

Terceira aula de FT

Primeiro semestre de 2014



Recordando o que
estudamos nas duas
primeiras aulas



Massa específica $\rightarrow \rho$ = define - se massa específica como sendo a massa do fluido (m) considerada por unidade de seu volume (V).

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \text{SI} \rightarrow \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

O seu conceito dá origem a “segunda” classificação dos fluidos, esta classificação é feita em relação a sua massa específica e origina:

- fluidos incompressíveis $\rightarrow$ são aqueles que para qualquer variação de pressão não ocorre variação de seu volume ($\rho = \text{constante}$);
- fluidos compressíveis $\rightarrow$ são aqueles que para qualquer variação de pressão ocorre variações sensíveis de seu volume ($\rho \neq \text{constante}$).

No nosso curso só estudaremos os escoamentos considerados incompressíveis , ou seja aqueles que são provocados por uma variação de pressão que origina, tanto uma variação de temperatura como de volume desprezíveis ($\rho = \text{constante}$) e isto nos permite considerar a massa específica constante; esta condição pode ser observada nos seguintes casos: líquidos em instalações onde a variação da temperatura é desprezível; ar em projeto de ventilação; gases escoando com velocidades inferiores à cerca de 70 m/s e onde a variação da temperatura é considerada desprezível (geralmente em instalações de ar condicionado).

Peso específico $\rightarrow \gamma$ = define - se peso específico como sendo o peso do fluido (G) considerado por unidade de volume (V).

$$\gamma = \frac{G}{V}$$

Relação entre peso específico e massa específica:

$$\gamma = \frac{G}{V} = \frac{m \times g}{V} = \rho \times g$$

No SI, temos:

$$[\gamma] = \frac{[G]}{[V]} = \frac{N}{m^3} = \frac{kg}{m^2 \times s^2}$$

A primeira classificação dos fluidos os dividia em líquidos e gases.

Líquidos = aqueles que não resistem a esforços tangenciais e entram em movimento, ou seja, escoam e têm volume próprio podendo apresentar uma superfície livre.

Gases = aqueles que não resistem a esforços tangenciais e entram em movimento, ou seja, escoam e não têm volume próprio e que nunca podem apresentar uma superfície livre.

Importante observar que ambos podem ter escoamentos considerados incompressíveis, os líquidos em escoamentos isotérmicos e os gases em escoamentos isotérmicos, porém com velocidades inferiores a 70 m/s.

A verdade e a mulher



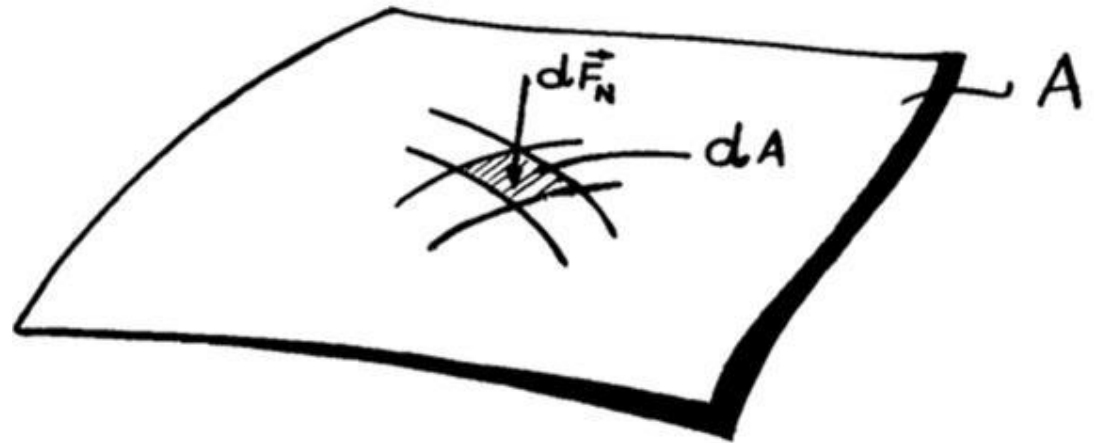
A verdade é como a mulher, quando ela nos chega bem trajada, maquiada e adornada de acordo com nossos valores e crenças, nós a aceitamos, admiramos e exaltamos.



