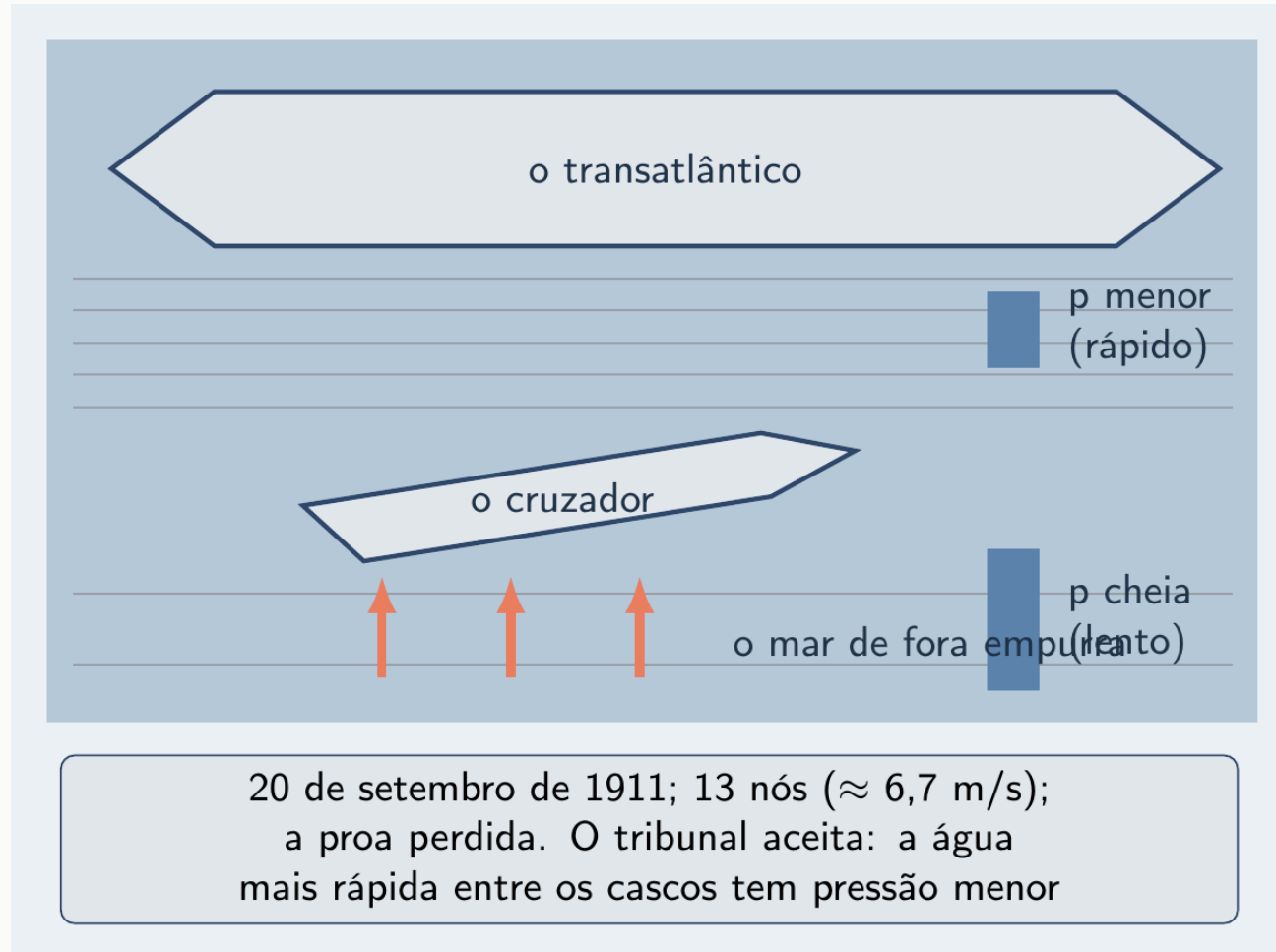


Mecânica IV · Episódio 11

O navio de guerra que foi sugado pelo transatlântico

Vazão, Bernoulli e o tubo de Venturi

O caso



- Solent, 20 de setembro de 1911: cruzador ao lado do gêmeo do Titanic
- 13 nós, cerca de 6,7 m/s ou 24 km/h, rumos paralelos
- guinada para dentro · leme inútil · proa perdida
- tribunal: "sucção" · a física: empurrão do lado de fora

