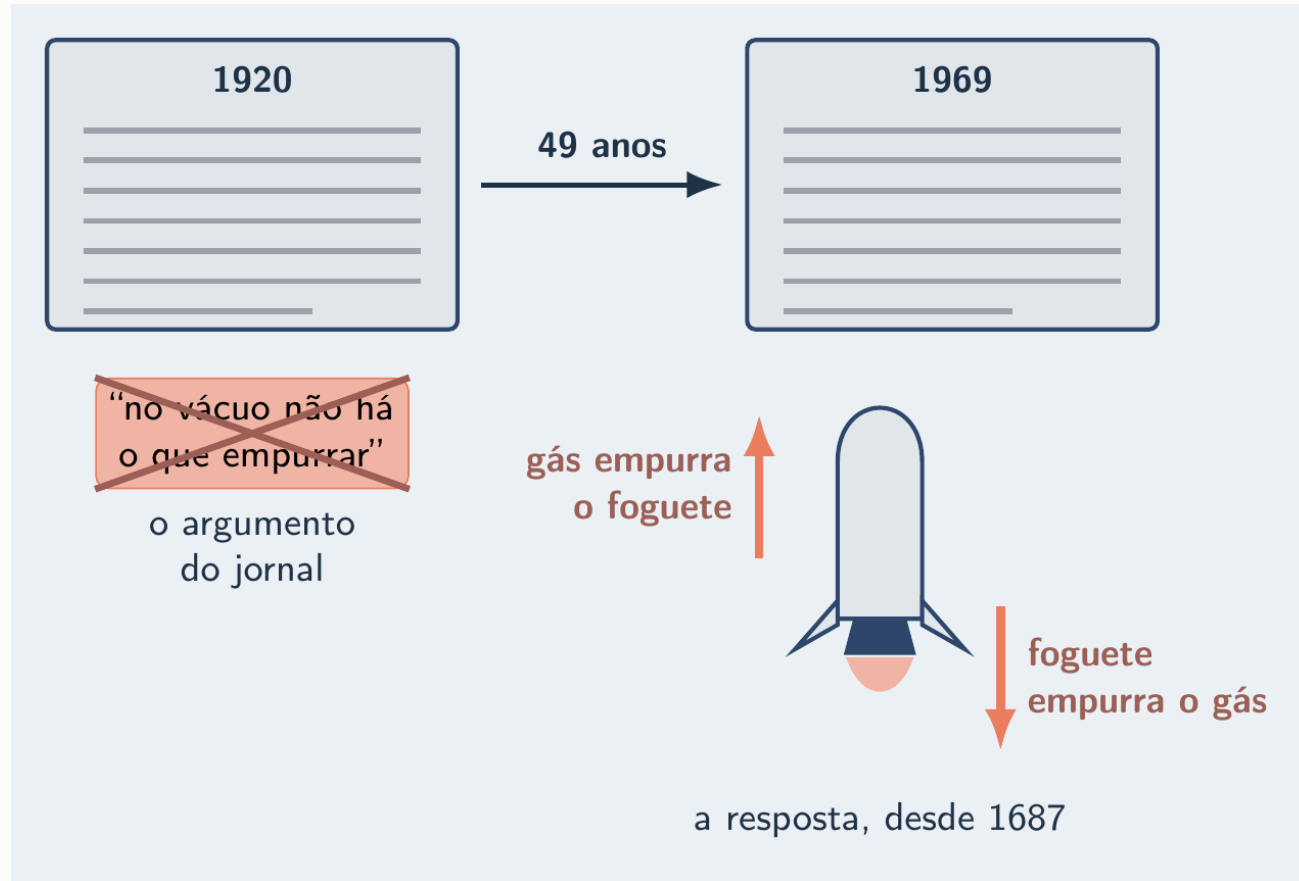


Mecânica I · Episódio 11

O foguete não empurra o ar

A terceira lei de Newton

O caso

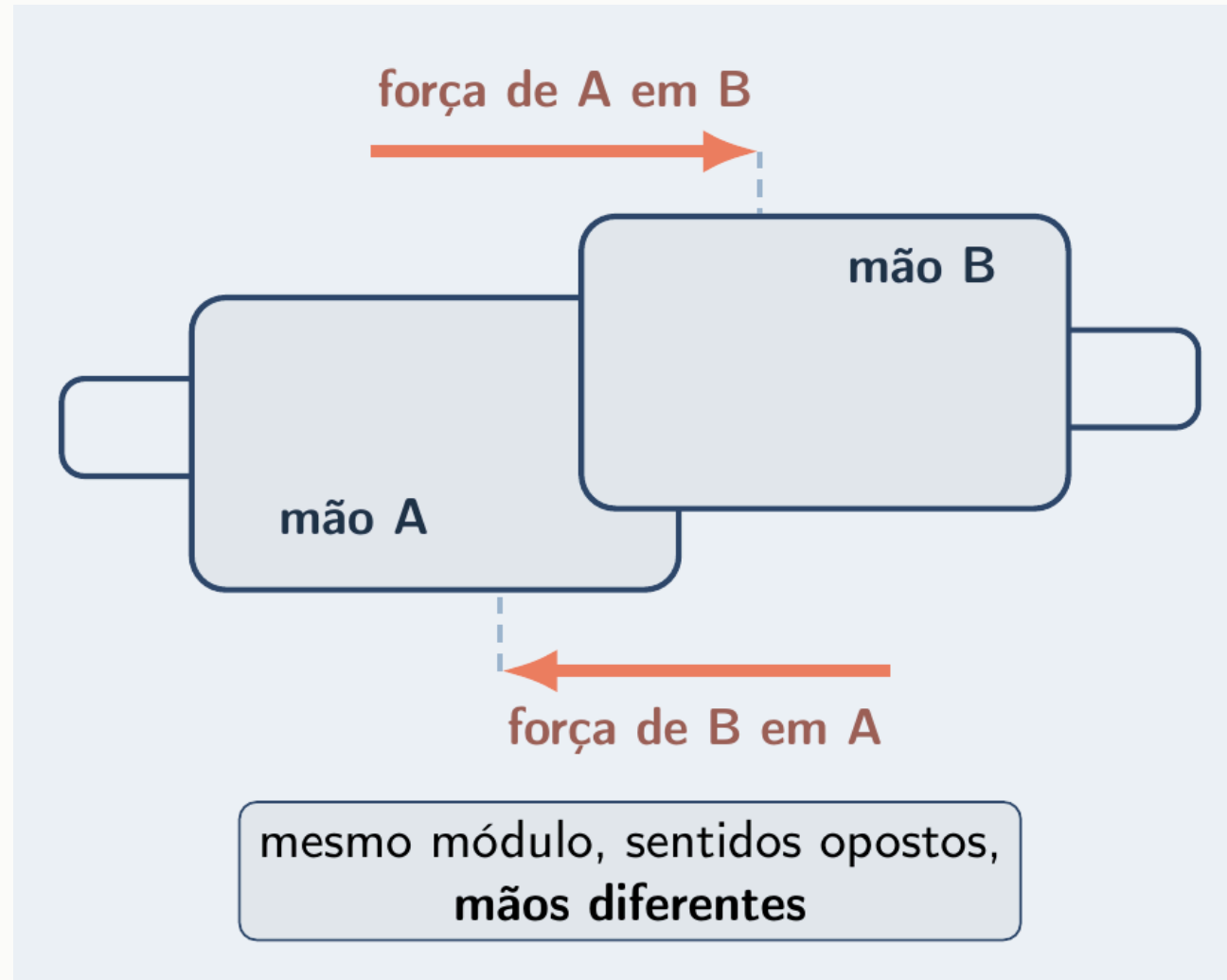


- jan. 1920: editorial ri de Robert Goddard
- tese do jornal: vácuo, nada para empurrar
- 17/07/1969: correção publicada · Apollo 11 já a caminho
- a resposta existia desde **1687**

Pergunta do episódio

Como algo avança sem ter onde se apoiar?

Conceito 1 – Toda força tem par



- $A \text{ em } B \Leftrightarrow B \text{ em } A$: **mesmo módulo**, mesma direção, sentido oposto
- mesma natureza · nascem e somem juntas
- **corpos diferentes** → nunca se anulam

Exemplo resolvido – patinadores

Patinadora de 50 kg empurra colega de 25 kg com 100 N (gelo liso);
mesma força nos dois.

