

## MANÔMETRO DE TUBO ABERTO

### 1. Objetivos:

- Conhecer e operar um manômetro de tubo aberto, usando água como líquido manométrico;
- Determinar a variação de pressão de acordo com a profundidade de um líquido;
- Determinar a densidade da água e óleo;
- Identificar regularidades, associando fenômenos que ocorrem em situações semelhantes para utilizar as leis que expressam essas regularidades na análise e previsões de situações do dia-a-dia.

### 2. Fundamentos teóricos:

A pressão que atua em um corpo em equilíbrio imerso em um fluido a uma profundidade  $h$  é dada por:  $P = P_0 + \rho gh$ . Onde,  $P$  é a pressão absoluta,  $P_0$  a pressão atmosférica na superfície do fluido ( $1 \text{ atm} \sim 10^5 \text{ Pa}$ ),  $\rho$  a densidade volumétrica do fluido e  $g$  a aceleração da gravidade. A princípio para que possamos usar esta equação temos que conhecer a densidade do fluido e a pressão em sua superfície. No caso de fluidos imersos em recipientes abertos a pressão na superfície é a pressão atmosférica.

O manômetro de tubo aberto é basicamente um tubo de vidro em forma de **U**, com uma porção líquida no seu interior (trecho  $\Delta y$ , Fig. 1A). O prolongamento de um dos seus ramos se encontra no interior do recipiente cuja pressão é  $P$ , e se pretende determinar enquanto que a outra fica livre e em contato com a atmosfera. Este instrumento é usado para medir a diferença entre a pressão absoluta e atmosférica, chamada de pressão manométrica ( $P_m$ ), definida como:

$$P_m = P - P_0 = \rho gh \quad (1)$$

No equilíbrio, o valor  $P_m$  que atua na superfície do líquido manométrico, do lado fechado  $Y_1$ , é a mesma que atua no ponto  $P$  (lado inferior do tubo fechado submerso no becker), ou seja

$$P_m = \rho g \Delta y = P \quad (2)$$

onde  $h = \Delta y = Y_2 - Y_1$ . Neste experimento utilizaremos água como líquido manométrico (dentro do manômetro), para determinar as densidades da água e óleo dentro do becker. Lembrando que a densidade da água é igual a  $1,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ .

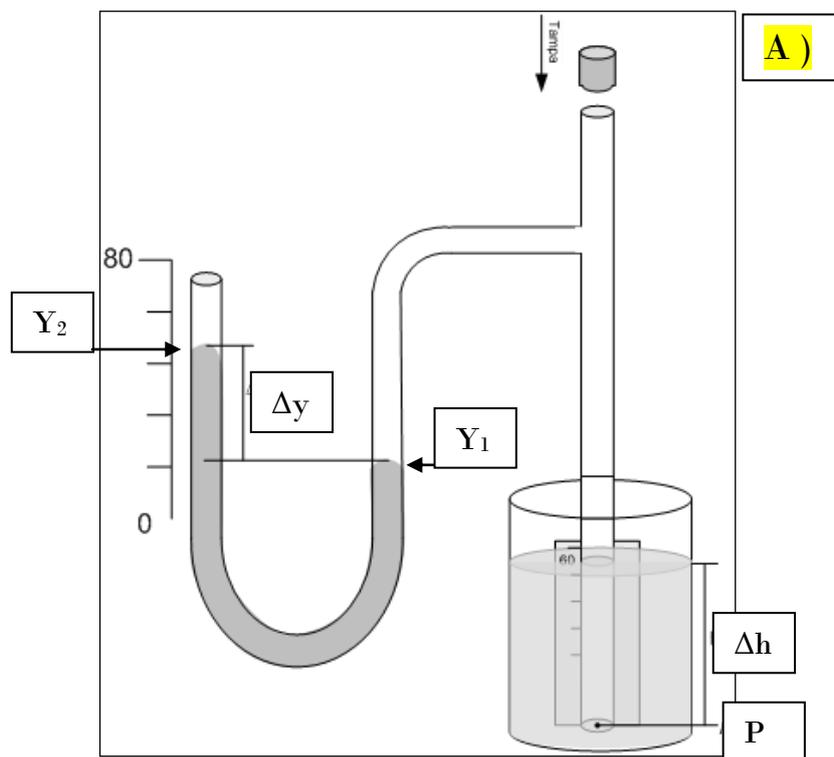
### 3. Material necessário:

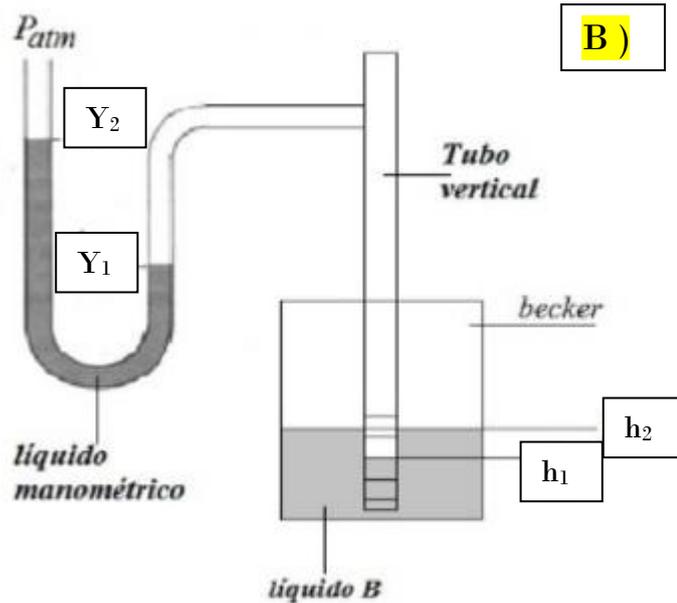
Painel hidrostático FR2 com escala milimetrada acoplável; tripé com haste de suporte para painel; tampão; copo de Becker de 50 ml contendo água e depois óleo.

### 4. Procedimentos no Painel II

- 4.1. Antes de começar o experimento, verifique que a altura da água nas extremidades do manômetro estejam na mesma altura. 20 mm, 30 mm (recomendável neste experimento);
- 4.2. Com as duas extremidades abertas do manômetro, coloque o tampão na extremidade superior à direita;
- 4.3. Verifique se as posições atingidas pelas superfícies  $Y_1$  e  $Y_2$  do líquido, mudaram depois de ter posto o tampão, caso positivo anote;
- 4.4. Coloque a escala vertical do painel imersa no copo (becker) inicialmente vazio (veja Fig.1);
- 4.5. Ajuste sua posição para que o zero coincida com a extremidade do tubo vertical e fique aproximadamente 10 mm do tampo da mesa;
- 4.6. Adicione água no copo até que a extremidade do tubo vertical (e portanto também o zero da escala) toque a superfície líquida;
- 4.7. Aguarde 30 segundos sem tocar o experimento.
- 4.8. Certifique-se de que as posições  $Y_1$  e  $Y_2$  anteriormente medidas não foram alteradas;

- 4.9. Acrescente gradativamente água no copo. Observe se parte da água acrescentada sobe pelo tubo, Caso positivo anote as alturas  $h_2$  e  $h_1$ , e calcule  $\Delta h = h_2 - h_1$ . Note que  $h_2$  é a altura da coluna da água dentro do becker e  $h_1$  a altura da água dentro do tubo vertical do manômetro (veja Fig. 1B );
- 4.10. Faça variar a profundidade  $\Delta h$  no interior do copo, incrementando  $h_2$ , para os valores mostrados na tabela 1;
- 4.11. Preencha a tabela 1 e calcule a pressão manométrica, definida anteriormente, para cada  $\Delta y$ .
- 4.12. Construa o gráfico  $P \times \Delta h$  e encontre a densidade da água usando a equação da reta;
- 4.13. Esvazie o copo, com água, seque-o com papel toalha e coloque-o novamente na posição anterior, sem modificar a posição da escala vertical do tubo;
- 4.14. Adicione óleo no copo até que a extremidade do tubo vertical toque a superfície líquida, e repita os procedimentos dos itens 4.3 - 4.10. **Nota:** Observe, se parte do óleo acrescentado sobe pelo tubo, a fim de encontrar  $\Delta h$  corretamente.
- 4.15. Preencha a tabela 2 e calcule a pressão manométrica, definida anteriormente, para cada  $\Delta y$ .
- 4.16. Construa o gráfico  $P \times \Delta h$  e encontre a densidade do óleo usando a equação da reta;





**Figura 1-** Representação gráfica de um manômetro de tubo aberto. (a)

Tabela 1- Água

$h_2$ (mm)	$h_1$ (mm)	$\Delta h$ (mm)	$Y_2$ (mm)	$Y_1$ (mm)	$\Delta y$ (mm)	$P_m = P$ (Pa)
0						
10						
20						
30						
40						
50						
60						

Tabela 2- Óleo

$h_2$ (mm)	$h_1$ (mm)	$\Delta h$ (mm)	$Y_2$ (mm)	$Y_1$ (mm)	$\Delta y$ (mm)	$P_m = P$ (Pa)
0						
10						
20						
30						
40						
50						
60						

### 5. Conclusões:

Compare e comente sobre seus resultados obtidos, e diga que aplicações práticas utilizam este princípio (pelo menos duas).