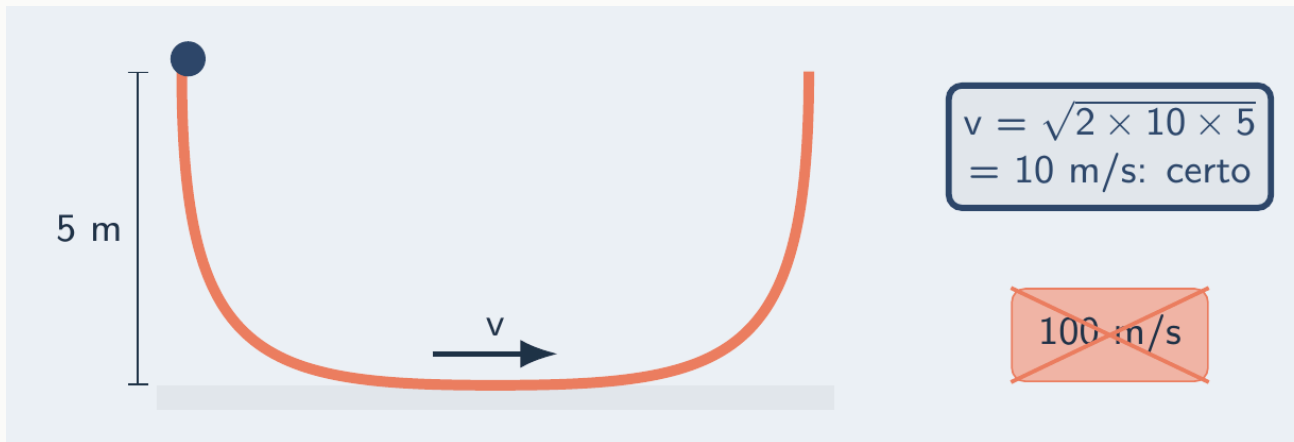
Resultado:

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

$$h_{\min} = \mathbf{25 \text{ m}}$$

- v é a velocidade no topo do loop

Radar ENEM



- ✗ esquecer a raiz: 100 m/s em vez de 10 m/s
- ✗ massa dentro da velocidade
- ✗ zero não declarado
- ✗ loop com $h = 2R$
- ✓ altura máxima: $h = \frac{v^2}{2g}$

Resumo em cinco peças

1 $E_p = m \times g \times h$, com o zero declarado

2 energia mecânica: $E_m = E_c + E_p$

3 só o peso trabalha: E_m se conserva

4 no vale: $v = \sqrt{2 \times g \times h}$, sem massa, sem caminho

5 o loop: partida a $2,5R$

1. $E_p = m g h$, zero declarado

2. $E_m = E_c + E_p$

3. só peso $\rightarrow E_m$ constante

4. $v = \sqrt{2gh}$, sem massa

5. loop: largar de $2,5 R$

Treine no jogo



QR do jogo → <https://professorcanario.com.br/m2/c4/lista>

Canarinho · lista do Episódio 4

Depois da aula: o combo deste episódio

[Abrir arena](#)

Vídeo em capítulos



Vá direto ao trecho que precisa.

<https://professorcanario.com.br/m2/c4/video>

Lista no app



As questões deste episódio,
para treinar.

<https://professorcanario.com.br/m2/c4/lista>

Livro da minissérie



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

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