Lista de Exercícios
Fluidos

TÓPICO 1: Massa Específica e Pressão; Fluidos em Repouso; Pressão.

Problema 1 (Problema número 2, pág. 80, capítulo 14, Fundamentos da Física, Halliday e Resnick Vol.2, 9 Ed.

Um recipiente hermeticamente fechado e parcialmente evacuado tem uma tampa com uma área de 77 m^2 e massa desprezível. Se a força necessária para remover a tampa é 480 N e a pressão atmosférica é $1,0 \times 10^5$ Pa, qual é a pressão do ar no interior do recipiente?

Análise Física - Diagrama de Forças:

- **Força externa:** $F_{\text{atm}} = P_{\text{atm}} \cdot A$ (atua para dentro)
- **Força interna:** $F_{\text{int}} = P_{\text{int}} \cdot A$ (atua para fora)
- **Força resultante:** Diferença entre estas forças

Equacionamento: A força mínima necessária para remover a tampa corresponde ao desbalanceamento de pressões:

$$F = F_{\text{atm}} - F_{\text{int}} = (P_{\text{atm}} - P_{\text{int}}) \cdot A$$

Isolando P_{int}:

$$P_{\text{int}} = P_{\text{atm}} - \frac{F}{A}$$

Resolução P1:

Substituindo os valores:

$$P_{\text{int}} = 100.000 - \frac{480}{77} = 100000 - 6,2338 = 99993,766$$

Interpretação Física:

- A pressão interna é menor que a atmosférica ($P_{\text{int}} < P_{\text{atm}}$), conforme esperado para um recipiente evacuado.
- A pequena diferença ($\Delta P \approx 6,23$) indica um vácuo parcial.

- O cálculo mostra como medidas macroscópicas (força) permitem determinar propriedades microscópicas (pressão).

Conclusão:

$$P_{\text{int}} = 99993,8$$

Problema 2 (Problema número 22, pág. 81, capítulo 14, Fundamentos da Física Vol.2 - Resnick 9.Ed.)

Perda de consciência dos pilotos de caça. Quando um piloto faz uma curva muito fechada em um avião de caça moderno, a pressão do sangue na altura do cérebro diminui. Se o coração mantém a pressão manométrica da aorta em 120 torr quando o piloto sofre uma aceleração centrípeta horizontal de 4g, qual é a pressão no cérebro (em torr), situado a 30 cm do coração no sentido do centro da curva? Considere a massa específica do sangue

$$\rho = 1{,}06 \times 10^3 \,\text{kg/m}^3$$

.

<u>Resolução P2:</u>

A diferença de pressão é:

$$\Delta P = \rho a h$$

Com:

$$\rho = 1{,}06 \times 10^3, \quad a = 4g = 39{,}2, \quad h = 0{,}30 \Rightarrow \Delta P = 12466{,}56\,\text{Pa}$$

Convertendo para torr:

$$\Delta P = \frac{12466{,}56}{133{,}322} \approx 93{,}5\,\text{torr}$$

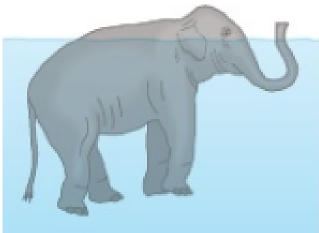
Pressão no cérebro:

$$P_{\text{cérebro}} = 120 - 93{,}5 = \boxed{26{,}5\,\text{torr}}$$

Resposta: A pressão no cérebro do piloto, sob 4g, é aproximadamente $\boxed{26{,}5\,\text{torr}}$.

Problema 3 (Problema número 16, pág. 81, capítulo 14, Fundamentos de Física Vol. 2 - Resnick 9.Ed.)

