

A carga de pressão (h) pode ser obtida pelos piezômetros (tubos de vidros graduados), que trabalham na escala efetiva e sempre indicam a carga de pressão - $h = \frac{p}{\gamma}$ - (Figura 8, 9 e 10)

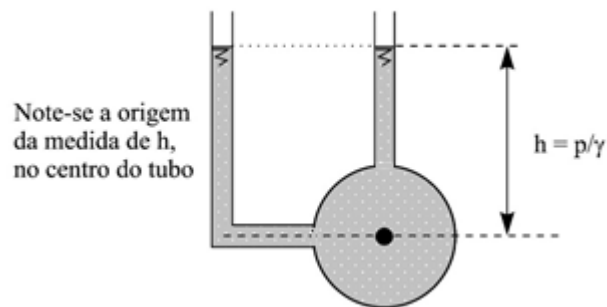


Figura 8

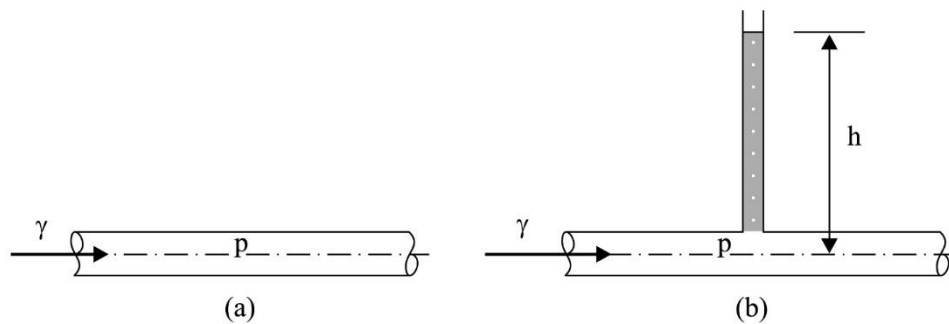


Figura 9

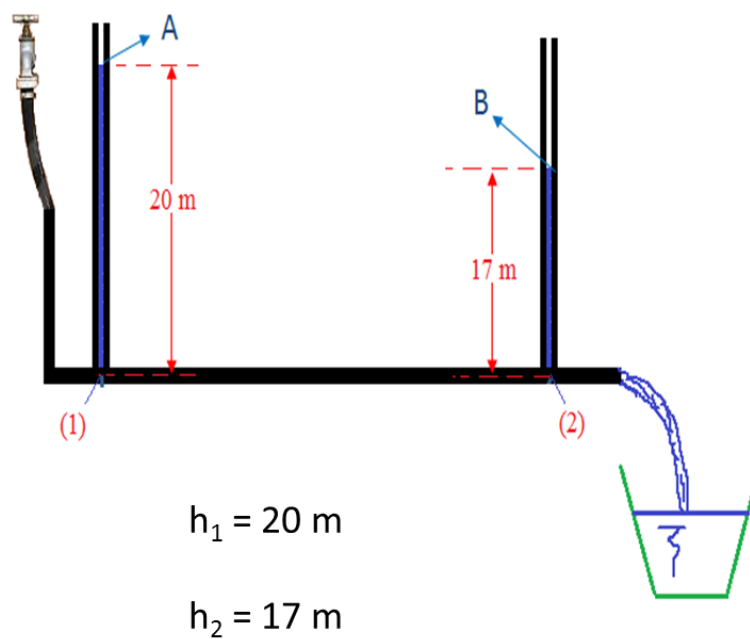
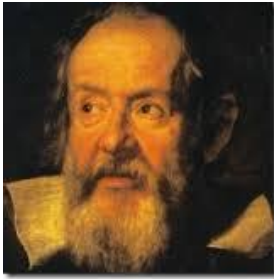


Figura 10

2.5. Teorema de Stevin



Para compreensão de seu teorema, consideramos um fluido contínuo, incompressível, em repouso e que apresenta um peso específico (γ) conhecido. Deste fluido consideramos dois pontos (1 e 2) e que se encontram a uma profundidade igual a h_1 e h_2 respectivamente como mostra a figura 11.