No entanto, a verdade real, sem laços com nossos paradigmas, sem compromisso com nossa visão restrita, é tratada como calúnia e ofensa.



Cada um tem que saber suas verdades e limitações e no caso da formação profissional elas têm que ser levadas em conta no planejamento para o sucesso da empreitada almejada por cada um!



Conceito de pressão

É a relação entre o módulo da força normal e a

área: $p = \frac{|\mathbf{F}_N|}{A}$, isto porque trabalhamos com

pressões constantes ou pressões médias.

Escala efetiva ou relativa de pressão

É aquela que adota como zero a pressão atmosférica local, a qual também é denominada de pressão barométrica.

Nesta escala se pode ter pressões positivas, nulas e negativas.

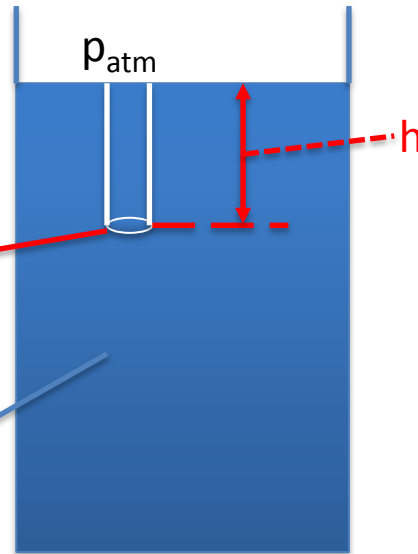
Existem aparelhos que trabalham nesta escala?



Claro, como exemplo poderia mencionar os piezômetros, os manômetros metálicos tipo Bourdon, mas antes de falar deles, vamos recordar o conceito de pressão em um ponto fluido.

Ponto com uma área dA
e que desejamos achar
o peso dG

Fluido contínuo,
incompressível e em
repouso com peso
específico γ



Como vou
achar o peso
 dG , já que
não dá para
usar a
balança?



Considerando a pressão
atmosférica igual a zero
(escala efetiva) e como para
o fluido incompressível o
peso específico fica
constante, temos:



$$dG = \gamma \times dV$$

$$dG = \gamma \times dA \times h$$

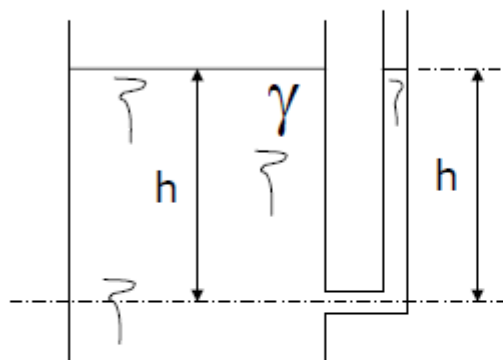
$$p = \frac{dG}{dA} = \frac{\gamma \times dA \times h}{dA}$$

$$p = \gamma \times h \rightarrow \text{para } p_{\text{atm}} = 0$$

Vamos neste ponto evocar o conceito de carga de pressão



Carga de pressão (h) – este conceito é introduzido recordando-se o conceito de pressão em um ponto fluido determinado na escala efetiva



As pressões no plano horizontal (PH) na escala efetiva são iguais a:

$$p = \gamma \times h$$

Pode-se então definir a carga de pressão:

$$h = \frac{p}{\gamma} \rightarrow [h] = [L] + \text{nome do fluido}$$

Exemplos : mmHg; mca; ...





Voltando ao
problema proposto
no final da aula
anterior.