Homens e elefantes fazendo snorkel) Quando uma pessoa faz *snorkel*, os pulmões estão conectados diretamente à atmosfera por meio do tubo de respiração e, portanto, se encontram à pressão atmosférica. Qual é a diferença Δp, em atmosferas, entre a pressão interna e a pressão da água sobre o corpo do mergulhador se o comprimento do tubo de respiração é:(a) 20 cm (situação normal), e (b) 4,0 m (situação provavelmente fatal)? No segundo caso, a diferença de pressão faz os vasos sanguíneos das paredes dos pulmões se romperem, enchendo os pulmões de sangue. Como mostra a Figura abaixo, um elefante pode usar a tromba como tubo de respiração e nadar com os pulmões a 4,0 m abaixo da superfície da água porque a membrana que envolve seus pulmões contém tecido conectivo que protege os vasos sanguíneos, impedindo que se rompam.



Resolução P3:

Sabemos que a pressão total a que um corpo está submetido a uma profundidade h é dada por:

$$p = p_0 + \rho g h$$

Como os pulmões estão à pressão atmosférica p_0, a diferença entre a pressão exercida pela água sobre o corpo e a pressão nos pulmões é:

$$\Delta p = p - p_0 = \rho g h$$

Onde:

- $\rho = 998\ \text{kg/m}^3$ (densidade da água),
- $g = 9{,}8\ \text{m/s}^2$ (aceleração da gravidade),
- h é a profundidade submersa.

(a) Para $h = 0{,}20$ m:

$$\begin{aligned}\Delta p &= \rho g h \\ &= (998\ \text{kg/m}^3)(9{,}8\ \text{m/s}^2)(0{,}20\ \text{m}) \\ &= 1955{,}2\ \text{Pa}\end{aligned}$$

Convertendo para atmosferas ($1\ \text{atm} = 1{,}01 \times 10^5$ Pa):

$$\Delta p = \frac{1955{,}2}{1{,}01 \times 10^5} \approx 0{,}019\ \text{atm}$$

Resultado: A diferença de pressão é pequena e segura para o mergulhador.

(b) Para $h = 4{,}0$ m:

$$\begin{aligned}\Delta p &= (998\ \text{kg/m}^3)(9{,}8\ \text{m/s}^2)(4{,}0\ \text{m}) \\ &= 39120{,}8\ \text{Pa}\end{aligned}$$

Convertendo para atmosferas:

$$\Delta p = \frac{39120{,}8}{1{,}01 \times 10^5} \approx 0{,}39 \text{ atm}$$

Resultado: A diferença de pressão é significativa e perigosa, podendo romper vasos sanguíneos dos pulmões.

Problema 4 (Problema 24, pág. 81, capítulo 14, Fundamentos de Física, Halliday e Resnick, Vol. 2, 9ª Ed.)

Na Fig. 14-35, a água atinge uma altura D = 35,0 m atrás da face vertical de uma represa com W = 314,0 m de largura. Determine: (a)A força horizontal a que está submetida a represa por causa da pressão manométrica da água e (b) o torque produzido por essa força em relação a uma reta que passa por O e é paralela à face plana da represa. (c) Determine o braço de alavanca do torque.

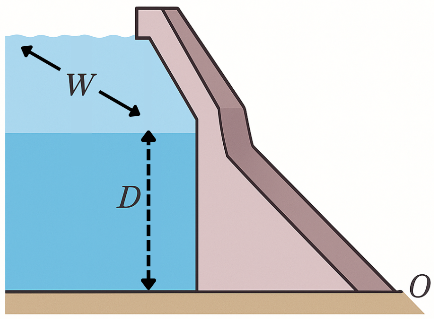


Figura 14-35 Problema 24

Resolução P4:

(a) Força horizontal devida à pressão:
A pressão em um ponto a profundidade h abaixo da superfície livre de um líquido é dada por:

$$P = \rho g h$$

A força total sobre a face da represa é obtida integrando a pressão ao longo da profundidade D:

$$F = \int_0^D \rho g h \cdot W \, dh = \rho g W \int_0^D h \, dh = \rho g W \left[\frac{h^2}{2} \right]_0^D = \frac{1}{2} \rho g W D^2$$