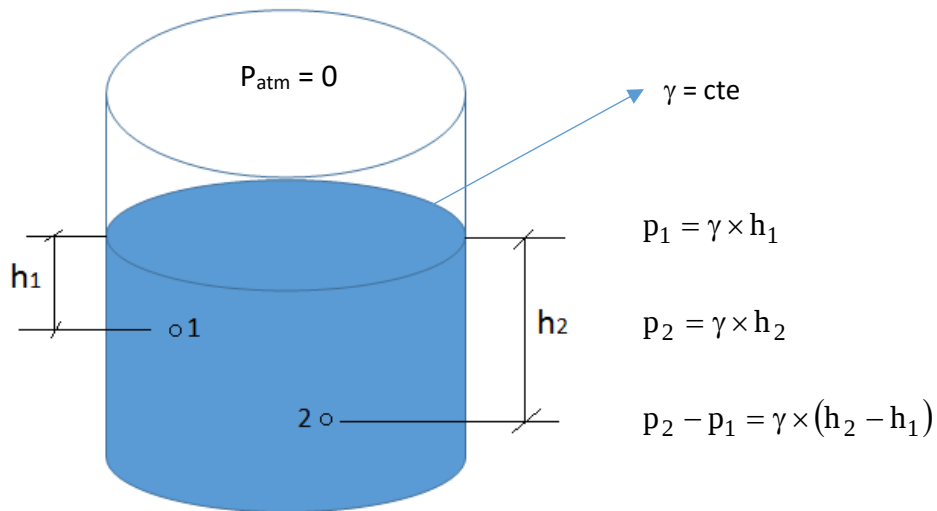


Figura 11

Enunciado do teorema de Stevin: “a diferença de pressão entre dois pontos fluidos, pertencente a um fluido contínuo, incompressível e em repouso é igual ao produto do seu peso específico pela diferença de cotas entre os pontos.”

Conclusões do teorema de Stevin (Figura 12):

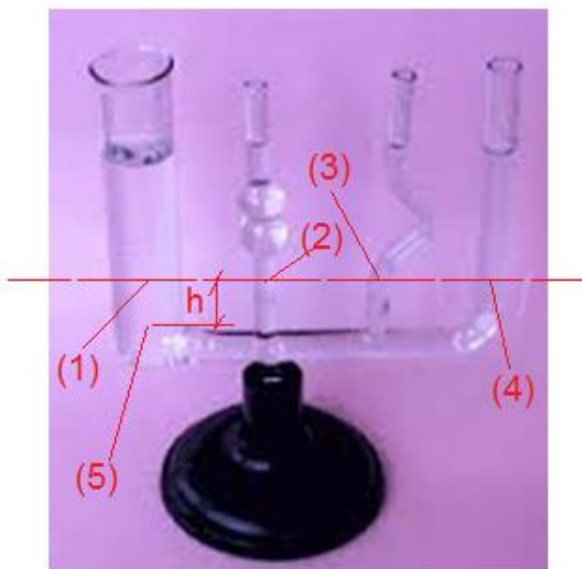
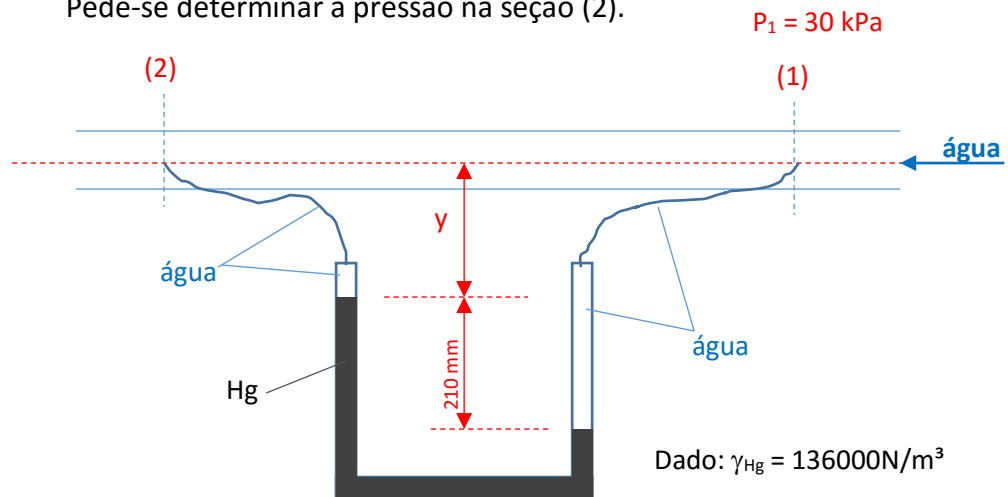