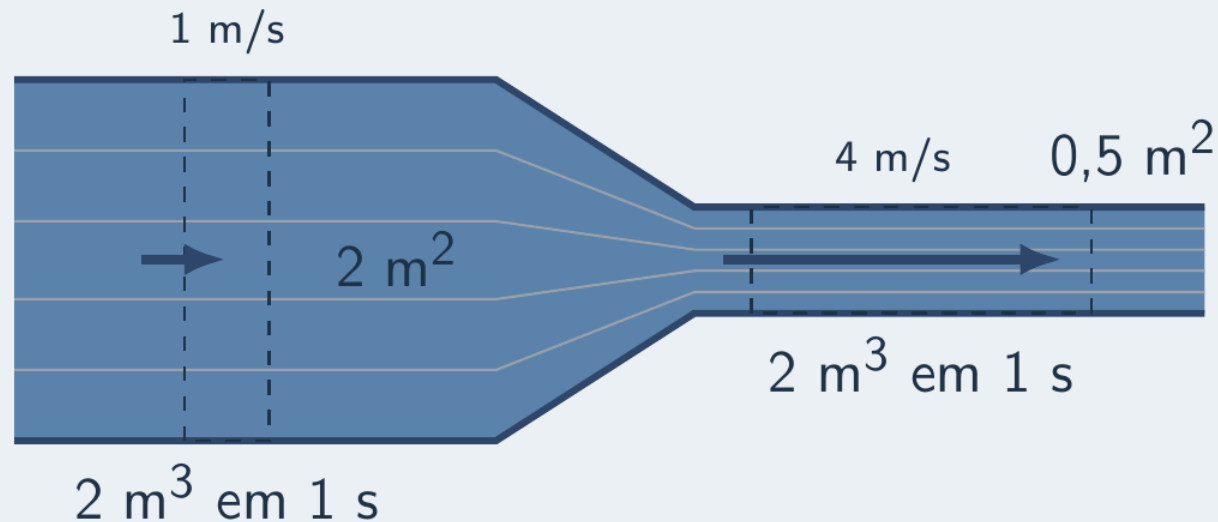
O caso — a falta de 1997

- Roberto Carlos, França: cobrança a cerca de 36 m do gol
- bola sai torta, gira forte, curva e entra
- giro → ar mais veloz num lado → diferença de pressão

Pergunta do episódio

**Se nada puxou o cruzador, que força o jogou
contra o gigante?**

Conceito 1 – Vazão e continuidade



$$A_1 \times v_1 = A_2 \times v_2: \quad 2 \times 1 = 0,5 \times 4 \quad (Q = 2 \text{ m}^3/\text{s})$$

- vazão, em m^3/s , escalar:
 $Q = A v$
- regime permanente:
 $A_1 v_1 = A_2 v_2$
- estreitou → acelerou · linhas de corrente juntas

Exemplo resolvido – rio no estreito

Rio de 2 m^2 a 1 m/s passa por garganta de $0,5 \text{ m}^2$

Fórmula:

$$Q = A_1 v_1$$

$$v_2 = \frac{A_1 v_1}{A_2}$$

Substituição:

$$Q = 2 \cdot 1$$

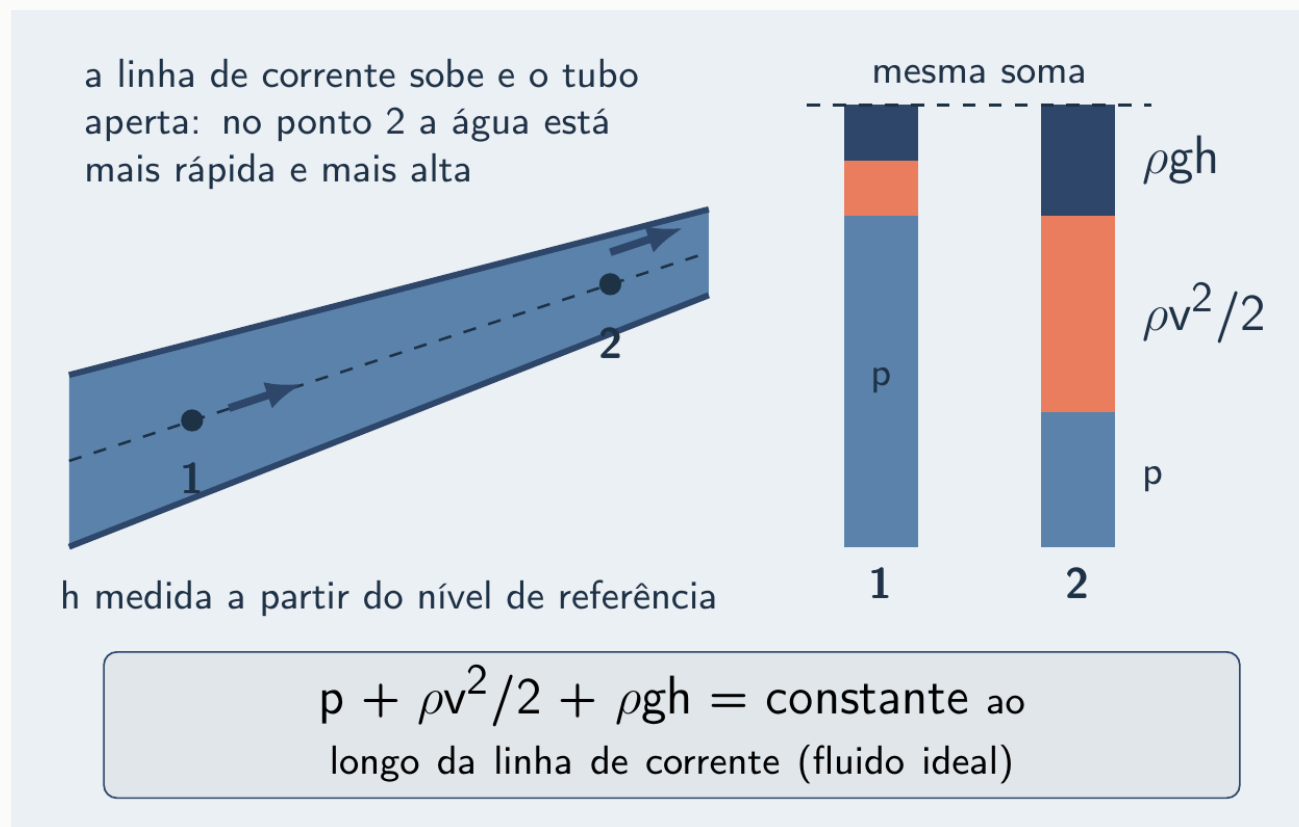
$$v_2 = \frac{2 \cdot 1}{0,5}$$

Resultado:

$$Q = \mathbf{2 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$v_2 = \mathbf{4 \text{ m/s}}$$

Conceito 2 – Bernoulli



- na linha de corrente:

$$p + \frac{\rho v^2}{2} + \rho g h = \text{constante}$$

- cada parcela: energia por m^3 (pascal é joule por metro cúbico)
- fluido ideal: viscosidade desprezada, e declarada

Exemplo resolvido – cano que sobe

Água sobe 2 m num cano de seção fixa (v igual nos dois pontos; exercício nosso)

Fórmula:

$$\Delta p = \rho g \Delta h$$

Substituição:

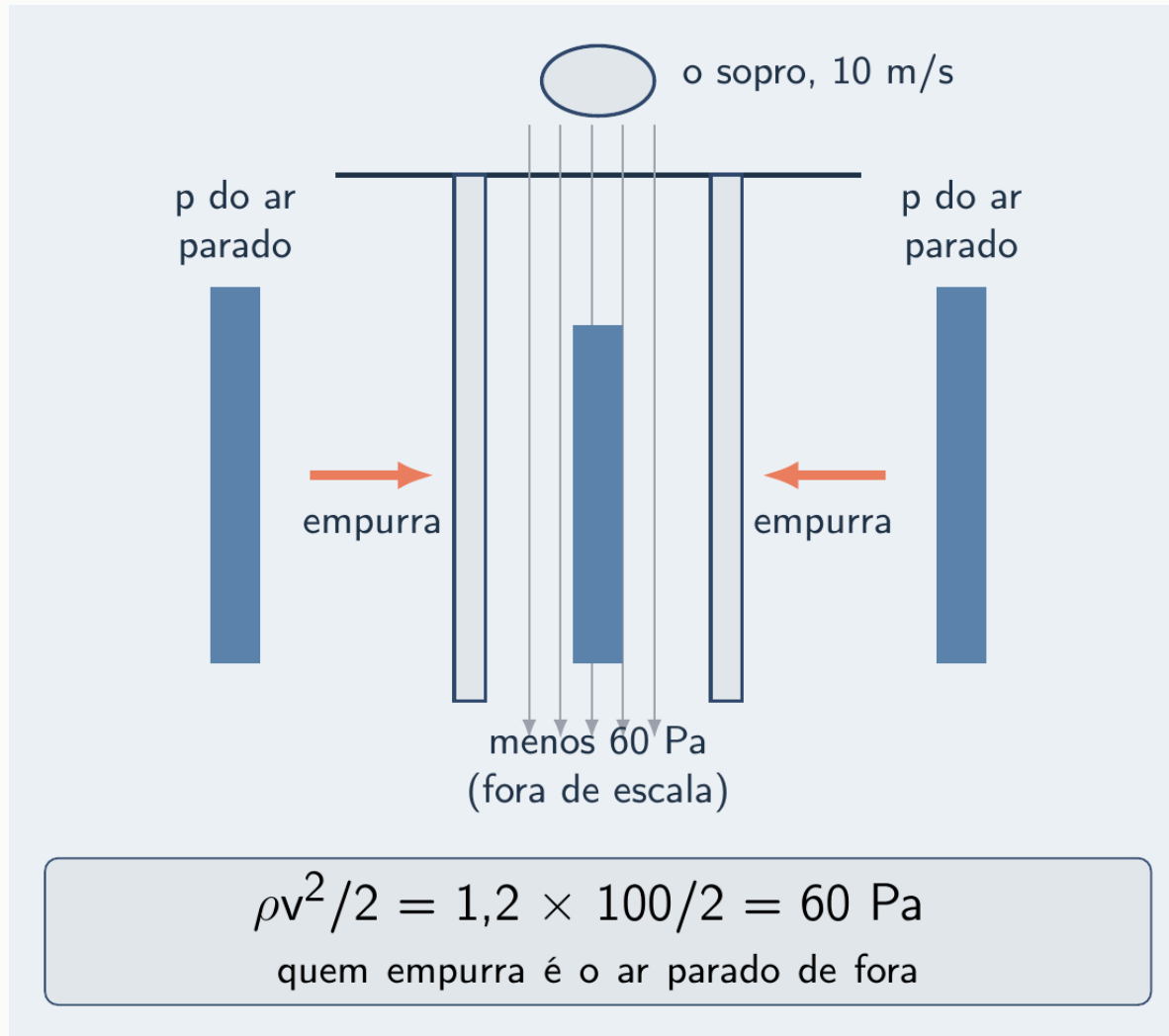
$$\Delta p = 1\,000 \cdot 10 \cdot 2$$

Resultado:

$$\Delta p = \mathbf{2 \times 10^4 \text{ Pa}}$$

- queda de pressão no ponto de cima

Conceito 3 – Rápido, pressão baixa



- mesma altura:
- $$p_1 - p_2 = \frac{\rho (v_2^2 - v_1^2)}{2}$$
- lado veloz → pressão menor ·
efeito cresce com v^2
 - força vem do lado **lento** ·
"sucção" não existe