Deseja-se determinar p_0 para verificar a viabilidade de se instalar um aparelho na seção (0), sabendo que o mesmo exige uma pressão mínima de 9,2 mca para o seu funcionamento.





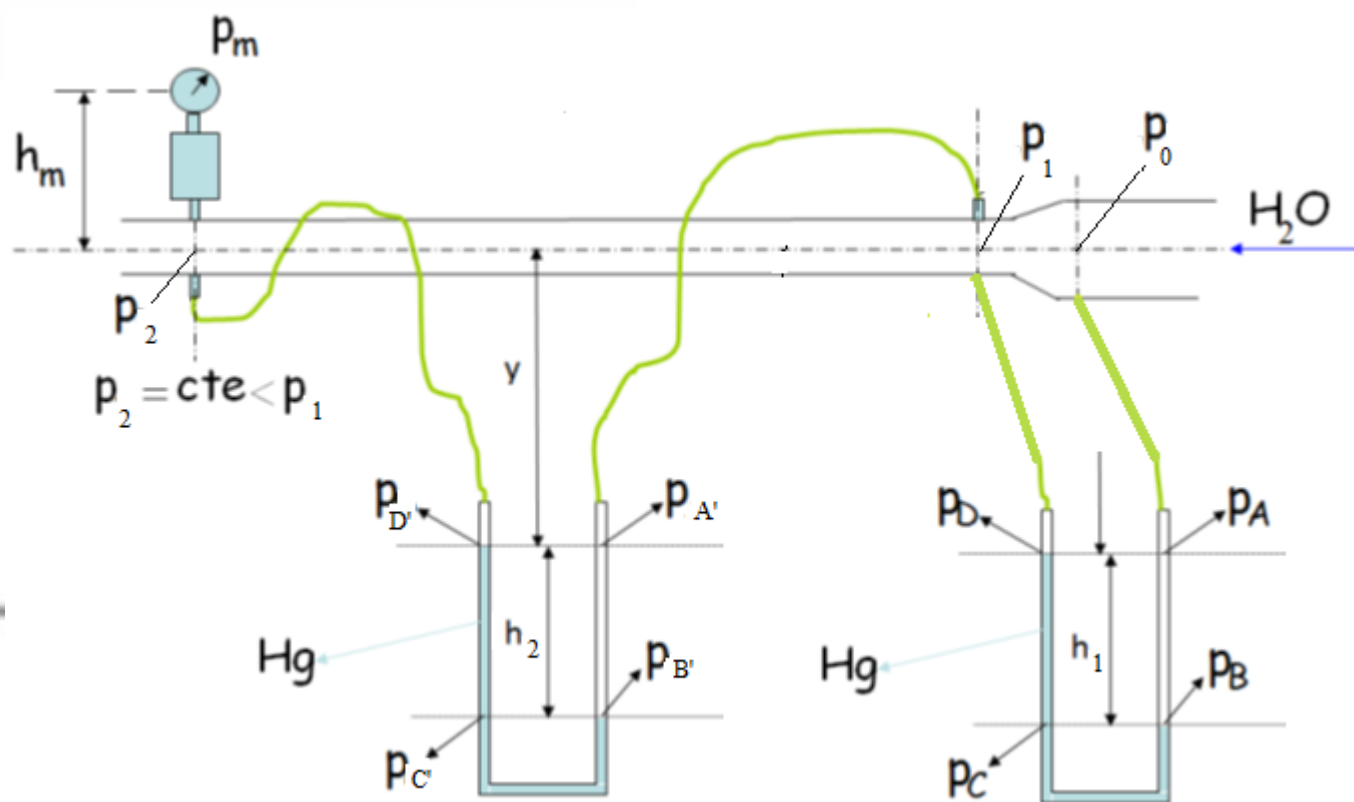
Dados:

$$\rho_{\text{água}} = 997 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3};$$

$$\rho_{\text{Hg}} = 13534 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3};$$

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

Vamos
esquematizar o
problema!



