

2.8. Escala absoluta

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.

2.8.1. Diagrama comparativo entre escalas de pressão (figura 18)

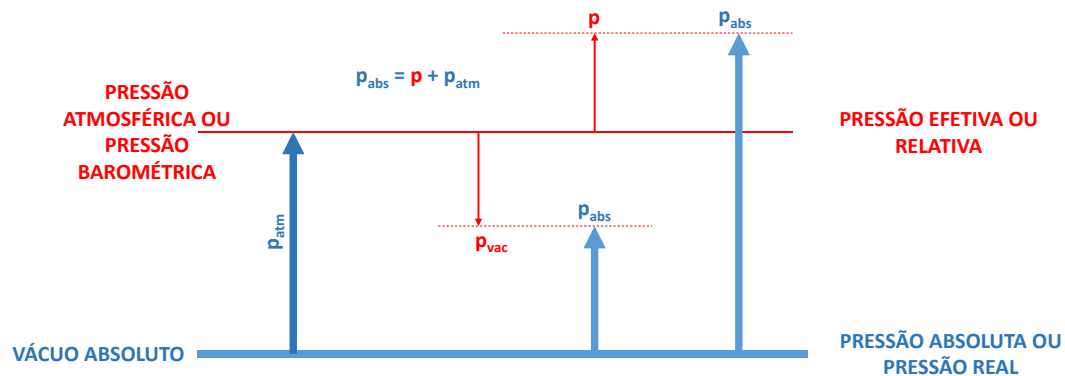


Figura 18

$$P_{\text{absoluta}} = P_{\text{efetiva}} + P_{\text{barométrica}}$$

$$\therefore P_{\text{absoluta}} = P_{\text{efetiva}} + P_{\text{atm_local}}$$

equação 25

Importante: pressão manométrica é diferente de pressão barométrica (figura 18)



Figura 18

2.9. Equação manométrica

É a equação que aplicada nos manômetros de coluna de líquidos, resulta em uma diferença de pressões entre dois pontos fluidos, ou na pressão de um ponto fluido.

Para se obter a equação manométrica, deve-se adotar um dos dois pontos como referência. Parte-se deste ponto, marcando a pressão que atua no mesmo e a ela soma-se os produtos dos pesos específicos com as colunas descendentes ($+\Sigma\gamma \cdot h_{\text{descendente}}$), subtrai-se os produtos dos pesos específicos com as colunas ascendentes ($-\Sigma\gamma \cdot h_{\text{ascendente}}$) e iguala-se à pressão que atua no ponto não escolhido como referência.

Adotando como referência o ponto (1) e aplicando-se a equação manométrica ao esboço representado pela figura 19, resulta:

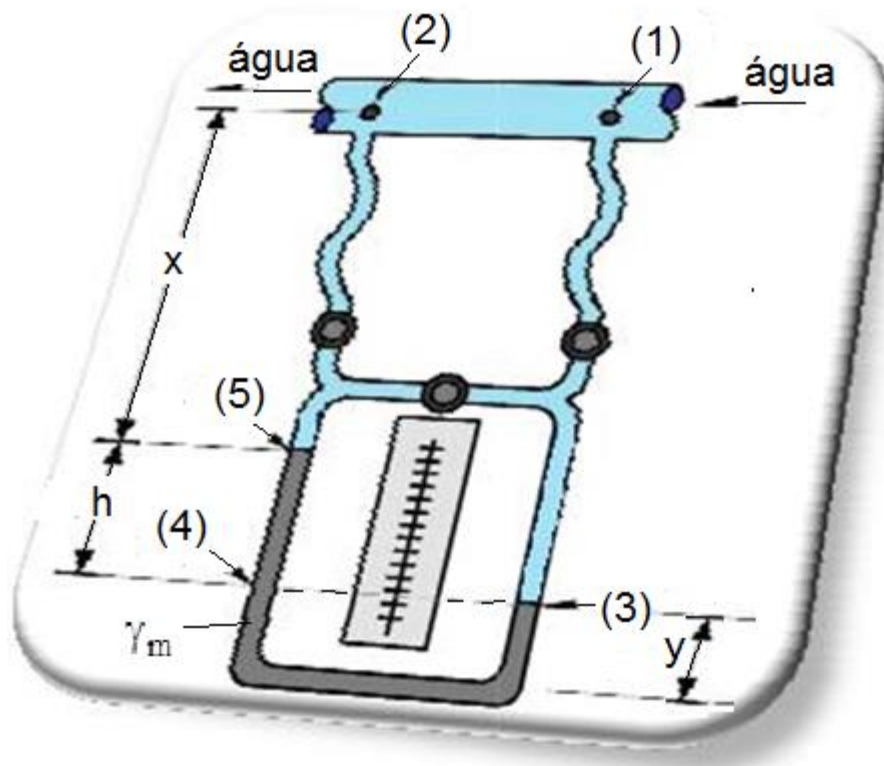


Figura 19

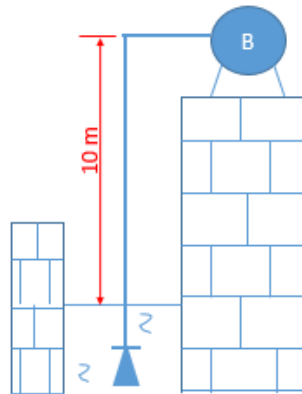
$$p_1 + \gamma_{\text{água}} \times x + \gamma_{\text{água}} \times h + \gamma_m \times y - \gamma_m \times y - \gamma_m \times h - \gamma_{\text{água}} \times x = p_2$$

$$p_1 - p_2 = h \times (\gamma_m - \gamma_{\text{água}})$$



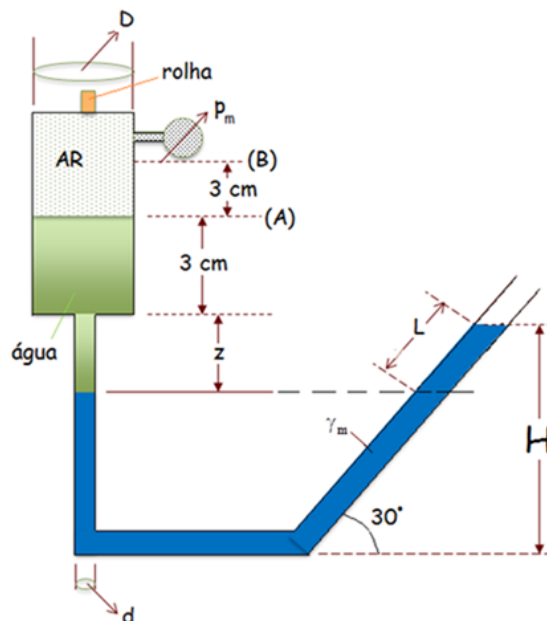
Equação manométrica para a figura 19

Exercício 54: A instalação, representada abaixo, tem uma bomba centrífuga de 1,5CV e se encontra em local com pressão barométrica igual a 698 mmHg, neste caso, ela irá funcionar? Justifique