Fórmula:

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

Substituição:

$$a_1 = \frac{100}{50}$$

$$a_2 = \frac{100}{25}$$

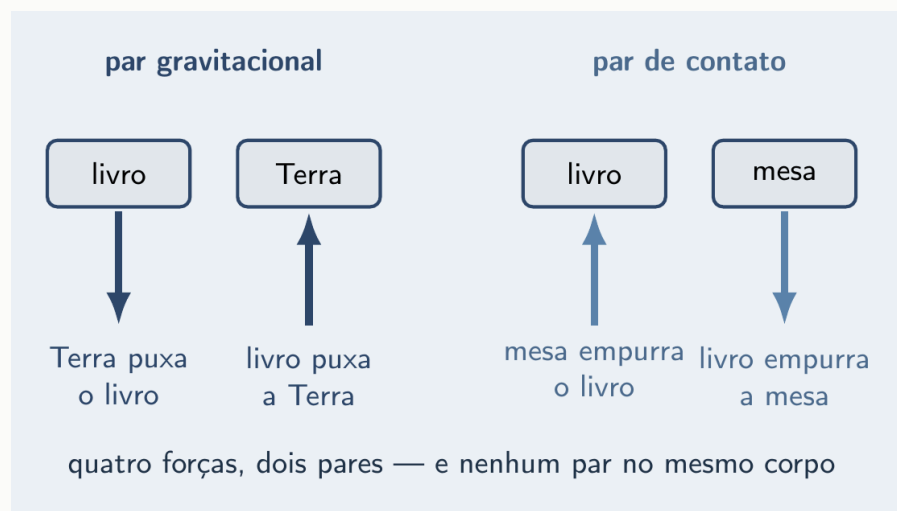
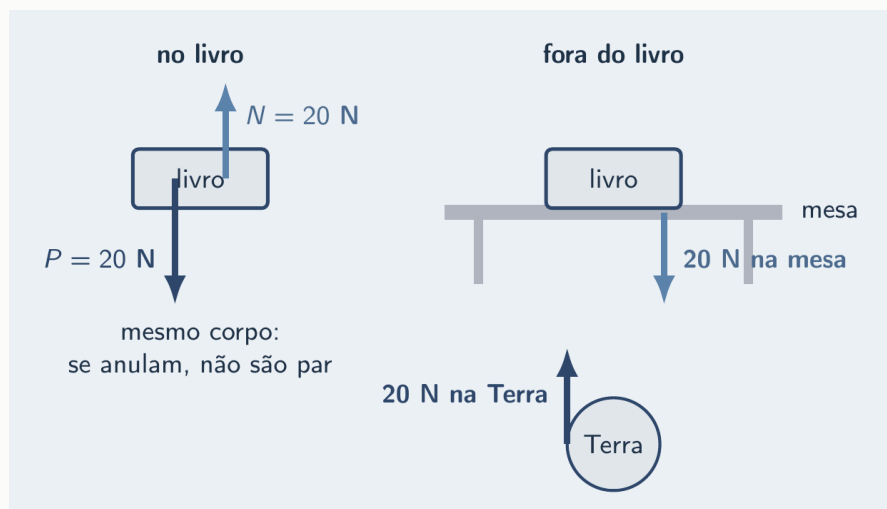
Resultado:

$$a_1 = 2 \text{ m/s}^2$$

$$a_2 = 4 \text{ m/s}^2$$

- força igual, efeito diferente

Conceito 2 – Achar o par certo



- receita: **trocar os corpos de lugar**
- peso e normal: mesmo corpo
→ **não** são par
- par do peso: na Terra · par da normal: na mesa

Exemplo resolvido – objeto na mesa

Objeto de 2 kg parado sobre a mesa, $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Fórmula:

$$P = m g$$

$$N = P$$

Substituição:

$$P = 2 \cdot 10$$

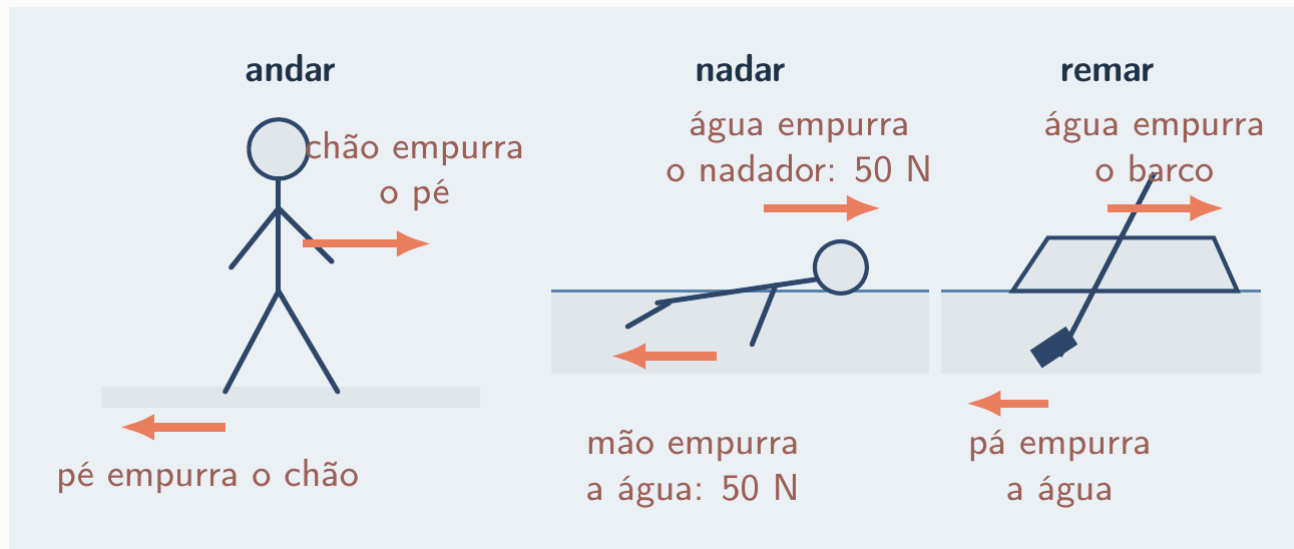
$$N = P$$

Resultado:

$$P = N = \mathbf{20 \text{ N}}$$

- pares: objeto puxa a Terra (20 N $\uparrow$) · objeto aperta a mesa (20 N $\downarrow$)

Conceito 3 – Andar, nadar, remar



- empurra algo **para trás** → recebe força **para a frente**
- chão: atrito · água: nadar e remar · ar: hélice
- ninguém se move empurrando a si mesmo

Exemplo resolvido – o nadador

Nadador empurra a água para trás com 50 N.

Fórmula:

$$F_{\text{nadador}} = F_{\text{água}}$$

Substituição:

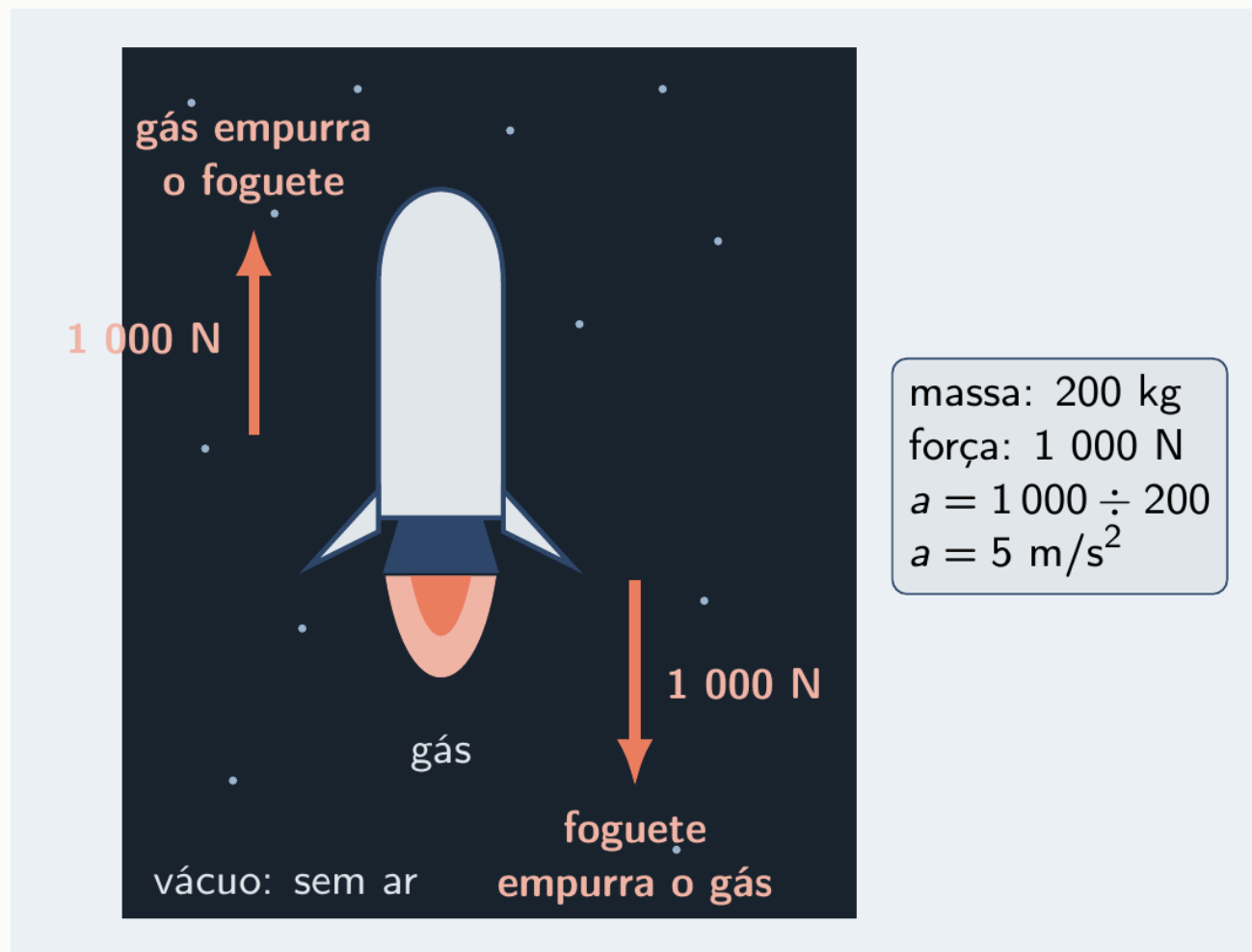
$$F_{\text{nadador}} = 50 \text{ N}$$

Resultado:

$$F_{\text{nadador}} = \mathbf{50 \text{ N}}$$

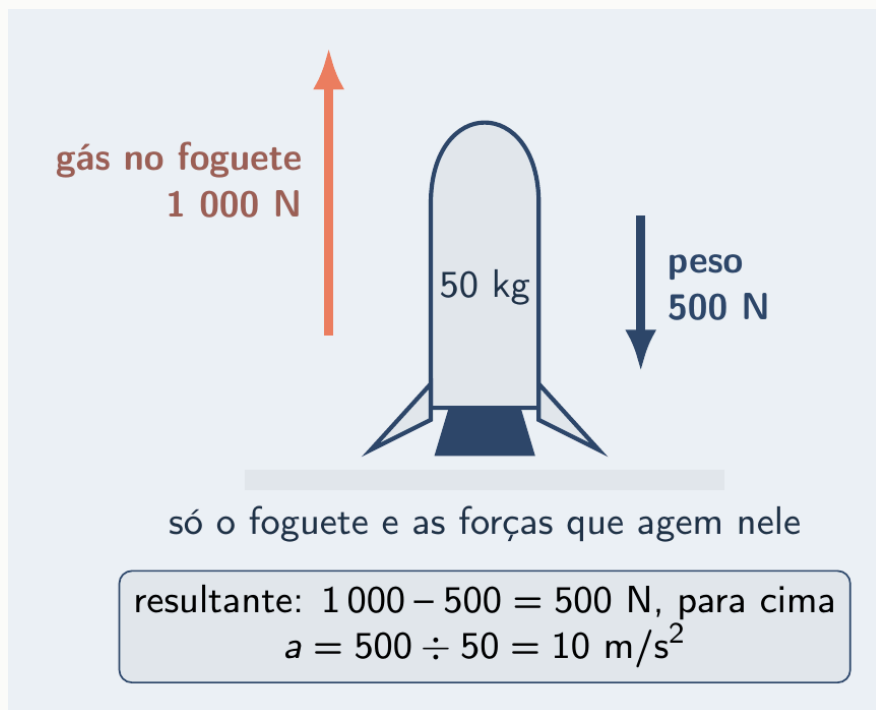
- sentido invertido: para a frente, no nadador

Conceito 4 – Foguete no vácuo



- par: **foguete** ↔ **gás expelido**, ar fora da conta
- propulsão: expele matéria, recebe a volta
- perto do solo: o jato precisa vencer o peso

Exemplo resolvido – foguete solto no espaço



Foguete de 200 kg, sem planeta perto, jato de 1 000 N.