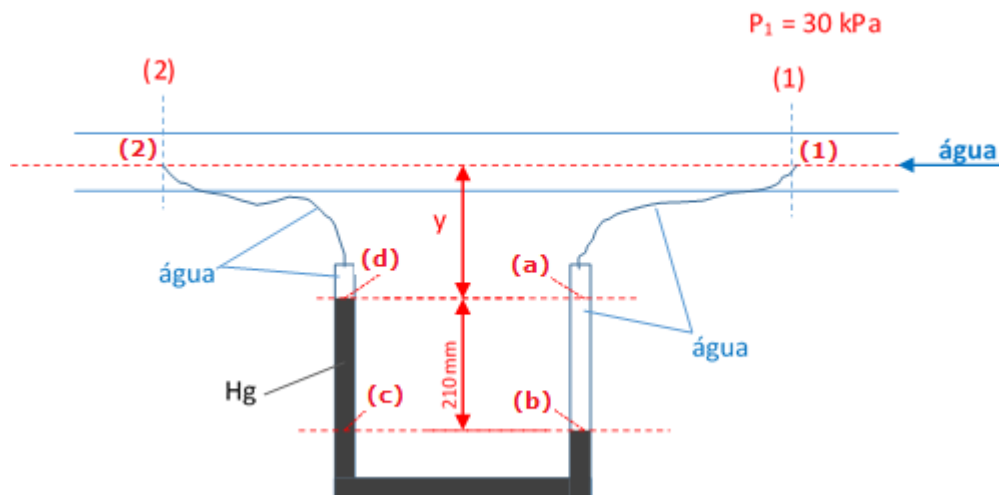
Figura 12

1. Ao traçarmos um plano horizontal em um meio fluido, todos os seus pontos estão submetidos a mesma pressão ($p_1 = p_2 = p_3 = p_4$)
2. A pressão de um ponto fluido não depende do formato do recipiente que o contém
3. A diferença de pressão não depende da distância entre os pontos, mas só da diferença de cotas ($p_1 - p_2 = p_1 - p_3 = p_1 - p_4$)

Exercício 49: A figura a seguir mostra um trecho de uma instalação hidráulica que transporta água ($\gamma_{\text{água}} = 9800 \text{ N/m}^3$) por um tubo de aço 40 com diâmetro nominal (DN) de 2", onde na seção (1) temos uma pressão de 30 kPa. Pede-se determinar a pressão na seção (2).