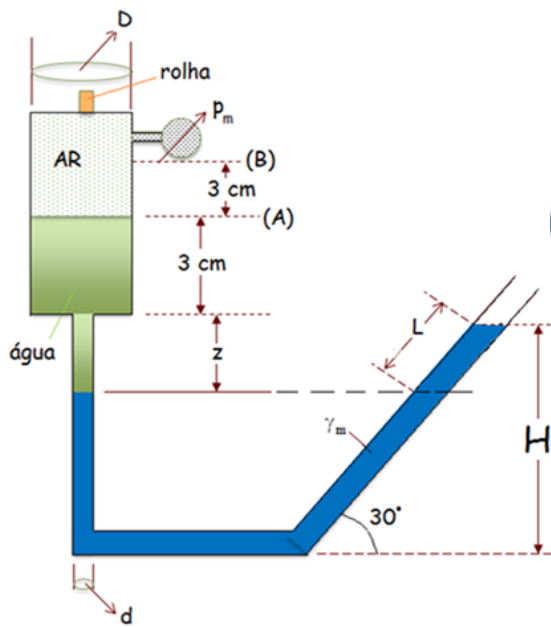


Exercício 55: Na figura, a superfície da água está em (A), pois neste nível a pressão absoluta do ar é de 104 kPa. Nesta condição a leitura L é de 68 cm, a leitura no manômetro metálico é de 0,8 mca e a cota z de 25 cm. Ao retirar a rolha, a superfície da água passa para o nível (B). Sendo o peso específico da água de 9800 N/m^3 , a massa específica do mercúrio de 13600 kg/m^3 e o diâmetro do reservatório $D = 13 \text{ cm}$. Pede-se:

- Qual o peso específico do fluido manométrico (γ_m)?
- Qual a leitura barométrica local em mmHg?
- Se na condição da figura (com a rolha), temos a cota $H = 65 \text{ cm}$; qual será a nova cota H quando se retirar a rolha?
- Qual o valor do diâmetro d ?



Solução do exercício 55



Equação manométrica de (A) até a superfície livre do fluido manométrico. Adotando (A) como origem, temos:

$$p_{ar} + (0,03 + z) \times \gamma_{\text{água}} - L \times \text{sen}30^0 \times \gamma_m = p_{atm}$$

$$p_{ar} + (0,03 + 0,25) \times 9800 - 0,68 \times \text{sen}30^0 \times \gamma_m = p_{atm}$$



Trabalhando na escala efetiva, ou seja, aquela que adota como zero a pressão atmosférica local (leitura barométrica), temos:

$$p_{ar} = p_m = 0,8 \text{ mca} = 0,8 \times 9800 = 7840 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$7840 + (0,03 + 0,25) \times 9800 - 0,68 \times \text{sen}30^0 \times \gamma_m = 0$$

$$7840 + 2744 = 0,34 \times \gamma_m \therefore \gamma_m = \frac{10584}{0,34} \cong 31129,4 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$$

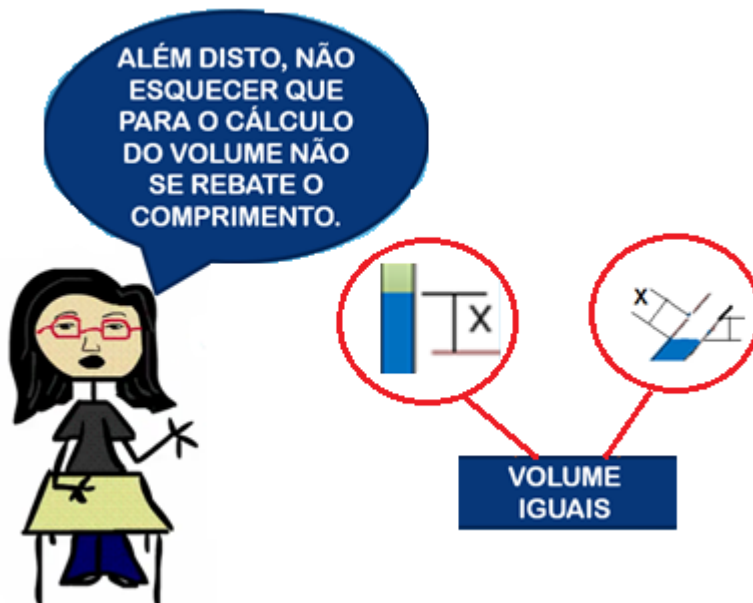
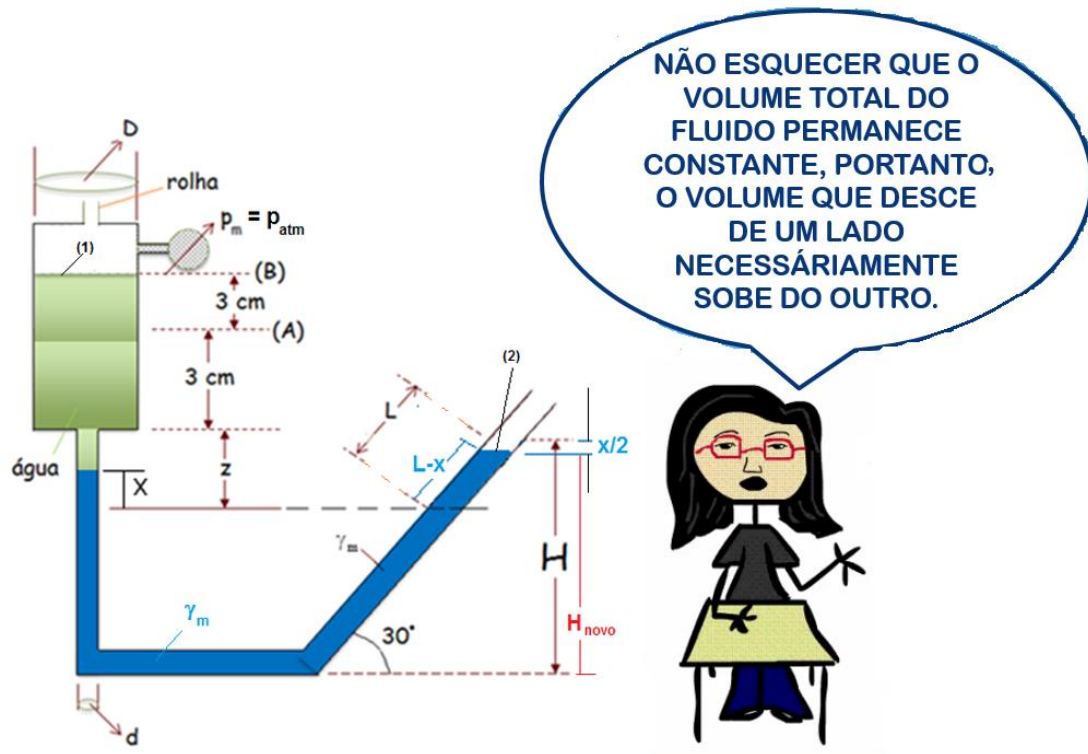
Respondido o item a, vamos partir para o item b, onde desejamos obter a leitura barométrica em mmHg. Para resolver este item, lembramos da relação entre a pressão absoluta e a pressão efetiva:

$$p_{abs} = p_{efetiva} + p_{atm_{local}} \therefore p_{ar_{abs}} = p_{ar} + p_{atm_{local}}$$

$$104000 = 7840 + p_{atm_{local}}$$

$$p_{atm_{local}} = 96160 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Retirando a rolha, temos o manômetro metálico registrando zero, isto porque a pressão reinante no reservatório passou a ser a pressão atmosférica local, o que origina uma movimentação instantânea do sistema, criando uma nova posição de equilíbrio, como vemos na figura a seguir:



Ao retirar a rolha a água sobe até B, portanto um volume V_1 foi deslocado em consequência o fluido manométrico sobe x na vertical e desce no ramo inclinado x .

$$V_1 = A_{\text{base}} \times \text{altura} = \frac{\pi \times 13^2}{4} \times 3 = 398,2 \text{ cm}^2$$

$$398,2 = \frac{\pi \times d^2}{4} \times x$$

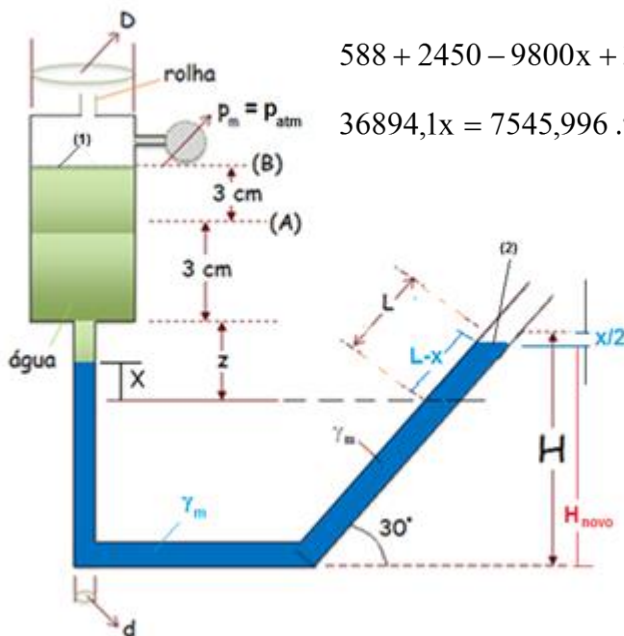


Temos uma equação com duas incógnitas, portanto temos que buscar uma outra equação que no caso será a equação manométrica aplicada de (1) a (2), onde adotaremos a origem em (1).

$$p_1 + 0,06 \times \gamma_{\text{água}} + (z - x) \times \gamma_{\text{água}} + x \times \gamma_m - (L - x) \times \text{sen} 30^\circ \times \gamma_m = p_2$$

$$p_1 = p_2 = p_{\text{atm}}$$

$$0,06 \times 9800 + (0,25 - x) \times 9800 + x \times 31129,4 - (0,68 - x) \times 0,5 \times 31129,4 = 0$$



$$588 + 2450 - 9800x + 31129,4x - 10583,996 + 15564,7x = 0$$

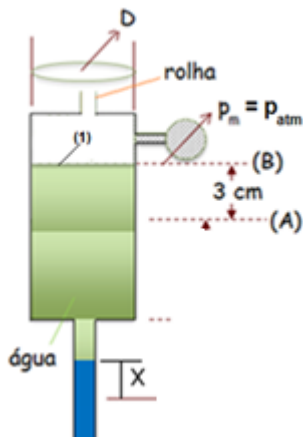
$$36894,1x = 7545,996 \therefore x = \frac{7545,996}{36894,1} \cong 0,205 \text{ m} = 20,5 \text{ cm}$$

$$H_{\text{nova}} = H - \frac{x}{2}$$

$$H_{\text{nova}} = 65 - \frac{20,5}{2}$$

$$H_{\text{nova}} = 54,75 \text{ cm}$$

Vamos agora pensar no item d). Para tal, lembremos que não pode haver variação de volume dos líquidos. Portanto, o volume que subiu no reservatório de diâmetro D é igual ao volume que subiu em d .



$$3 \times \frac{\pi \times D^2}{4} = x \times \frac{\pi \times d^2}{4}$$

$$3 \times \frac{\pi \times 13^2}{4} = 20,5 \times \frac{\pi \times d^2}{4}$$

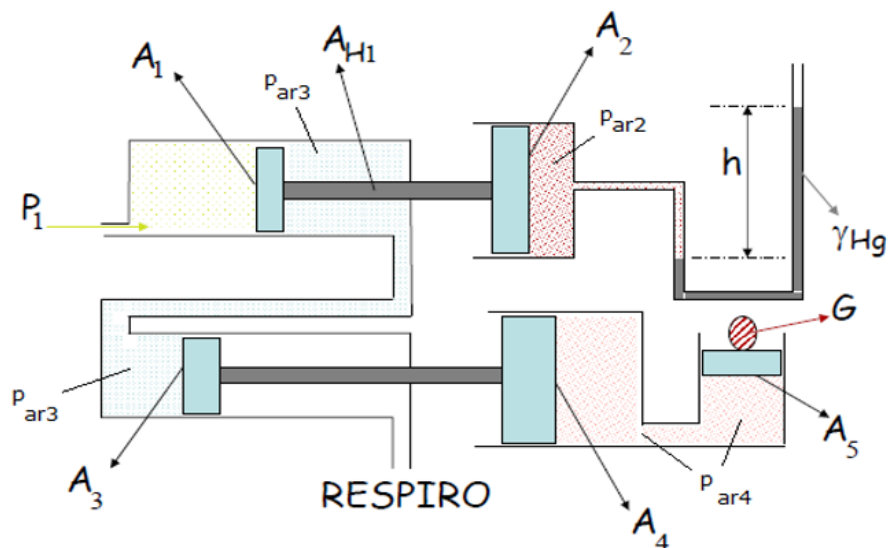
$$d = \sqrt{\frac{3 \times 13^2}{20,5}} \cong 4,97 \text{ cm}$$

Exercício 56: Este exercício corresponde ao exercício 2.1 da bibliografia básica, ou seja, do livro do professor Franco Brunetti.