Fórmula:

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

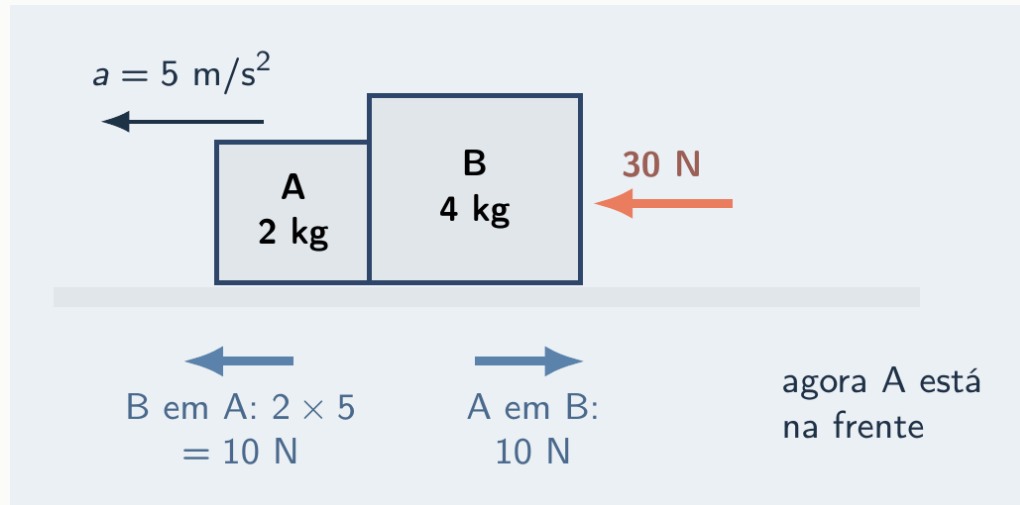
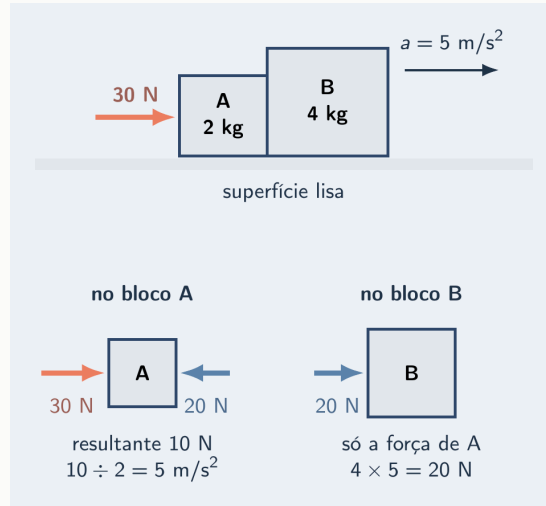
Substituição:

$$a = \frac{1\,000\text{ N}}{200\text{ kg}}$$

Resultado:

$$a = 5\text{ m/s}^2$$

Conceito 5 – Blocos encostados



- aceleração, toda a massa resiste:

$$a = \frac{F}{m_{\text{total}}}$$

- contato, só a massa da frente:

$$F_c = m_{\text{frente}} a$$

- inverteu o lado → contato muda, a não

Exemplo resolvido – os blocos

Bloco A de 2 kg encostado no bloco B de 4 kg, 30 N empurrando A.

Fórmula:

$$a = \frac{F}{m_A + m_B}$$

$$F_c = m_B a$$

Substituição:

$$a = \frac{30}{6}$$

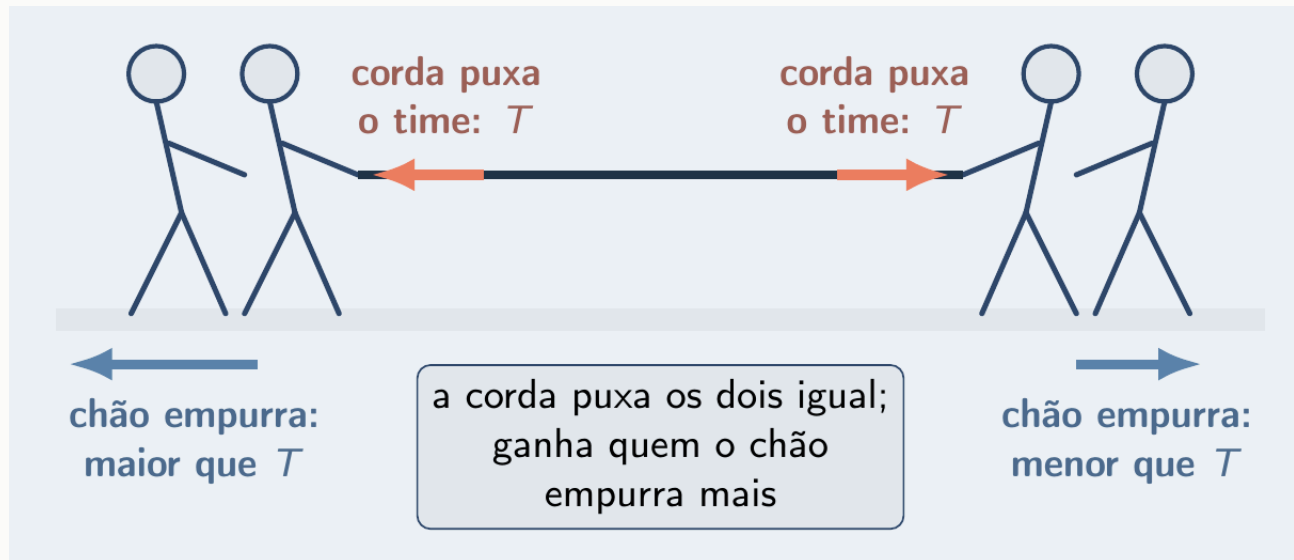
$$F_c = 4 \cdot 5$$

Resultado:

$$a = \mathbf{5 \text{ m/s}^2}$$

$$F_c = \mathbf{20 \text{ N}}$$

Conceito 6 – Cabo de guerra



- corda leve: **mesma tração** nas duas pontas
- quem decide: o **atrito do chão** em cada time
- vale para carro e reboque

Exemplo resolvido – carro e reboque

Reboque de 500 kg, sem atrito, acelera a 2 m/s^2 .

Fórmula:

$$T = m_{\text{reboque}} a$$

Substituição:

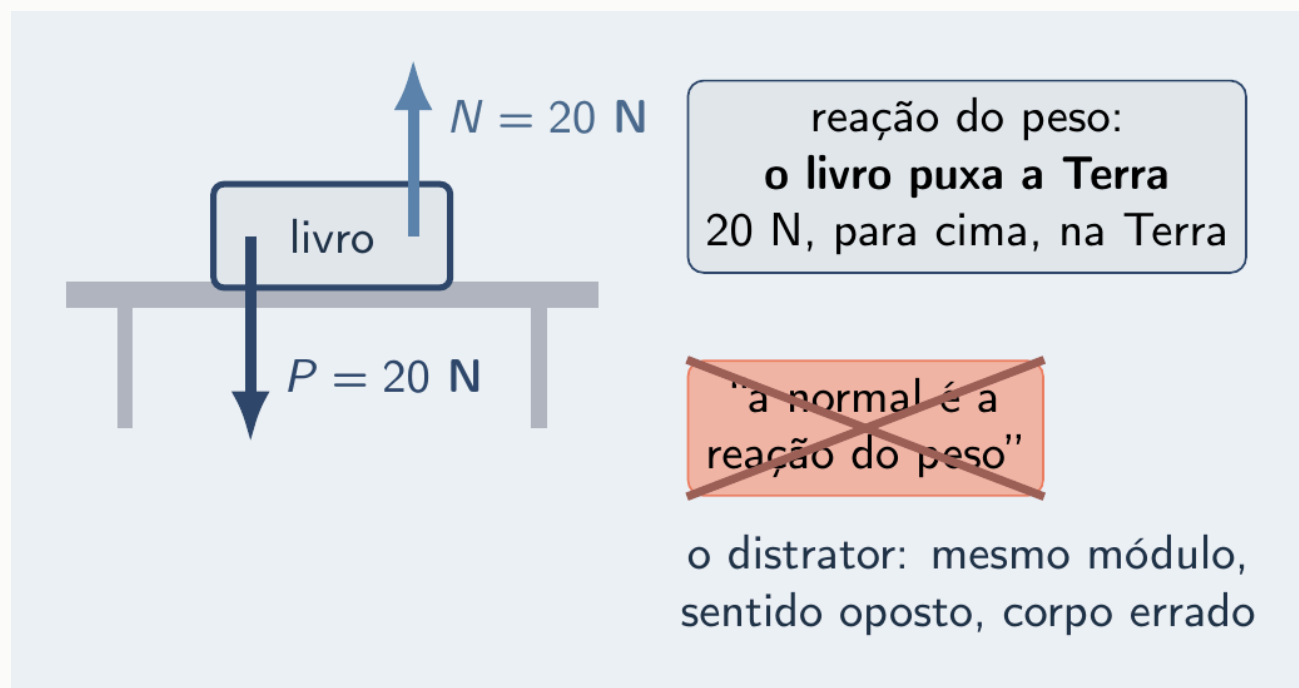
$$T = 500 \text{ kg} \cdot 2 \text{ m/s}^2$$