Vamos resolver este exercício pelo teorema de Stevin, para isso vamos considerar a nomenclatura a seguir:



$$P_a - P_1 = \gamma_{\text{água}} \times y \Rightarrow P_a = P_1 + \gamma_{\text{água}} \times y$$

$$P_b - P_a = \gamma_{\text{água}} \times 0,21 \Rightarrow P_b = P_1 + \gamma_{\text{água}} \times y + \gamma_{\text{água}} \times 0,21$$

$$P_b = P_c$$

$$P_c - P_d = \gamma_{\text{Hg}} \times 0,21 \Rightarrow P_d = P_1 + \gamma_{\text{água}} \times y + \gamma_{\text{água}} \times 0,21 - \gamma_{\text{Hg}} \times 0,21$$

$$P_d - P_2 = \gamma_{\text{água}} \times y \Rightarrow P_2 = P_1 + \gamma_{\text{água}} \times y + \gamma_{\text{água}} \times 0,21 - \gamma_{\text{Hg}} \times 0,21 - \gamma_{\text{água}} \times y$$

$$P_2 = 30000 + 9800 \times 0,21 - 136000 \times 0,21 = 3498 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Importante observar que a viscosidade do fluido foi a responsável pela queda de pressão observada da seção (1) para a seção (2) e este valor fica constante para um escoamento em regime permanente e só será alterado se houver uma variação da vazão que alimenta o tubo considerado.



$$\text{vazão} = \frac{\text{volume}}{\text{tempo}} = \frac{V}{t}$$

ou

$$\text{vazão} = \text{velocidade média} \times \text{área}$$

$$Q = v \times A$$

Para facilitar a compreensão do mencionado anteriormente, considerando uma mangueira alimentada pela torneira, onde foi feito dois furos e instalados dois piezômetros nas seções (1) e (2) (figura 13).

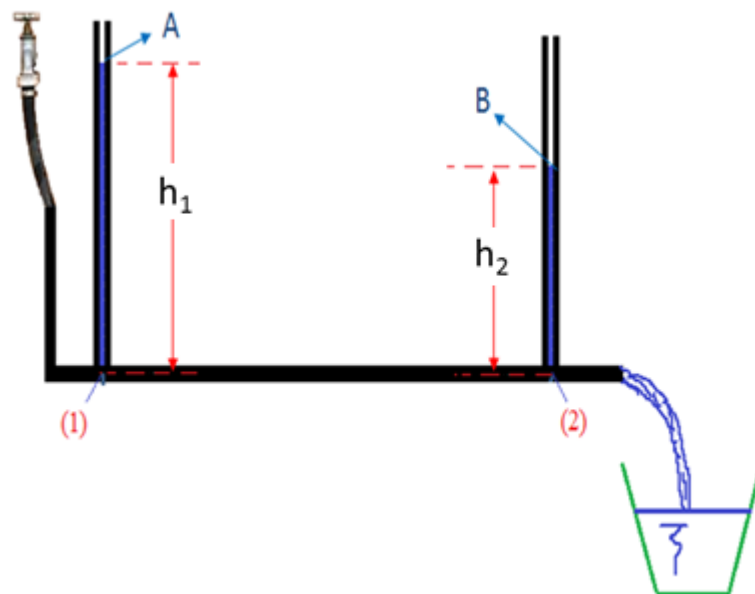
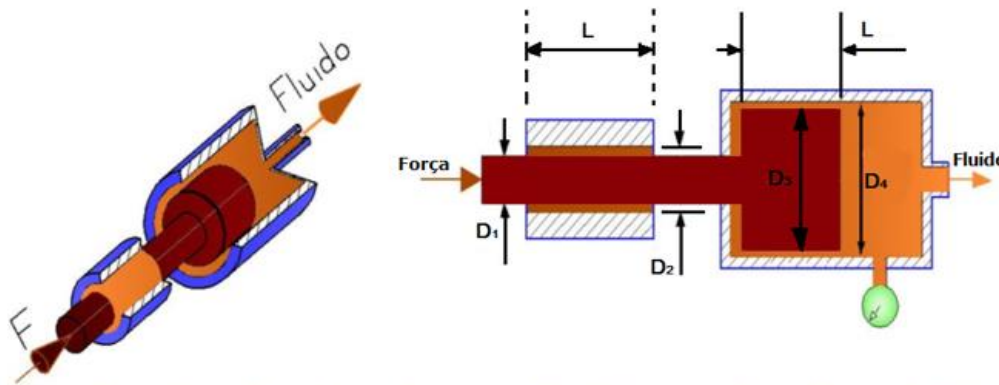