No sistema da figura, desprezando-se o desnível entre os cilindros, determinar o peso G , que pode ser suportado pelo pistão V . Desprezar os atritos. Dados:

$$p_1 = 500 \text{ kPa}; A_I = 10 \text{ cm}^2; A_{H1} = 2 \text{ cm}^2; A_{II} = 2,5 \text{ cm}^2; A_{III} = 5 \text{ cm}^2;$$

$$A_{IV} = 20 \text{ cm}^2; A_V = 10 \text{ cm}^2; h = 2 \text{ m}; \gamma_{\text{Hg}} = 136000 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$$



Assistam à solução no YouTube e se gostarem não esqueçam de clicar no gostei (👍) e se inscrever no canal Alemão Mecflu Resolve

<https://www.youtube.com/watch?v=WDW3bnzA9TY>

2.10. Lei de Pascal

“A pressão em torno de um ponto fluido contínuo, incompressível e em repouso é igual em todas as direções, e ao aplicar-se uma pressão em um de seus pontos, esta será transmitida integralmente a todos os demais pontos.”

Apesar da lei de Pascal ter sido enunciada em 1620, foi no século passado que ela passou a ser usada industrialmente, principalmente em sistemas hidráulicos.

Os sistemas hidráulicos conseguem eliminar mecanismos complicados como: cames (excêntricos), engrenagens, alavancas, etc. ...

O fluido hidráulico não está sujeito a quebras tais como as peças mecânicas, ou ...

Quando um golpe é desferido na extremidade de uma barra de metal, a sua direção não será alterada, a não ser através do uso de engrenagens e outros mecanismos complexos. Já em um fluido hidráulico, a força é transmitida não só diretamente através dele a outra extremidade, mas também em todas as direções do fluido. (Figura 20)



Exercício 57: Um reservatório cúbico de 42875 litros aberto à atmosfera tem $\frac{3}{5}$ de sua capacidade preenchida por um líquido de massa específica relativa igual a 0,82, pede-se determinar a pressão que atua em seu fundo nas escalas efetiva e absoluta. **Dados:** leitura barométrica igual a 695 mmHg e a massa específica relativa do mercúrio igual a 13,6.

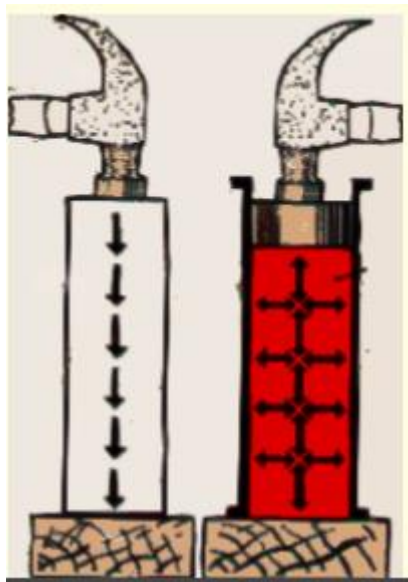
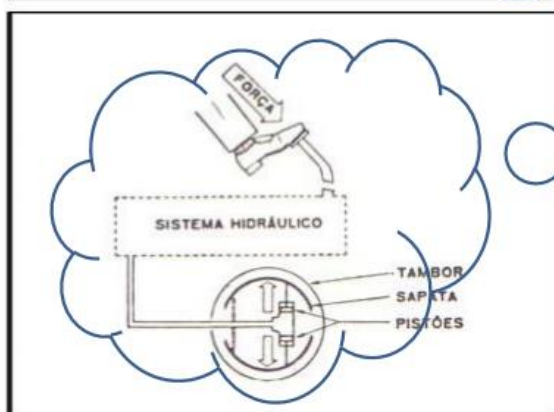
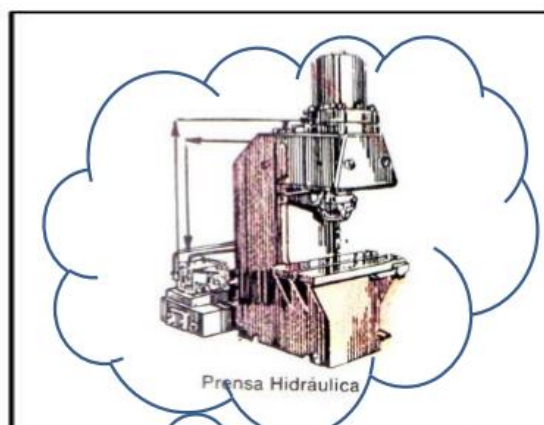
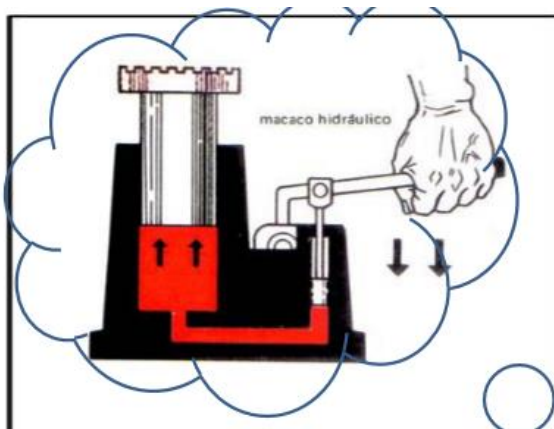
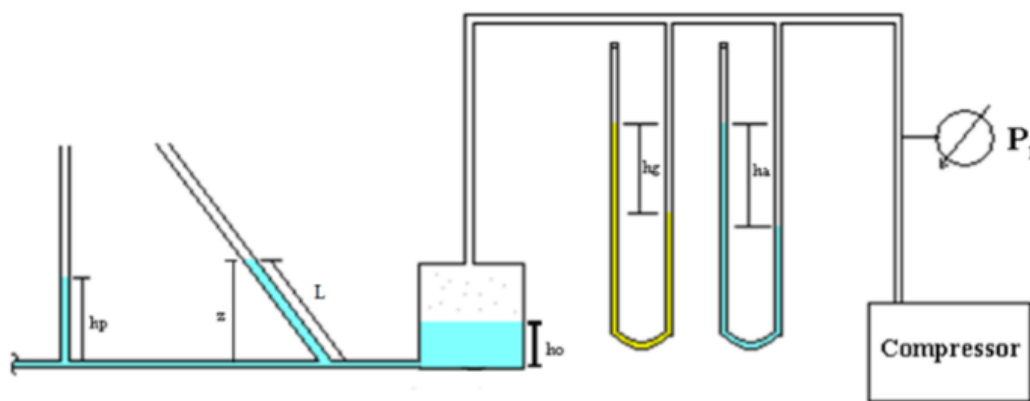