Substituindo os valores:

$$\rho = 1000 \, \mathrm{kg/m^3}, \quad g = 9.8 \, \mathrm{m/s^2}, \quad W = 314 \, \mathrm{m}, \quad D = 35.0 \, \mathrm{m}$$

$$F = \frac{1}{2}(1000)(9.8)(314)(35.0)^2 = \frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot 9.8 \cdot 314 \cdot 1225$$

$$F = 1,88 \times 10^9 N$$

(b) Torque em relação ao ponto O:
A força resultante age no centro de pressão, que está a $\frac{D}{3}$ do fundo da represa. Logo:

$$\tau = F \cdot \frac{D}{3} = 1,88 \times 10^9 \cdot \frac{35,0}{3} = 2,19 \times 10^{10} N \cdot m$$

(c) Braço de alavanca:

$$\ell = \frac{D}{3} = \frac{35,0}{3} = 11,67m$$

Problema 5 Problema número 13, pág. 15, capítulo 1, Curso de Física Básica, vol. 2 - H.Moysés Nussenzveig, edição 4.

Um bloco cúbico de aço, com arestas de 5 cm e densidade de 7,8 g/cm^3, está sendo mergulhado em um recipiente com água, suspenso por uma balança de molas graduada em kgf. A massa total do recipiente com a água é de 1 kg, e ele está apoiado sobre um dos pratos de uma balança de dois pratos, equilibrado por um peso de massa m no outro prato (Fig. P.8).(a) Qual é a leitura da balança de molas? (b) Qual é o valor de m?

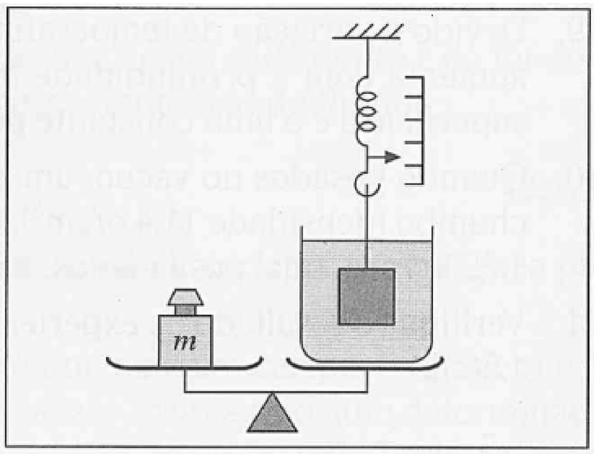


Figura P.8

Figura 1: Legenda da figura

Resolução P5:

(a) Leitura da balança de molas:

1. **Volume do bloco cúbico:**

$$V = a^3 = (5\,\text{cm})^3 = 125\,\text{cm}^3$$

2. **Massa do bloco de aço:**

$$\begin{aligned} \text{Massa} &= \text{Densidade} \times \text{Volume} \\ &= 7{,}8\,\text{g/cm}^3 \times 125\,\text{cm}^3 \\ &= 975\,\text{g} = 0{,}975\,\text{kg} \end{aligned}$$

   Peso real: 0,975 kgf.

3. **Empuxo (força de flutuação):**

$$\begin{aligned}\text{Massa da água deslocada} &= \text{Densidade da água} \times \text{Volume}\\ &= 1\,\text{g/cm}^3 \times 125\,\text{cm}^3 = 125\,\text{g} = 0{,}125\,\text{kg}\end{aligned}$$

Empuxo: 0,125 kgf.