A black and white cartoon illustration of a classroom. A professor with a beard and a white shirt stands at the front, hands on hips. Several students are seated at desks, some looking at books or papers. A speech bubble from the professor contains text in Portuguese. Another speech bubble from a student contains a question in Portuguese. The scene is set in a classroom with a chalkboard in the background.

Para iniciar a solução do problema, temos que evocar o conceito de pressão manométrica.

Ok! E o que vem a ser pressão manométrica?

A PRESSÃO
MANOMÉTRICA (p_m) é
lida nos manômetros
metálicos tipo bourdon



p_m = é a pressão registrada em um manômetro metálico ou de Bourdon e que se encontra na escala efetiva, a escala que adota como zero a pressão atmosférica local, que também é chamada de pressão barométrica.



$$p_m = p_{int} - p_{ext}$$

$$p_{ext} = p_{atm} = 0$$

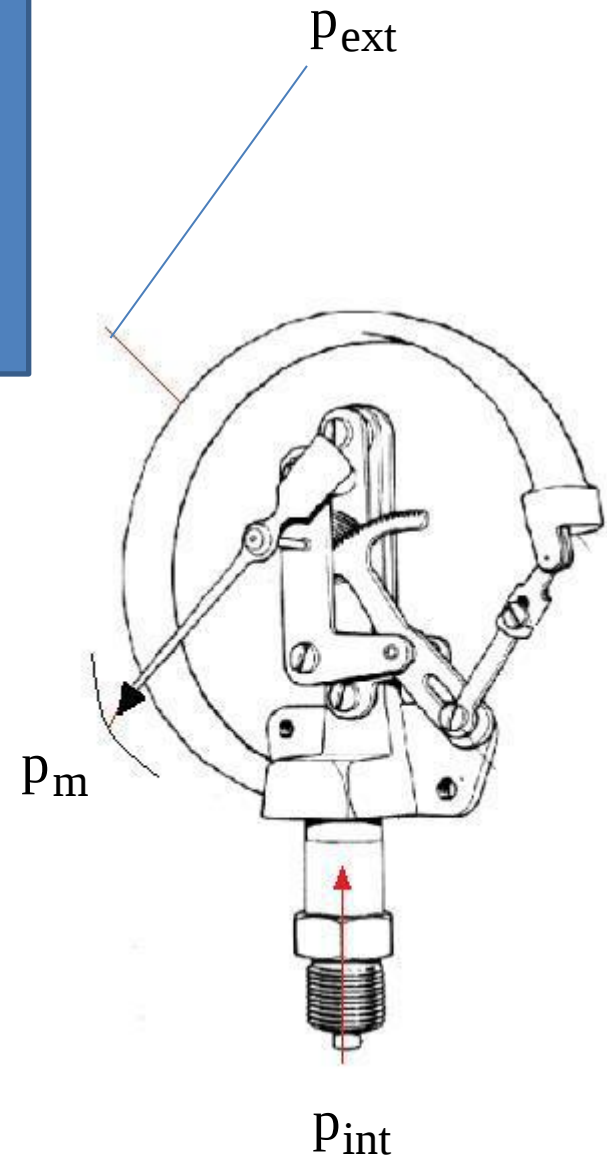
Na figura temos um
manovacuômetro já
que existem duas
escalas, a positiva e
negativa.



O princípio de funcionamento deste tipo de aparelho é o princípio da "língua da sogra" como mostra o esquema a seguir e onde a pressão manométrica é igual a pressão interna menos a pressão externa.

MANÔMETRO METÁLICO TIPO BOURDON

Se só existir a escala positiva o aparelho é chamado de manômetro, só escala negativa é chamado de vacuômetro e ambas é chamado de manovacuômetro



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



Manovacômetro =
apresenta a escala
negativa e a escala
positiva



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

$$\text{Se } P_{ext} = P_{atm} \rightarrow P_m = P_{int}$$

Para não esquecer a diferença
entre pressão manométrica e
barométrica, que é a pressão
atmosférica local lida por um
barômetro!