Figura 20



Exercício 58: Um compressor gera uma pressão que pode ser lida no manômetro metálico tipo Bourdon 1. Quando o mesmo registra uma pressão p_1 em mmca, temos a mesma agindo em dois manômetros de coluna de fluido em forma de U, um com a água com corante como fluido manométrico e o outro com a glicerina onde, temos os desníveis h_a e h_g , respectivamente. A mesma pressão é aplicada num recipiente fechado que contem água a uma altura h_0 e que está conectado na parte inferior a uma mangueira na qual foram instalados dois piezômetros, um inclinado e outro na vertical onde registramos respectivamente L e h_p . Pede-se:

- a) a massa específica e o peso específico da água e da glicerina;
- b) O ângulo de inclinação do tubo.



Água

Glicerina

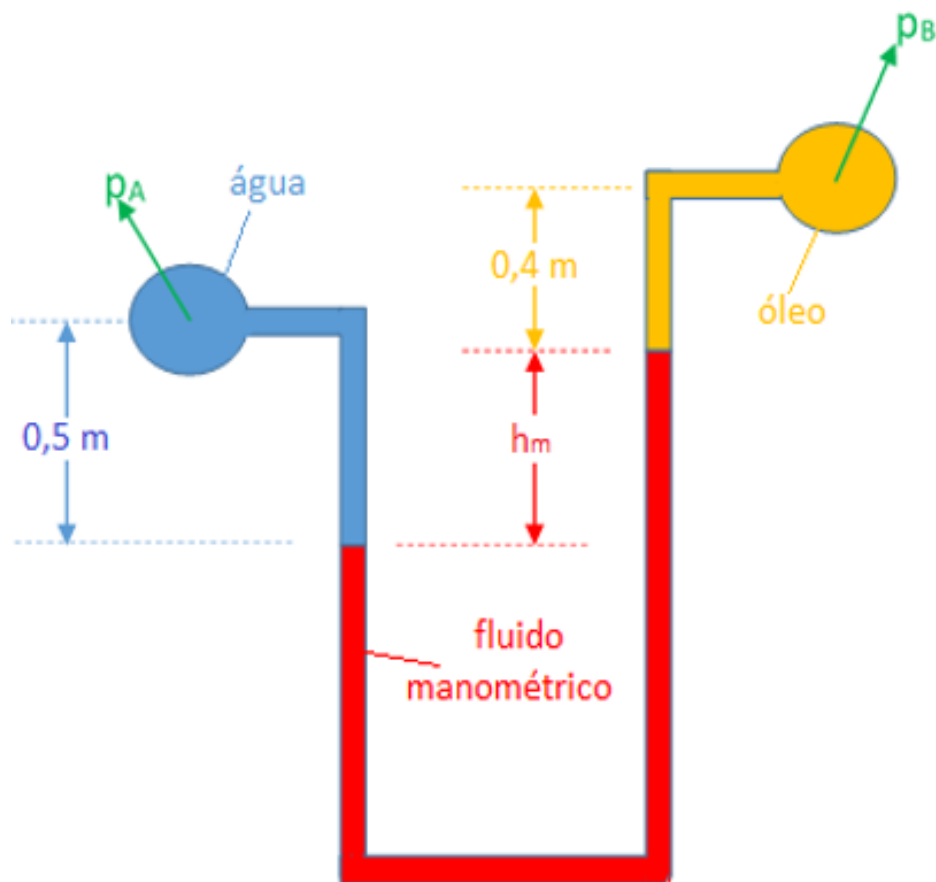
Dados:

Funcionamento 1	
p_1 (mmca)	210
h_a (mm)	228
h_g (mm)	163
g (m/s ²)	9,8

Funcionamento 2	
p_1 (mmca)	300
h_0 (mm)	120
L (mm)	470

Exercício 59: Sabendo que o sistema a seguir encontra-se em repouso, pede-se determinar o desnível h do fluido manométrico que apresenta um peso específico igual a 26265 N/m^3 . Sabe-se que a pressão no ponto A é 45640 N/m^2 e que a pressão absoluta no ponto B é igual a 118840 Pa .

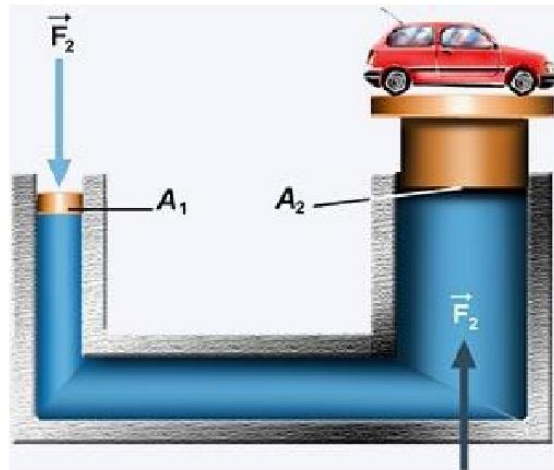
Dados: pressão atmosférica local igual a 95200 Pa ; peso específico da água igual a 9800 N/m^3 e peso específico do óleo igual a 8036 N/m^3 .