4. **Leitura da balança de molas:**

$$\begin{aligned}\text{Leitura} &= \text{Peso real} - \text{Empuxo}\\ &= 0{,}975\,\text{kgf} - 0{,}125\,\text{kgf}\\ &= \boxed{0{,}85\,\text{kgf}}\end{aligned}$$

(b) Valor de m para equilíbrio na balança de dois pratos:

1. **Massa efetiva no recipiente:**

$$\begin{aligned}\text{Massa total} &= \text{Massa inicial} + \text{Massa deslocada}\\ &= 1\,\text{kg} + 0{,}125\,\text{kg}\\ &= 1{,}125\,\text{kg}\end{aligned}$$

2. **Massa m:**

$$m = \boxed{1{,}125\,\text{kg}}$$

Problema 6 (Problema número 29, pág. 82, capítulo 14, Fundamentos de Física Vol. 2 - Resnick 9.Ed.)

Na Fig. 14-37, uma mola de constante elástica $3,00 \times 10^4$ N/m liga uma viga rígida ao êmbolo de saída de um macaco hidráulico. Um recipiente vazio de massa desprezível está sobre o êmbolo de entrada. O êmbolo de entrada tem uma área A_e e o êmbolo de saída tem uma área $18,0A_e$. Inicialmente, a mola está relaxada. Quantos quilogramas de areia devem ser despejados (lentamente) no recipiente para que a mola sofra uma compressão de 5 cm?

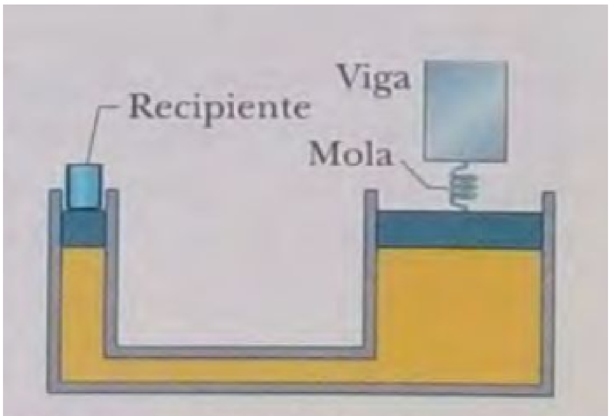


Figura 14-37 Problema 29.

Resolução P6:

Como a mola está relaxada, não há forças sobre o êmbolo de saída. Porém, se a mola for contraída, existirá a Força Elástica F_e. Como sabemos, o sentido da Força Elástica é contrário ao sentido de compressão da mola. Assim, a Força Elástica agirá sobre o êmbolo no sentido do eixo $-y$. Utilizamos o Princípio de Pascal para calcularmos a quantidade de areia m_A necessária para contrair a mola em 5 cm, como diz a questão. Assim:

$$\frac{F_E}{A_E} = \frac{F_S}{A_S}$$

Temos que a força no êmbolo de entrada é $F_E = m_A \cdot g$ (peso da areia) e sua área é A_E. A força no êmbolo de saída é $F_S = k \cdot d$ (Força Elástica F_e) e sua área é $18 \cdot A_E$. K é a constante elástica da mola e d a distância que a mola foi contraída. Logo:

$$\Rightarrow \frac{m_A \cdot g}{A_E} = \frac{k \cdot d}{18 \cdot A_E}$$
$$\Rightarrow \frac{m_A}{\cancel{A_E}} = \frac{k \cdot d}{18 \cdot g \cdot \cancel{A_E}}$$

Como 5 $cm \to 5 \times 10^{-2}$ m e $g = 9,80$ m/s^2, temos:

$$\Rightarrow m_A = \frac{3,00 \times 10^4 \cdot 5 \times 10^{-2}}{18 \cdot 9,80}$$
$$\Rightarrow m_A \approx 8,50\ kg$$

Assim, é necessário $8,50$ kg de areia para que a mola sofra uma compressão de 5 cm.

TÓPICO 2: O Princípio de Arquimedes; A Equação da Continuidade; A Equação de Bernoulli.

Problema 7 (Problema 31, pág. 82, capítulo 14, Fundamentos de Física - Halliday e Resnick . Vol.2, 9^a Ed.)

Um bloco de madeira flutua em água doce com dois terços do volume V submersos e, em óleo, $0,90V$ submersos. Determine a massa específica (a) da madeira e (b) do óleo.