O barômetro

Há algum tempo recebi um convite de um colega para servir de árbitro na revisão de uma prova de Meteorologia Física. Tratava-se de avaliar uma questão de física, que recebera nota 'zero'.

O aluno contestava tal conceito, alegando que merecia nota máxima pela resposta, a não ser que houvesse uma 'conspiração do sistema' contra ele.

Professor e aluno concordaram em submeter o problema a um juiz imparcial, e eu fui o escolhido. Chegando à sala de meu colega, li a questão da prova, que dizia: 'Mostrar como se pode determinar a altura de um edifício alto com o auxílio de um barômetro'.

A resposta do estudante foi a seguinte: 'Leve o barômetro ao alto do edifício e amarre uma corda nele; baixe o barômetro até a calçada; em seguida icle a corda e meça seu comprimento; este comprimento será igual à altura do edifício'. Sem dúvida era uma resposta interessante, e de alguma forma correta, pois satisfazia o enunciado.

Por instantes vacilei quanto ao veredicto. Recompondo-me rapidamente, disse ao estudante que ele tinha forte razão para ter nota máxima, já que havia respondido a questão completa e corretamente. Entretanto, se ele tirasse nota máxima, estaria caracterizada uma classificação para um curso de Física, mas a resposta não confirmava isso.

O barômetro (cont.)

Sugeri então que fizesse uma outra tentativa para responder à questão. Não me surpreendi quando meu colega concordou, mas sim quando o estudante resolveu encarar o que eu imaginei seria um bom desafio.

Segundo o acordo, ele teria seis minutos para responder à questão; isto após ter sido prevenido de que sua resposta deveria demonstrar, necessariamente, algum conhecimento de física.

Passados cinco minutos ele não havia escrito nada; apenas olhava pensativamente para o teto da sala.

Perguntei-lhe então se desejava desistir, pois eu tinha um compromisso logo em seguida, e não tinha tempo a perder. Mais surpreso ainda fiquei quando o estudante anunciou que não havia desistido. Na realidade tinha muitas respostas, e estava justamente escolhendo a melhor. Desculpei-me pela interrupção e solicitei que continuasse.

No momento seguinte ele escreveu esta resposta: 'Vá ao alto do edifício, incline-se numa ponta do telhado e solte o barômetro, medindo o tempo de queda desde a largada até o toque com o solo. Depois, empregando a Fórmula $h = \frac{1}{2}gt^2$ calcule a altura do edifício'.

O barômetro (cont.)

Perguntei então ao meu colega se ele estava satisfeito com a nova resposta, e se concordava com a minha disposição em conferir praticamente nota máxima à prova.

Meu colega concordou, embora sentisse nele uma expressão de descontentamento, talvez inconformismo...

Ao sair da sala lembrei-me que o estudante havia dito ter outras respostas para o problema. Embora já sem tempo, não resisti à curiosidade e perguntei-lhe quais eram estas respostas.

Ah!, sim,' - disse ele - 'há muitas maneiras de se achar a altura de um edifício com a ajuda de um barômetro'.

Perante a minha curiosidade e a já perplexidade de meu colega, o estudante desfilou as seguintes explicações.

'Por exemplo, num belo dia de sol pode-se medir a altura do barômetro e o comprimento de sua sombra projetada no solo, bem como a do edifício. Depois, usando uma simples regra de três, determina-se a altura do edifício'.

O barômetro (cont.)

'Um outro método básico de medida, aliás bastante simples e direto, é subir as escadas do edifício fazendo marcas na parede, espaçadas da altura do barômetro. Contando o número de marcas, ter-se-á a altura do edifício em unidades barométricas'.