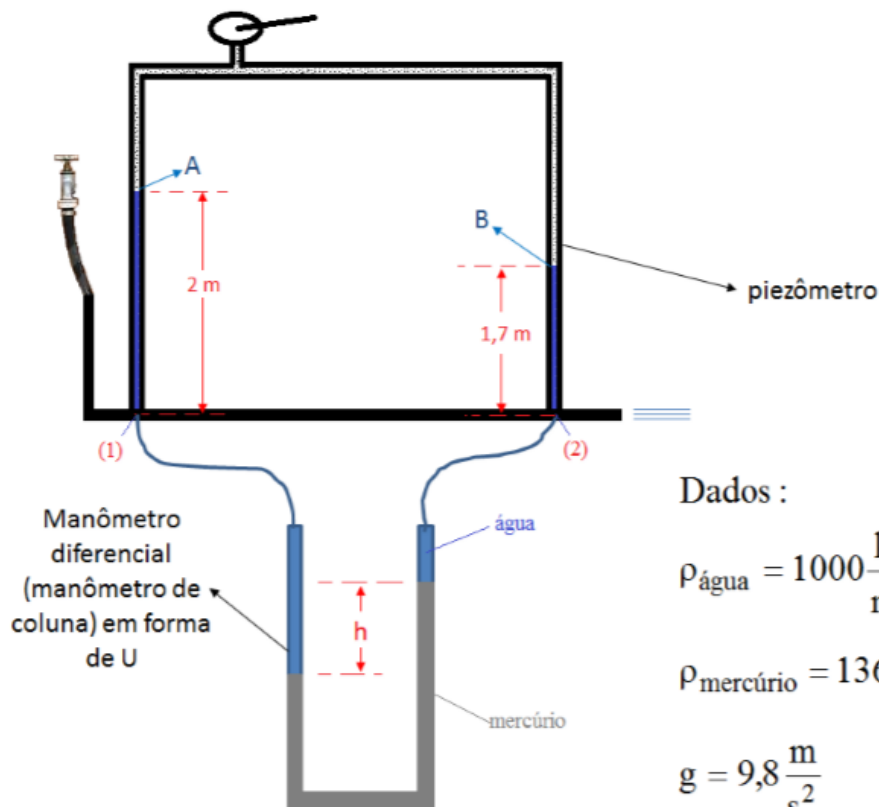
Assistam às soluções dos exercícios 57 e 59 no YouTube e se gostarem não esqueçam de clicar no gostei (👍) e se inscrever no canal Alemão Mecflu Resolve

<https://youtu.be/yqXgFagSK14>

Exercício 60: Para suspender um carro de 1500 kg usa-se um elevador hidráulico, que é mostrado a seguir. Os cilindros são dotados de pistões, que podem se mover dentro deles. O pistão maior tem um cilindro com área $A_2 = 5,0 \times 10^3 \text{ cm}^2$, e o menor tem área de $A_1 = 0,010 \text{ m}^2$. Qual deve ser a força aplicada ao pistão menor, para equilibrar o carro?



Exercício 61: Para diminuir as cargas de pressão lidas pelos piezômetros da figura optou-se em injetar um ar comprimido sobre os mesmos. Pede-se determinar as pressões p_1 e p_2 , bem como o desnível h do mercúrio.

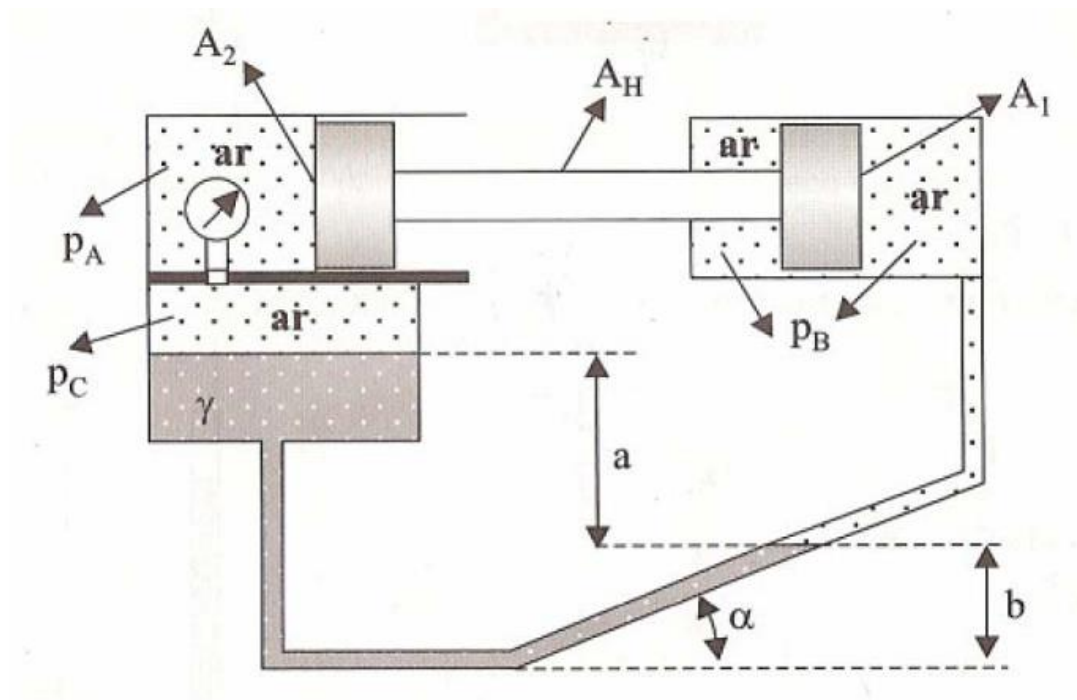


Assistam às soluções dos exercícios 60 e 61 no YouTube e se gostarem não esqueçam de clicar no gostei (👍) e se inscrever no canal Alemão Mecflu Resolve

<https://youtu.be/AB0FPe3i UM>

Exercício 62: Este exercício corresponde ao exercício 2.9 da bibliografia básica, ou seja, do livro do professor Franco Brunetti.

No dispositivo da figura, a leitura do manômetro é 30 kPa e a relação de áreas dos pistões é A_2/A_1 igual a 2. A pressão atmosférica no local é 700 mmHg. Estando o sistema em equilíbrio, pede-se a pressão p_B na escala absoluta em mca. Dados: $\gamma = 27000 \text{ N/m}^2$; $a = 100 \text{ cm}$; $b = 80 \text{ cm}$; $\gamma_{\text{Hg}} = 136000 \text{ N/m}^3$; $\gamma_{\text{água}} = 10000 \text{ N/m}^3$; $A_1/A_H = 2$ e $\alpha = 30^\circ$.



Assistam à solução do exercício 62 no YouTube e se gostarem não esqueçam de clicar no gostei (👍) e se inscrever no canal Alemão Mecflu Resolve