Resolução P7:

Seja V o volume do bloco. Nesse caso, o volume imerso na água é $V_i = 2V/3$. Como o bloco está flutuando, de acordo com o princípio de Arquimedes o peso da água deslocada é igual ao peso do bloco, ou seja,

$$\rho_a V_i = \rho_m V,$$

em que ρ_a é a massa específica da água e ρ_m é a massa específica da madeira de que é feito o bloco.

(a) Para $V_i = 2V/3$, temos:

$$\rho_m = \tfrac{2\rho_a}{3} = 2(1000kg/m^3)/3 \simeq 6,7 \times 10^2 kg/m^3.$$

(b) Se ρ_o é a massa específica do óleo, o princípio de Arquimedes nos dá que

$$\rho_o V'_o = \rho_m V.$$

Como o volume imerso no óleo é $V'_o = 0,90V$ a massa específica do óleo é

$$\rho_o = \rho_m(\frac{V}{V'_o}) = (6,7 \times 10^2 kg/m^3)\frac{V}{0{,}90V} = 7,4 \times 10^2 kg/m^3.$$

Problema 8 (Problema número 51, pág. 84, capítulo 14, Fundamentos de Física Vol.2 – Resnick, 9.Ed.)

Uma mangueira de jardim com um diâmetro interno de 1,9 cm está ligada a um borrifador (estacionário) que consiste apenas em um recipiente com 24 furos de 0,13 cm de diâmetro. Se a água circula na mangueira com uma velocidade de 0,91 m/s, com que velocidade deixa os furos do borrifador?

Resolução P8: Dados do problema:

$$D_{mangueira} = 1,9\,cm \qquad d_{furo} = 0,13\,cm \qquad v_{mangueira} = 0,91\,m/s \qquad v_{borrifador} = ?$$

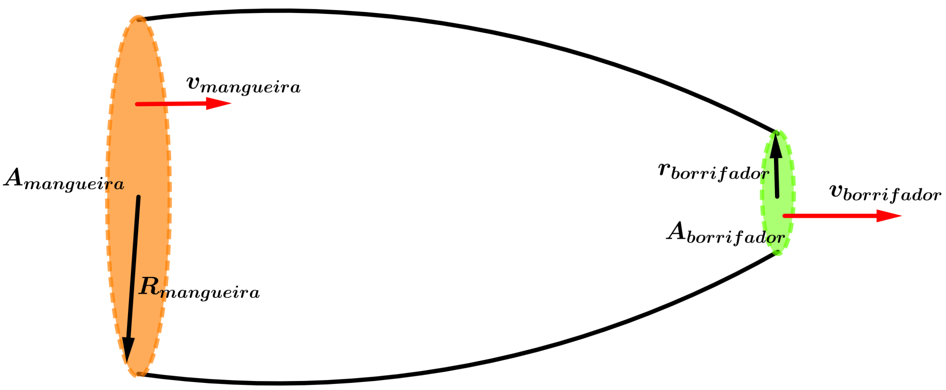
A partir dos diâmetros podemos determinar os repectivos raios:

$$\begin{cases} R_{mangueira} = \dfrac{D_{mangueira}}{2} \\ \\ r_{furo} = \dfrac{d_{furo}}{2} \end{cases}$$

A área da seção reta da mangueira é $A_{mangueira} = \pi(R_{mangueira})^2$ e a área de cada furinho do borrifador é $A_{furo} = \pi(r_{furo})^2$. Como o borrifador possui 24 furos de área A_{furo} cada, a área da seção por onde a água sairá do borrifador será:

$$A_{borrifador} = 24\pi(r_{furo})^2$$

Vejamos a ilustração da situação:



Como a vazão deve ser igual, tanto na seção reta da mangueira como do borrifador, temos da equação da continuidade que:

$$A_{mangueira} \cdot v_{mangueira} = A_{borrifador} \cdot v_{borrifador}$$

$$\cancel{\pi}(R_{mangueira})^2 \cdot v_{mangueira} = 24\cancel{\pi}(r_{furo})^2 \cdot v_{borrifador}$$

$$\left(\frac{D_{mangueira}}{2}\right)^2 \cdot v_{mangueira} = 24\left(\frac{d_{furo}}{2}\right)^2 \cdot v_{borrifador}$$

Substituindo os dados, obtemos:

$$\left(\frac{1,9\,cm}{2}\right)^2 \cdot 0,91\,m/s = 24\left(\frac{0,13\,cm}{2}\right)^2 \cdot v_{borrifador}$$

$$\frac{(1,9)^2\,\cancel{cm^2}}{\cancel{4}} \cdot 0,91\,m/s = 24 \cdot \frac{(0,13)^2\,\cancel{cm^2}}{\cancel{4}} \cdot v_{borrifador}$$

$$(1,9)^2 \cdot 0,91\,m/s = 24 \cdot (0,13)^2 \cdot v_{borrifador}$$

$$v_{borrifador} = \frac{(1,9)^2 \cdot 0,91\,m/s}{24 \cdot (0,13)^2}$$

$$v_{borrifador} = 8,1\,m/s$$

Problema 9 (Problema nº 58, pág. 84, capítulo 14, do livro Fundamentos de Física Vol.2- Resnick, 9ª Edição.)

A entrada da tubulação da Fig. 14-47 tem uma seção reta de 0,74 m^2 e a velocidade da água é 0,40 m/s. Na saída, a uma distância $D = 180$ m abaixo da entrada, a seção reta é menor que a da entrada e a velocidade da água é 9,5 m/s. Qual é a diferença de pressão entre a entrada e a saída?

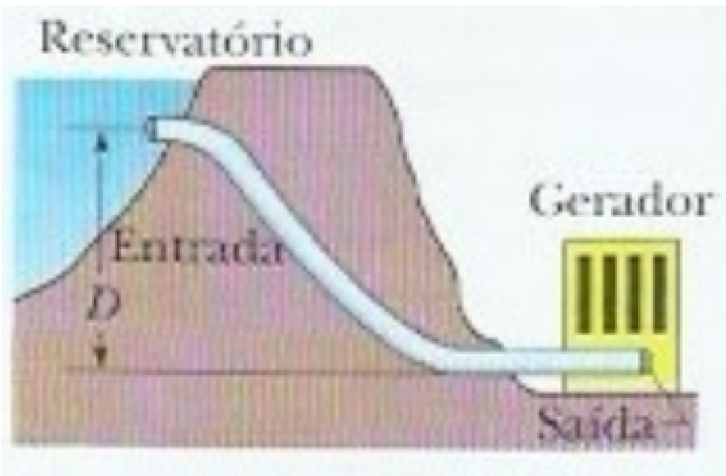


Figura 2: Figura 14-47 Problema 58

Resolução P9: Esse problema é uma aplicação direta da equação de Bernoulli, que relaciona pressão, velocidade e altura em dois pontos de um fluido em escoamento.

Equação de Bernoulli:

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g y = \text{constante} \tag{1}$$

Como a equação de Bernoulli estabelece que essa soma se mantém constante ao longo de uma linha de corrente, podemos escrever:

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g y_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g y_2 \tag{2}$$

onde:

- P_1 é a pressão na entrada;
- v_1 é a velocidade da água na entrada;
- y_1 é a altura na entrada;
- P_2 é a pressão na saída;
- v_2 é a velocidade da água na saída;
- y_2 é a altura na saída;
- ρ é a densidade da água;
- g é a aceleração da gravidade.