Exemplo resolvido – as folhas

Ar ($1,2 \text{ kg/m}^3$) a 10 m/s entre folhas de 600 cm^2 ; fora, ar parado

Fórmula:

$$\Delta p = \frac{\rho v^2}{2}$$

$$F = \Delta p A$$

Substituição:

$$\Delta p = \frac{1,2 \cdot 100}{2}$$

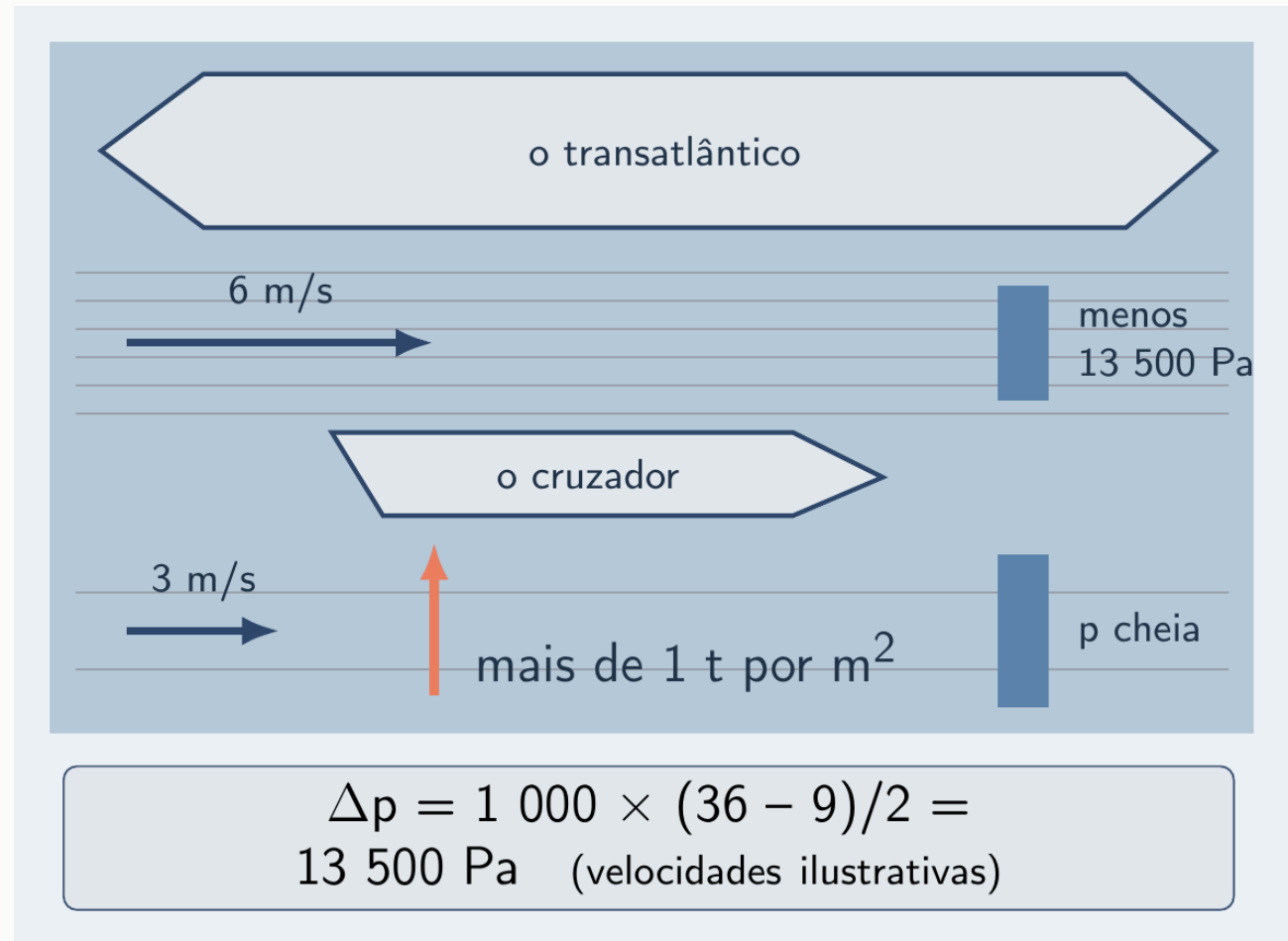
$$F = 60 \cdot 0,06$$

Resultado:

$$\Delta p = \mathbf{60 \text{ Pa}}$$

$$F = \mathbf{3,6 \text{ N}}$$

Conceito 4 – Os dois cascos



- canal estreito: Venturi no mar
- velocidades ilustrativas: 3 m/s fora, 6 m/s no canal
- costado: mais de 1 t por m², de fora para dentro