<https://youtu.be/yADignS6ygQ>

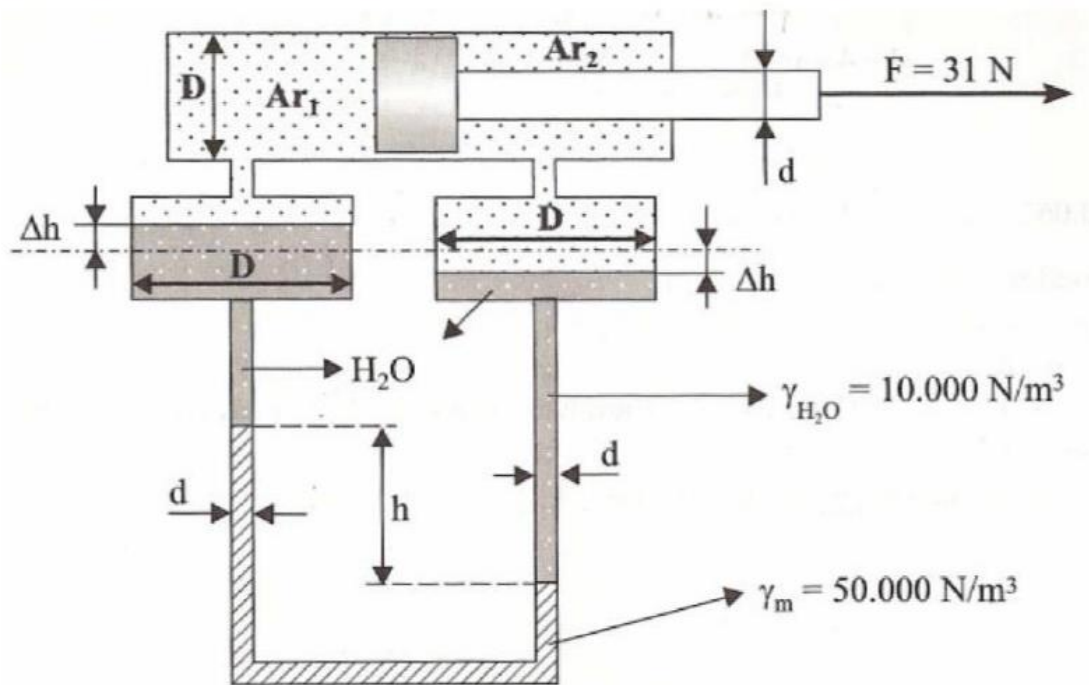
Exercício 63: Este exercício corresponde ao exercício 2.13 da bibliografia básica, ou seja, do livro do professor Franco Brunetti.

Na figura a seguir o sistema está em equilíbrio estático. Pede-se:

- p_{ar1} em mmHg (abs)
- p_{ar2} em mca.

Dados: $D = 71,4 \text{ mm}$; $d = 35,7 \text{ mm}$; $h = 400 \text{ mm}$; $p_{atm} = 684 \text{ mmHg}$;

$\gamma_{Hg} = 136000 \text{ N/m}^3$; para $F = 0 \rightarrow h = 0$



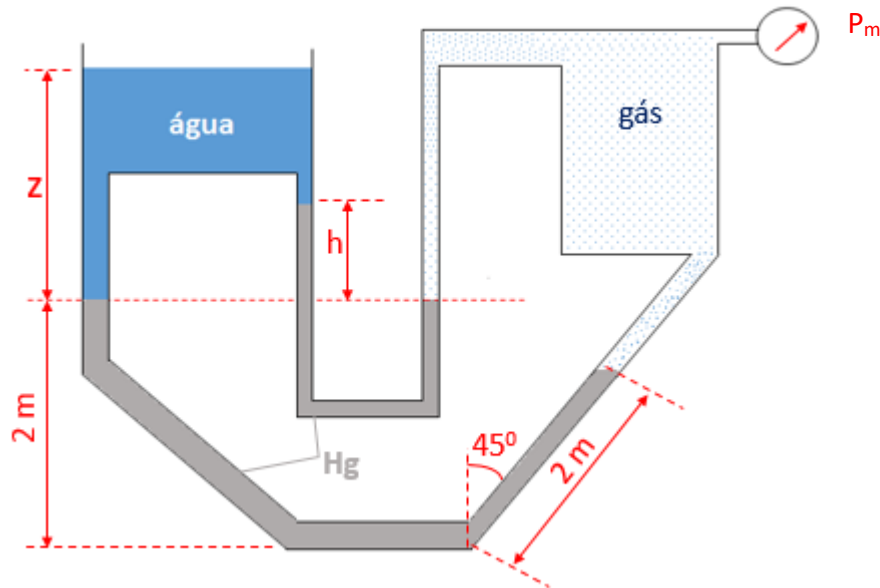
Assistam à solução do exercício 63 no YouTube e se gostarem não esqueçam de clicar no gostei (👍) e se inscrever no canal Alemão Mecflu Resolve

<https://youtu.be/XJeGYCkOTwY>

Exercício 64: Na figura mostrada a seguir a constante do gás é $300 \text{ m}^2/(\text{s}^2 \cdot \text{K})$; os diversos fluidos estão em equilíbrio a 27°C e nesta condição a massa específica do gás é de 2 kg/m^3 . Pede-se determinar:

- a leitura do manômetro metálico (kPa);
- A cota z em mm;
- A cota h em mm.

Dados: leitura barométrica igual a 690 mmHg ; $\gamma_{\text{água}} = 9800 \text{ N/m}^3$ e $\gamma_{\text{Hg}} = 136000 \text{ N/m}^3$.

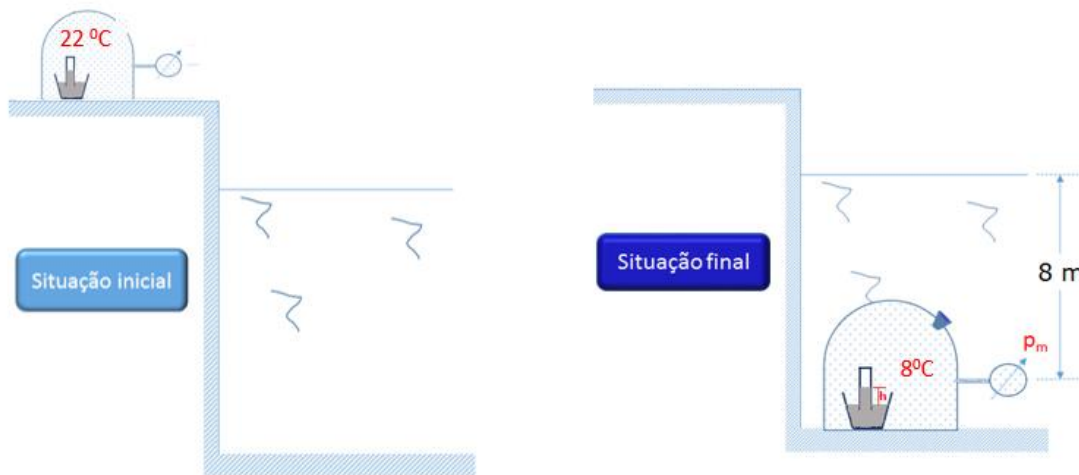


Assistam à solução do exercício 64 no YouTube e se gostarem não esqueçam de clicar no gostei (👍) e se inscrever no canal Alemão Mecflu Resolve

<https://www.youtube.com/watch?v=vUh2NAyovww>

Exercício 65: Uma cúpula de aço inicialmente está aberta à pressão atmosférica de 753 mmHg nas margens de um lago onde a temperatura ambiente é de 22°C . Depois de fechada é submersa à profundidade de 8 metros em suas águas, onde a temperatura está em 8°C . No interior da cúpula há um barômetro e em sua superfície um manômetro metálico. Posto isto, determinar: a leitura do barômetro no interior da cúpula e a leitura do manômetro metálico na situação final.