'Um método mais sofisticado seria amarrar o barômetro na ponta de uma corda e balançá-lo como um pêndulo, o que permite a determinação da aceleração da gravidade (g). Repetindo a operação ao nível da rua e no topo do edifício, tem-se $2g$ s, e a altura do edifício pode, a princípio, ser calculada com base nessa diferença'.

'Finalmente', concluiu, 'se não for cobrada uma solução física para o problema, existem outras respostas. Por exemplo, pode-se ir até o edifício e bater à porta do síndico. Quando ele aparecer, diz-se: Caro Sr. síndico, trago aqui um ótimo barômetro; se o Sr. me disser a altura deste edifício, eu lhe darei o barômetro de presente'.

A esta altura, perguntei ao estudante se ele não sabia qual era a resposta esperada para o Problema. Ele admitiu que sabia, mas estava tão farto com as tentativas dos professores de controlar o seu raciocínio e a cobrar respostas prontas com base em informações mecanicamente arroladas, que ele resolveu contestar aquilo que considerava, principalmente, uma farsa.

O barômetro (cont.)

O estudante era Niels Bohr, o único Dinamarquês que ganhou o Prêmio Nobel da Física em 1922 e o árbitro era Rutherford Prêmio Nobel de Química em 1910 .

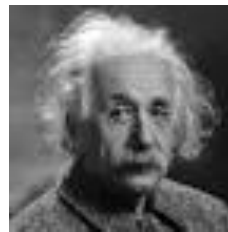


Niels Bohr



Ernest Rutherford

"Grandes espíritos sempre se defrontaram com oposição sem trégua das mentes medíocres - Albert Einstein".



Albert Einstein

A black and white cartoon illustration of a lecture hall. A professor, a bald man with a beard wearing a sweater and tie, stands at the front with his hands on his hips. He is speaking into a blue speech bubble. Several students are seated in the foreground, some looking at books or papers. One student on the right is wearing sunglasses. A student on the left is looking up at the professor. A blue speech bubble from a student in the foreground asks a question. The background shows a simple window with horizontal lines.

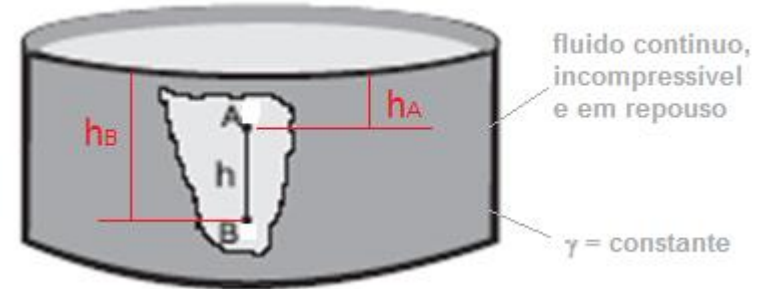
Outro conceito
que deve ser
utilizado está
alicerçado no
teorema de
Stevin.

E qual é o teorema
de Stevin?

Teorema de Stevin



$$p_A = \gamma \times h_A \rightarrow p_B = \gamma \times h_B$$
$$p_B - p_A = \gamma \times (h_B - h_A) = \gamma \times h$$



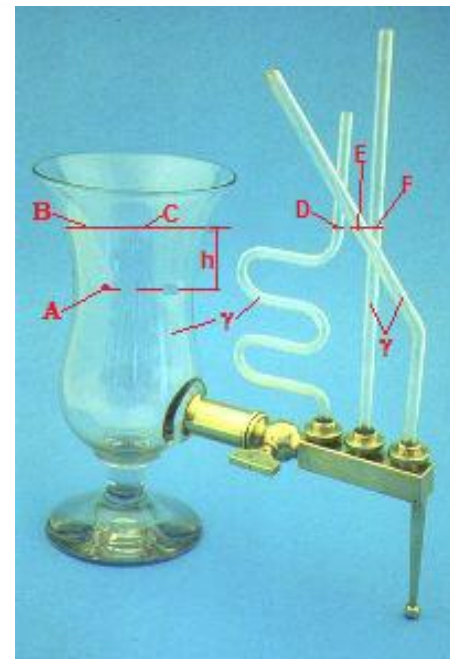
Simon Stevin (1548 - 1620)

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



O que podemos concluir deste enunciado?