Figura 13

Exercício 50: O pistão de uma máquina injetora de plástico empurra o material para a matriz através de um orifício, o pistão é empurrado por uma força $F = 6.000 \text{ N}$, com uma pressão de 80 kPa , indicada pelo manômetro. Entre o pistão e o cilindro existe uma película do material, cuja a viscosidade é $0,1 \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$. O mancal da haste do pistão é lubrificado com um óleo de mesma viscosidade. Sendo as dimensões mostradas na figura, qual a vazão em volume do material do plástico no orifício?

Dados: $D_1 = 10 \text{ cm}$; $D_2 = 10,01 \text{ cm}$; $D_3 = 30 \text{ cm}$; $D_4 = 30,01 \text{ cm}$; $L = 40 \text{ cm}$.



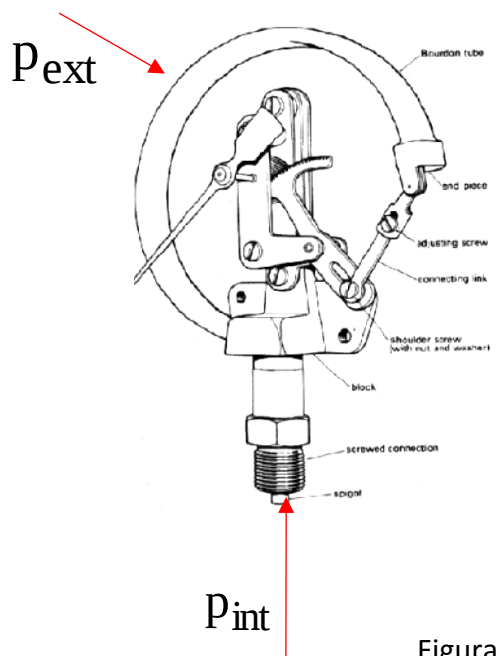
Desenhos elaborados pelo ex-monitor, hoje engenheiro, Bruno de Oliveira Chen

Nota: assista a solução desse exercício no meu canal do YouTube Alemão MecFlu resolve no endereço: <https://www.youtube.com/watch?v=BdBwefmWDJO>

2.6. Manômetro metálico tipo Bourdon

Através dele, lemos a pressão manométrica (p_m), que é sinônimo de pressão efetiva, ou seja, definida na escala que adota como zero a pressão atmosférica local.

Na figura 15, vemos o funcionamento de um manômetro metálico tipo Bourdon.



$$P_m = P_{int} - P_{ext}$$



Figura 15

Os manômetros metálicos podem apresentar a seguinte classificação em função de suas escalas de pressão:

Manômetro = escala só positiva



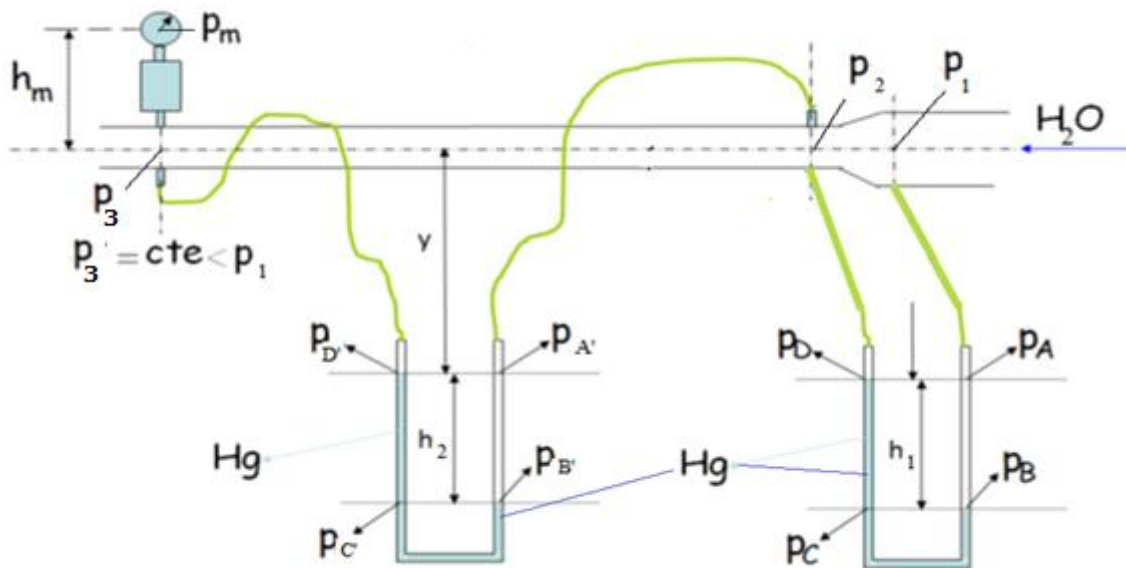
manovacuômetro = negativa e positiva



Vacuômetro = só escala negativa



Exercício 51: Achar p_1 do sistema a seguir



Os dados deste exercício foram coletados na bancada de laboratório e podem ser obtidos no meu canal do YouTube Alemão MecFlu Resolve no endereço:

<https://youtu.be/FEnuE78NObs>



Dados:

$\rho_{\text{água}} = 996,7 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}; h_1 = \text{--- mm}; h_2 = \text{--- mm};$

$\rho_{Hg} = 13534 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}; p_m = \text{--- psi}; H = h_m = \text{--- mm};$

$g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$

Vamos resolver problema!

Nota: teorema de Stevin aplicado a um gás, a utilização dos manômetros metálicos tipo Bourdon.

Vamos aplicar o teorema de Stevin em gás, para isto, evocamos os exercícios 32 e 42, neles calculamos a pressão do ar em um pneu (figura 13).



Figura 13

Nestes exercícios, observamos que todos os pontos, no interior do pneu, estão submetidos praticamente a mesma pressão, isto porque, o peso específico do ar é desprezível quando comparado aos pesos específicos dos líquidos, portanto:

$$p_{2_{\text{gás}}} - p_{1_{\text{gás}}} = \gamma_{\text{gás}} \times h \cong 0 \Rightarrow p_{\text{gás}} \cong \text{cte}$$

No caso do ar, geralmente consideramos variações da sua pressão para **$h > 100 \text{ m}$** .

Em postos de gasolina a leitura da pressão do ar no interior do pneu, geralmente, é feita pelos manômetros metálicos tipo Bourdon (figura 14).

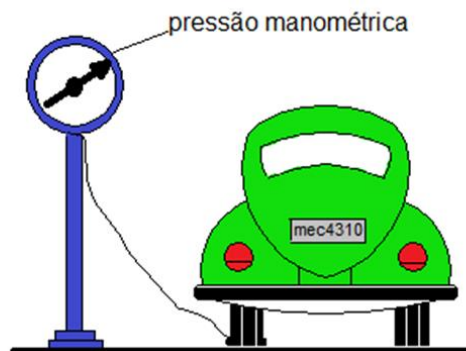


Figura 14

2.7. Barômetro

É o aparelho que permite determinar a pressão atmosférica local, que é também denominada de pressão barométrica (figura 16)