Dados: $\gamma_{\text{Hg}} = 136000 \text{ N/m}^3$; $\gamma_{\text{água}} = 9800 \text{ N/m}^3$.



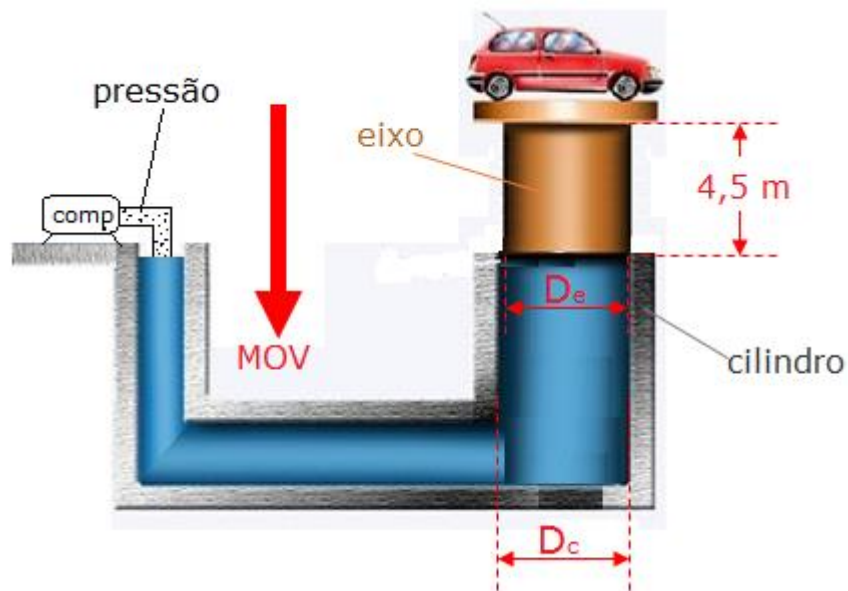
Assistam à solução do exercício 65 no YouTube e se gostarem não esqueçam de clicar no gostei (👍) e se inscrever no canal Alemão Mecflu Resolve

<https://www.youtube.com/watch?v=2TKtVt62uJo>

Exercício 66: A situação representada pela figura a seguir, esquematiza um elevador hidráulico utilizado para lubrificação de automóveis. O mesmo é constituído por um eixo de diâmetro igual a 35 cm e de altura de 450 cm, coaxial a um cilindro de diâmetro igual a 35,02 cm. O espaço anular entre o eixo e o cilindro é preenchido por um óleo lubrificante de viscosidade cinemática igual a $3,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ e peso específico igual a 8500 N/m^3 . Sabendo que o eixo desce com uma velocidade constante de $0,4 \text{ m/s}$ e que o peso total do veículo e eixo é de 35000 N , pede-se:

- a lei de variação da força de resistência viscosa, em função do tempo, no movimento descendente do eixo;
- a lei de variação da pressão de acionamento do eixo, em função do tempo, imposta uniformemente distribuída na sua face inferior;
- a pressão de acionamento quando o eixo desceu 1,5 m.

Importante: $\frac{D_c - D_e}{2}$ = espaço anular aonde atua o fluido lubrificante



Assistam à solução do exercício 66 no YouTube e se gostarem não esqueçam de clicar no gostei (👍) e se inscrever no canal Alemão Mecflu Resolve

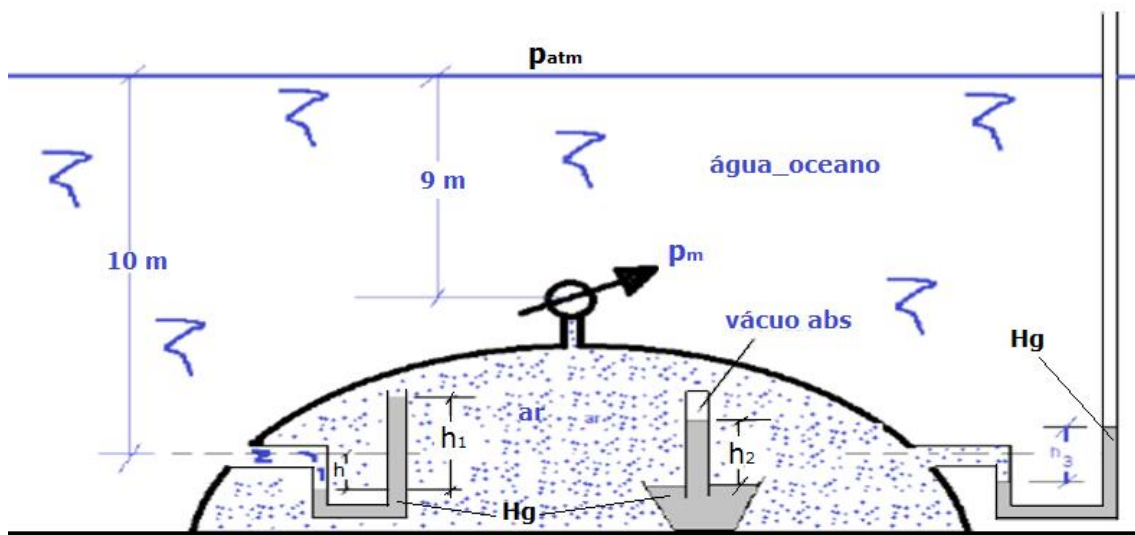
https://youtu.be/I_CT9Tbva8s



Exercício 67: Uma cúpula de aço cheia de ar está a 13 metros de profundidade no oceano. No interior da cúpula, que se encontra totalmente isolada, tem-se um barômetro que indica $h_2 = 765$ mmHg. Instalou-se na cúpula dois manômetros diferenciais em forma de U, sendo um interno que registra um desnível $h_1 = 745$ mmHg e outro externo que registra um desnível h_3 mmHg. Pede-se determinar:

- a pressão atmosférica local;
- a pressão do ar no interior da cúpula;
- a leitura manométrica;
- o desnível h_3 .

Dados: $h = 260$ mm; $\gamma_{\text{Hg}} = 13600$ kgf/m³ e $\gamma_{\text{água_oceano}} = 1010$ kgf/m³.



Assistam à solução do exercício 67 no YouTube e se gostarem não esqueçam de clicar no gostei (👍) e se inscrever no canal Alemão Mecflu Resolve

<https://www.youtube.com/watch?v=-GL7hMfmKJY>