Para encontrar a diferença de pressão entre a entrada e a saída ($P_2 - P_1$), vamos substituir os valores fornecidos no problema na equação de Bernoulli (2):
Dados:

- $v_1 = 0{,}40\,\mathrm{m/s}$
- $v_2 = 9{,}5\,\mathrm{m/s}$
- $y_1 - y_2 = D = 180\,\mathrm{m}$
- $\rho = 1000\,\mathrm{kg/m^3}$
- $g = 9{,}8\,\mathrm{m/s^2}$

Reorganizando a equação (2) para isolar $P_2 - P_1$:

$$P_2 - P_1 = \frac{1}{2}\rho(v_1^2 - v_2^2) + \rho g(y_1 - y_2) \tag{3}$$

Substituindo os valores numéricos:

$$
\begin{aligned}
P_2 - P_1 &= \frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot \left(0{,}40^2 - 9{,}5^2\right) + 1000 \cdot 9{,}8 \cdot 180 \\
&= 500 \cdot (0{,}16 - 90{,}25) + 1000 \cdot 9{,}8 \cdot 180 \\
&= 500 \cdot (-90{,}09) + 1\,764\,000 \\
&= -45\,045 + 1\,764\,000 \\
&= \boxed{1\,718\,955\,\mathrm{Pa}}
\end{aligned}
$$

Resposta: A diferença de pressão entre a entrada e a saída é de aproximadamente

$$\boxed{1{,}72 \times 10^6\,\mathrm{Pa}}$$

Problema 10 (Questão 59, página 84, seção 14-10 livro fundamentos de física - Halliday e Resnick, vol.02, Ed.09)
A água se move com uma velocidade de $5{,}0\,\mathrm{m/s}$ em um cano com uma seção reta de $4{,}0\,\mathrm{cm}^2$. A água desce gradualmente $10\,\mathrm{m}$ enquanto a seção reta aumenta para $8{,}0\,\mathrm{cm}^2$.

(a) Qual é a velocidade da água depois da descida?

(b) Se a pressão antes da descida é $1{,}5 \times 10^5\,\mathrm{Pa}$, qual é a pressão depois da descida?

Resolução P10:

Dados:

- $v_1 = 5{,}0\,\mathrm{m/s}$
- $A_1 = 4{,}0\,\mathrm{cm}^2 = 4{,}0 \times 10^{-4}\,\mathrm{m}^2$
- $A_2 = 8{,}0\,\mathrm{cm}^2 = 8{,}0 \times 10^{-4}\,\mathrm{m}^2$
- $\Delta h = 10\,\mathrm{m}$
- $P_1 = 1{,}5 \times 10^5\,\mathrm{Pa}$
- $\rho = 1000\,\mathrm{kg/m^3}$
- $g = 9{,}8\,\mathrm{m/s^2}$

(a) Cálculo da velocidade após a descida
Pela equação da continuidade:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

$$(4{,}0 \times 10^{-4}) \cdot 5{,}0 = (8{,}0 \times 10^{-4}) \cdot v_2$$

$$v_2 = \frac{2{,}0 \times 10^{-3}}{8{,}0 \times 10^{-4}} = 2{,}5\,\mathrm{m/s}$$

(b) Cálculo da pressão após a descida

Usando a equação de Bernoulli:

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2$$

Como a água desce 10 m:

$$h_1 = 10, \quad h_2 = 0$$

Isolando P_2:

$$P_2 = P_1 + \frac{1}{2}\rho(v_1^2 - v_2^2) + \rho g(h_1 - h_2)$$

Substituindo os valores:

$$P_2 = 1{,}5 \times 10^5 + \frac{1}{2}(1000)(5^2 - 2{,}5^2) + 1000 \cdot 9{,}8 \cdot 10$$

$$P_2 = 150000 + 500 \cdot (25 - 6{,}25) + 98000$$

$$P_2 = 150000 + 9375 + 98000 = 257375\,\text{Pa}$$

Resposta Final:

$$\boxed{\begin{array}{ll} \text{(a)} & v_2 = 2{,}5\,\text{m/s} \\ \text{(b)} & P_2 = 2{,}57 \times 10^5\,\text{Pa} \end{array}}$$