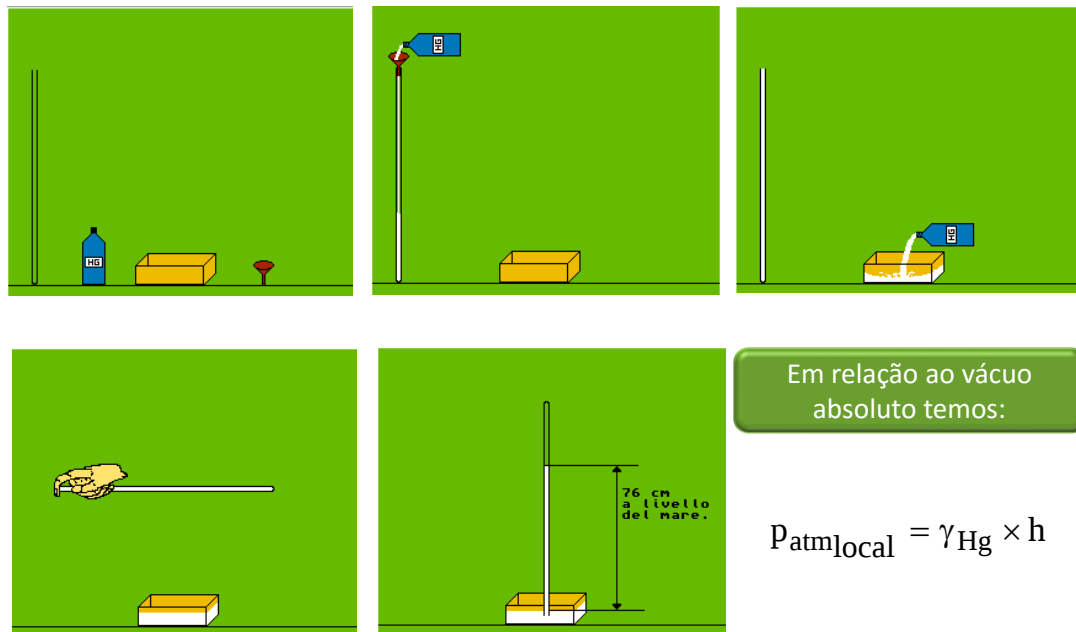
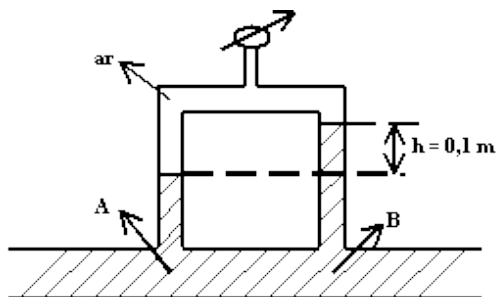


Figura 16

O barômetro trabalha na escala absoluta que é aquela que adota como zero o vácuo absoluto, portanto nesta escala só temos pressões positivas, teoricamente, poderíamos ter a pressão igual a zero que corresponderia a pressão no vácuo absoluto.

Exercício 52: O dispositivo mostrado na figura abaixo mede o diferencial de pressão entre os pontos A e B de uma tubulação por onde escoa água.



Dados:

$$\rho_{\text{água}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3};$$

$$\rho_{\text{ar}} = 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}; g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Com base nos dados apresentados na figura, pede-se:

1. determinar o diferencial de pressão entre os pontos A e B, em Pa;
2. calcular a pressão absoluta no interior da camada de ar, sendo a leitura do manômetro de Bourdon $P_{man} = 10^4 \text{ Pa}$, e a pressão atmosférica local $P_{atm} = 10^5 \text{ Pa}$.

Exercício 53: Um manômetro diferencial é instalado entre dois condutos por onde escoo o mesmo fluido, de massa específica 800 kg/m^3 , como mostra a figura. A pressão no tubo (2) é constante e igual a 114 kPa . Quando, numa primeira situação $p_1 = 1900 \text{ mmHg}$, o nível do fluido manométrico na coluna esquerda coincide com o zero da escala. Determinar a altura do fluido manométrico, na coluna da direita, em relação ao zero da escala, quando a pressão em (1) aumenta para 2280 mmHg ($\gamma_{Hg} = 1,36 \times 10^5 \text{ N/m}^3$)