Resultado:

$$T = \mathbf{1\ 000\ N}$$

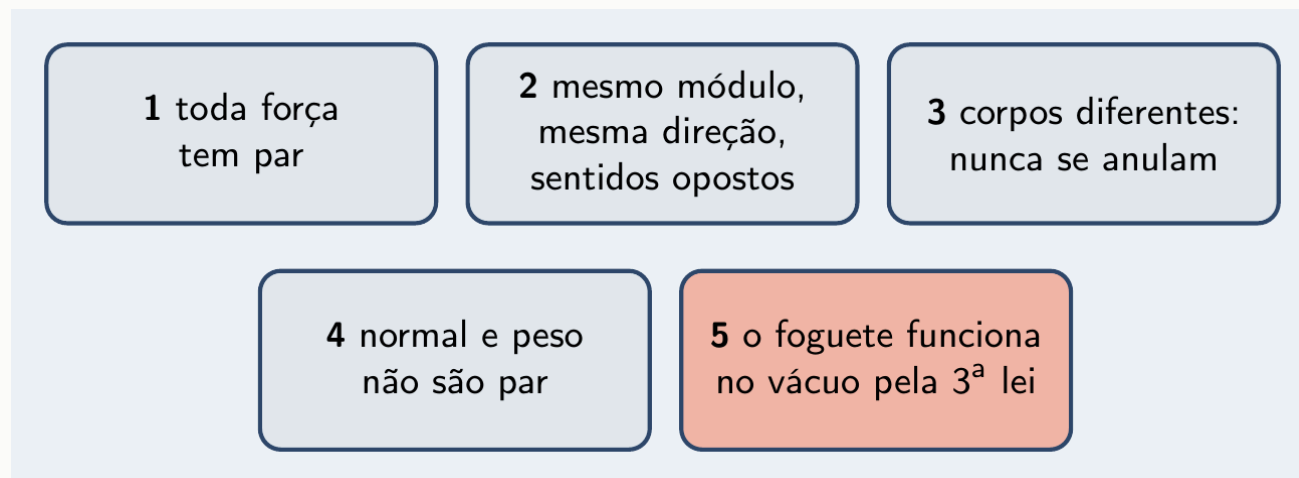
- o reboque puxa o carro com os mesmos 1 000 N

Radar ENEM



- ✗ confundir normal com reação do peso
- ✗ ação e reação se cancelam
- ✗ o mais pesado faz mais força
- ✗ confundir contato com força aplicada
- ✓ trocar os corpos · um diagrama por corpo

Resumo em cinco peças



1. força sempre em par
2. módulo igual, sentido oposto
3. corpos diferentes, sem cancelar
4. peso e normal: não par
5. foguete empurra o próprio gás

Treine no jogo



QR do jogo → <https://professorcanario.com.br/m1/c11/lista>

Canarinho · lista do Episódio 11

Depois da aula: o combo deste episódio

[Abrir arena](#)

Vídeo em capítulos



Vá direto ao trecho que precisa.

<https://professorcanario.com.br/m1/c11/video>

Lista no app



As questões deste episódio,
para treinar.

<https://professorcanario.com.br/m1/c11/lista>

Livro da minissérie



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

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