Exemplo resolvido – entre os cascos

Água a 3 m/s fora e 6 m/s no canal, mesma altura

Fórmula:

$$\Delta p = \frac{\rho (v_2^2 - v_1^2)}{2}$$

$$F = \Delta p A$$

Substituição:

$$\Delta p = \frac{1\,000 \cdot (36 - 9)}{2}$$

$$F = 13\,500 \cdot 1$$

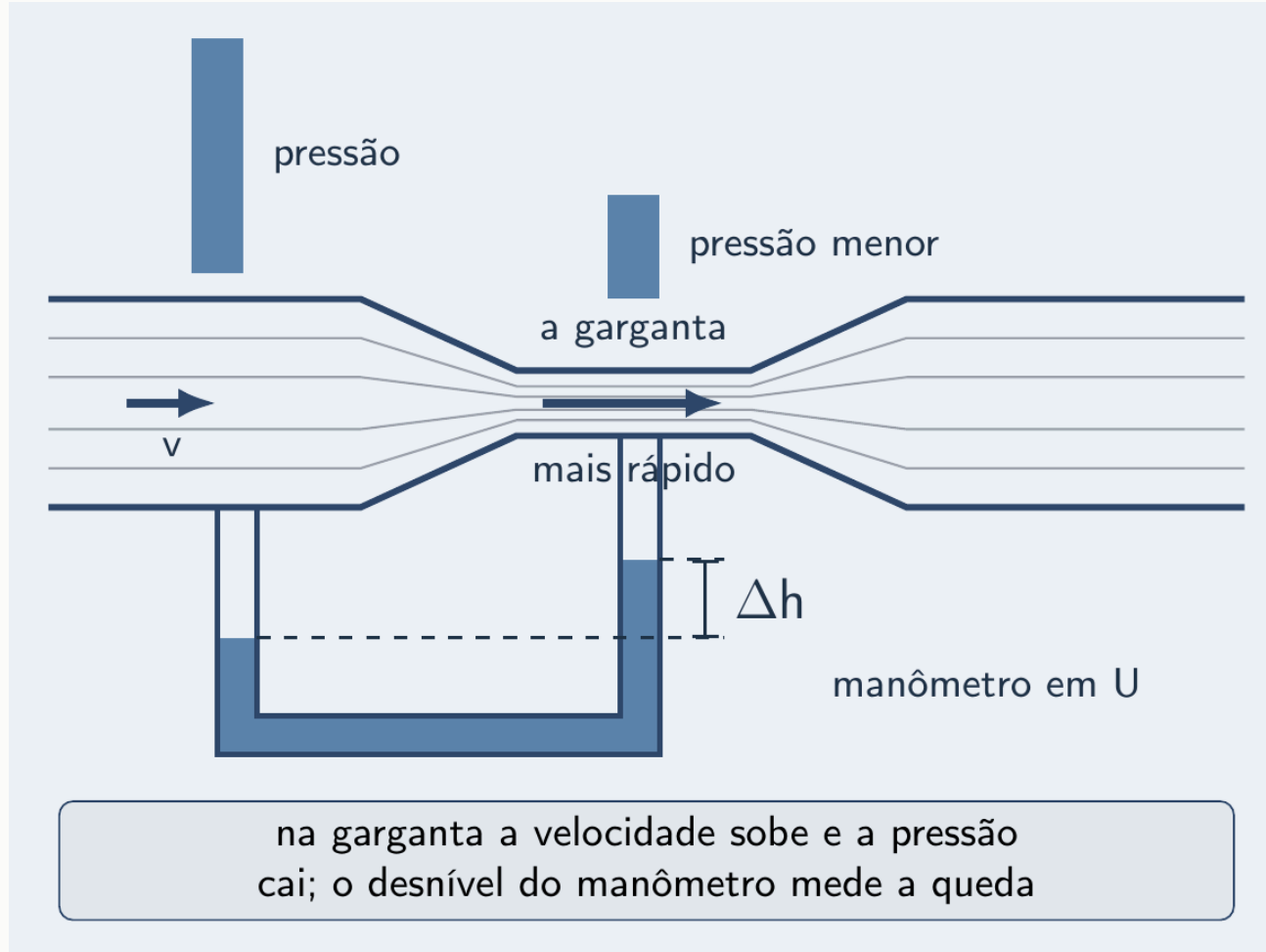
Resultado:

$$\Delta p = \mathbf{13\,500\ Pa}$$

$$F = \mathbf{13\,500\ N}$$

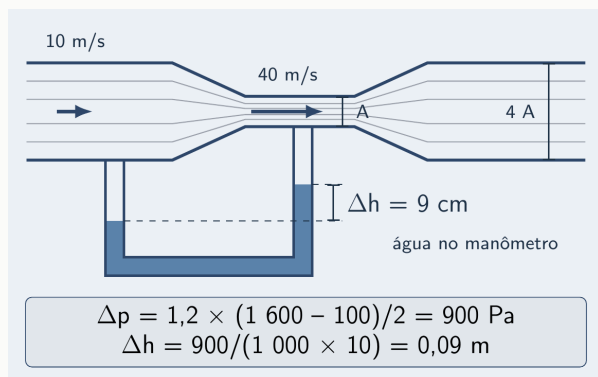
- a cada metro quadrado de costado

Conceito 5 – Tubo de Venturi



- garganta: v sobe, p desce · manômetro lê a queda
- duas contas: continuidade, depois Bernoulli
- áreas, não diâmetros · desnível usa o líquido do U

Exemplo resolvido – Venturi de ar



Entrada 4 vezes maior que a garganta;
ar a 10 m/s; manômetro de água

Fórmula:

$$v_2 = v_1 \frac{A_1}{A_2}$$

$$\Delta p = \frac{\rho (v_2^2 - v_1^2)}{2}$$

$$\Delta h = \frac{\Delta p}{\rho_{\text{água}} g}$$

Substituição:

$$v_2 = 10 \cdot 4$$

$$\Delta p = \frac{1,2 \cdot 1\,500}{2}$$

$$\Delta h = \frac{900}{10\,000}$$

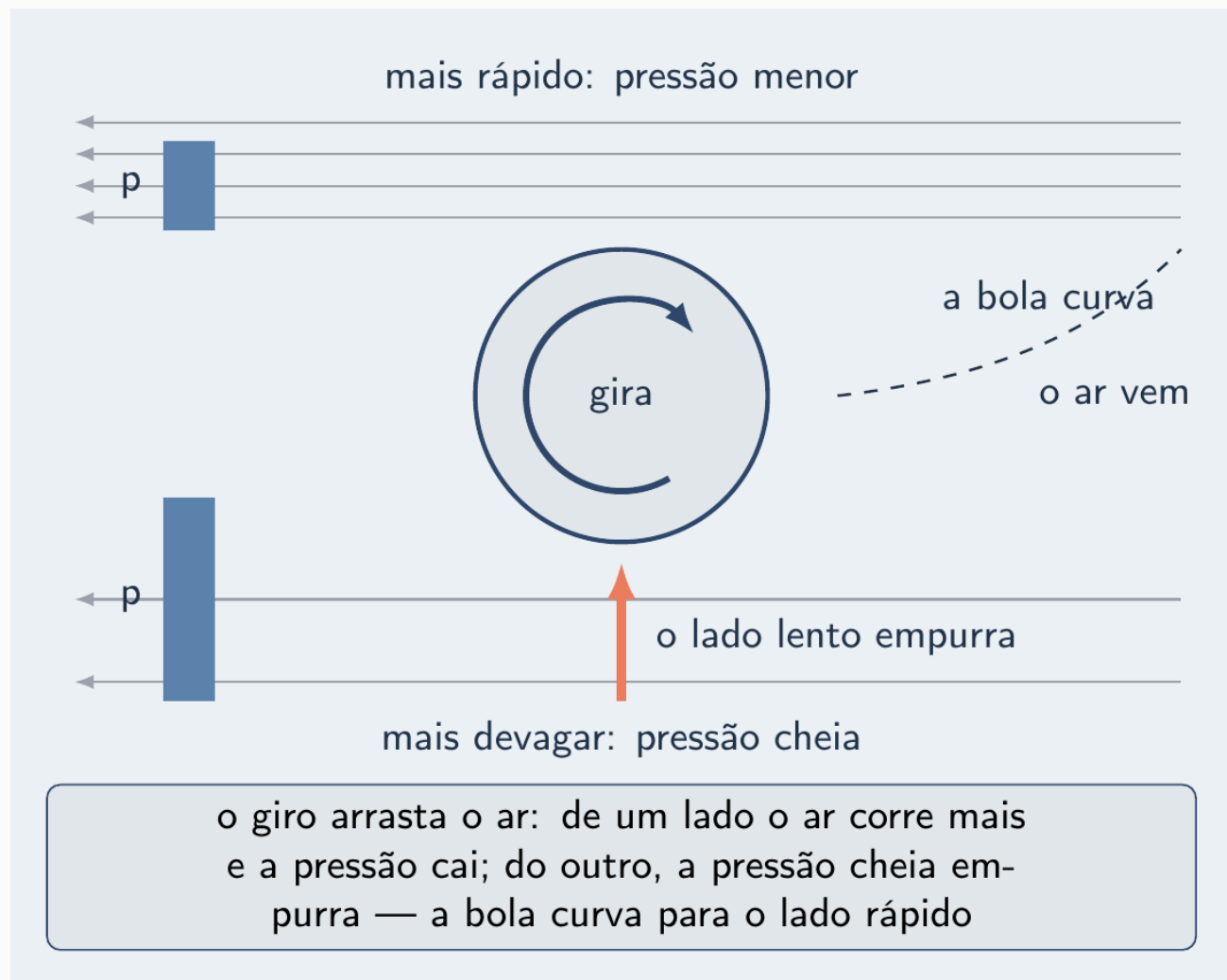
Resultado:

$$v_2 = \mathbf{40 \text{ m/s}}$$

$$\Delta p = \mathbf{900 \text{ Pa}}$$

$$\Delta h = \mathbf{9 \text{ cm}}$$

Conceito 6 – Efeito Magnus



- giro arrasta ar: um lado veloz, outro lento
- curva para onde o giro acompanha o vento
- tratamento qualitativo · cortina do chuveiro: sem veredito

Exemplo resolvido – a bola com giro

Ar ($1,2 \text{ kg/m}^3$) a 32 m/s num lado e 28 m/s no outro (valores ilustrativos nossos)

Fórmula:

$$\Delta p = \frac{\rho (v_2^2 - v_1^2)}{2}$$

Substituição:

$$\Delta p = \frac{1,2 \cdot (1\,024 - 784)}{2}$$

Resultado:

$$\Delta p = \mathbf{144 \text{ Pa}}$$

- empurrando para o lado veloz

Radar ENEM

$$A_1 \times v_1 = A_2 \times v_2 \quad p_1 - p_2 = \rho(v_2^2 - v_1^2)/2$$

continuidade

seção menor, velocidade maior — na razão das áreas

rápido é pressão baixa

quem empurra é o lado lento

Venturi

a garganta acelera, a pressão cai, o manômetro lê

Magnus

a bola curva para o lado em que o giro acompanha o vento

~~o ar rápido suga~~

a pressão só empurra: a diferença de pressão, do lado lento para o rápido, é a força

- ✗ cano fino, água mais lenta
- ✗ "o ar rápido suga"
- ✗ sem o quadrado ou sem a metade
- ✗ densidade trocada no manômetro
- ✓ lado lento empurra rumo ao lado rápido

Resumo em cinco peças

1 $Q = A \times v$
continuidade: seção
menor, velocidade
maior

2 Bernoulli:
pressão, velocidade
e altura somam
a mesma energia
por metro cúbico

3 rápido é pressão
baixa; quem
empurra
é o lado lento — o
cruzador foi
empurrado

4 o Venturi mede
a vazão pela queda
de pressão na
garganta

5 a bola gira, o ar
de um lado
corre mais,
ela curva; a cortina
não tem explicação
fechada

1. $Q = A v$, vazão constante

2. Bernoulli: energia por m^3

3. veloz é baixa pressão

4. Venturi mede vazão

5. giro curva a bola

Treine no jogo



QR do jogo → <https://professorcanario.com.br/m4/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/m4/c11/video>

Lista no app



As questões deste episódio,
para treinar.

<https://professorcanario.com.br/m4/c11/lista>

Livro da minissérie



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

<https://professorcanario.com.br/mecanica4/livro/>