Conclusões de Stevin



$$P_A - P_B = P_A - P_C = P_A - P_D = P_A - P_E = P_A - P_F = \gamma \times h$$
$$\therefore P_B = P_C = P_D = P_E = P_F$$

Conclusões:

1. Em um plano horizontal em um meio fluido todos os seus pontos estão submetidos a mesma pressão.
2. A pressão de um ponto

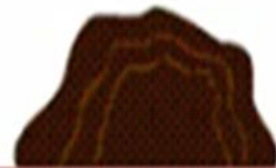
fluido não depende da distância entre os pontos, depende só da diferença de cotas.
3. A pressão do ponto fluido não depende do formato do recipiente.

Vamos aplicar isso!



Mas será que não existe
uma maneira mais fácil de
achar esta diferença de
pressões?

Existe e é só recorrer a
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.

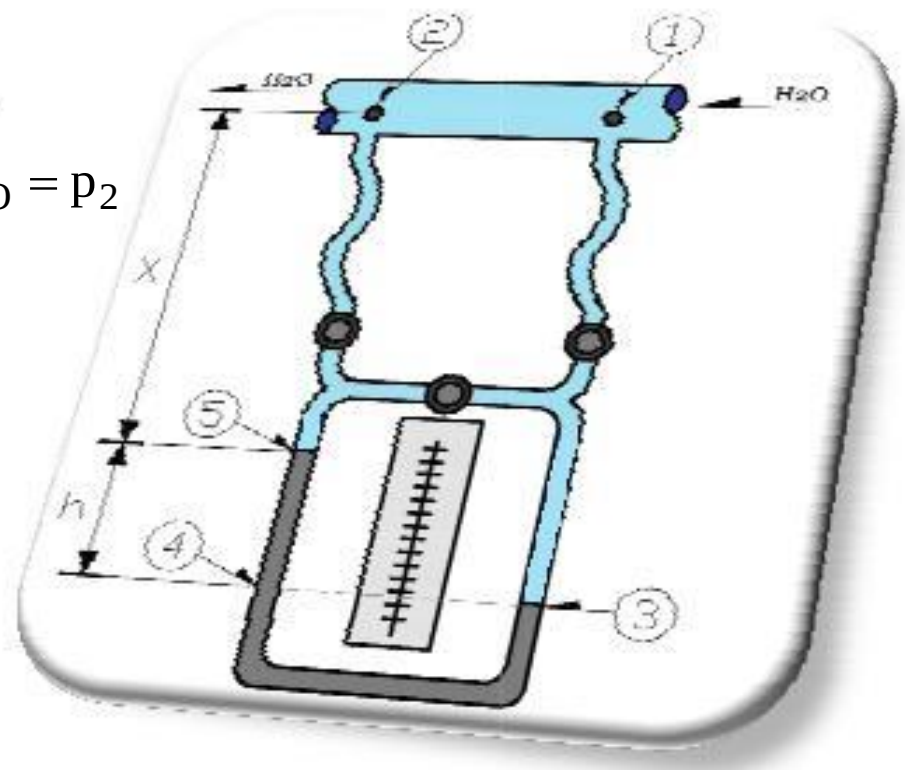


Aplicando-se a equação manométrica ao esboço abaixo, resulta:

Adotando - se como referência o ponto (1):

$$p_1 + x \times \gamma_{H_2O} + h \times \gamma_{H_2O} - h \times \gamma_{Hg} - x \times \gamma_{H_2O} = p_2$$

$$p_1 - p_2 = h \times (\gamma_{Hg} - \gamma_{H_2O})$$



Tarefa da semana: calcular p_0 e verificar se possível instalar o aparelho, justificando.

