Objetivos da segunda aula **da unidade 2:**

Realizar tarefas que visam facilitar o comprometimento com o aprendizado e a participação efetiva dos alunos;

Estudar o teorema de Stevin;

Introduzir a equação manométrica;

Propor nova tarefa.

Na Escola da Vida, não se pesca para os Alunos, através dela, orienta-se a ter uma pescaria eficiente.

Desejando colocar em prática esta certeza, estabeleço uma nova **tarefa**, que deve ser elaborada e apresentada nesta aula. Seu título:

"Ainda, utiliza-se o teorema de Stevin em muitas aplicações da Engenharia."

As equipes devem se reunir por 25 minutos. Baseadas no texto, que descreve o item 2.3 (páginas: 99 a 100 desta unidade), devem responder as perguntas apresentadas a seguir.

P1 - Qual a ordem de grandeza do erro cometido na medida de pressão em manômetros de colunas de líquidos?

P2 - Você seria capaz de citar outros exemplos, sem ser aqueles mencionados nesta unidade, onde se utilizam manômetros de colunas de líquidos?

P3 - Você seria capaz de dar o conceito de um volume de controle (VC)?

P4 - Na introdução do enunciado do teorema de Stevin, considerou-se a base do cilindro como um ponto fluido. Você concorda com esta consideração? Justifique.

P5 - Na figura 2.9, considerou-se os pontos (1) e (2) respectivamente a profundidade h_1 e h_2 em relação a superfície livre. Podemos afirmar que: $p_1 = \gamma . h_1$ e $p_2 = \gamma . h_2$? Justifique.

P6 - Como o fluido considerado para a introdução do enunciado do teorema de Stevin, está em repouso, poderíamos ter a somatória das forças em relação a algum de seus eixos diferente de zero?

P7 - Considerando-se o cilindro fluido representado pela figura 2.9, onde conhecemos os seus peso específico e altura, como podemos determinar o seu peso?

P8 - Você seria capaz de explicar, porque não foi considerado o empuxo no cilindro fluido representado pela figura 2.9?

2.3 Teorema de Stevin

O teorema de Stevin será a base para o estudo dos manômetros de colunas de líquido.

Estes aparelhos são de construção simples e de baixo custo, além destas vantagens praticamente não exigem manutenção, nem calibragem especial e permitem medições com grande precisão (erro máximo na ordem de 1%).

São várias as aplicações práticas deste tipo de aparelho, citamos algumas delas:

. medidores de vazão:
. medidores de velocidades;
. controle de nível de reservatórios.

Para introduzir o enunciado do teorema de Stevin, consideramos um recipiente que contém um fluido contínuo, incompressível, em repouso e que apresenta um peso específico conhecido e igual a γ (figura 2.8).

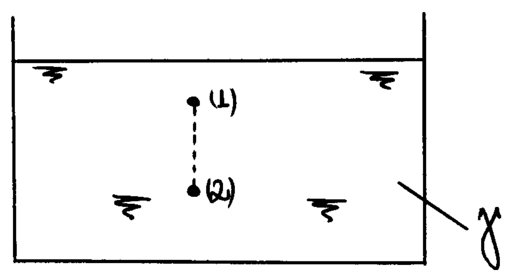

Figura 2. 8

Consideramos um volume de controle no formato de um cilindro com a base apresentando uma área elementar dA, como mostra a figura 2.9.

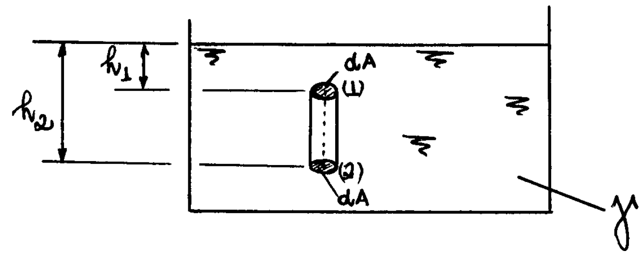

Figura 2. 9

Considera-se, tanto a base superior como a base inferior do cilindro sendo representadas por pontos fluidos, respectivamente pontos (1) e (2), onde atuam respectivamente as pressões p_1 e p_2.

Pela condição do fluido estar em repouso, podemos afirmar que o cilindro também o está, e isto permite concluir que:

$$\sum \vec{F}_{cilindro} = 0$$

Considerando o eixo z, que passa pelos centros de gravidades das bases do cilindro, como mostra a figura 2.10, podemos escrever que:

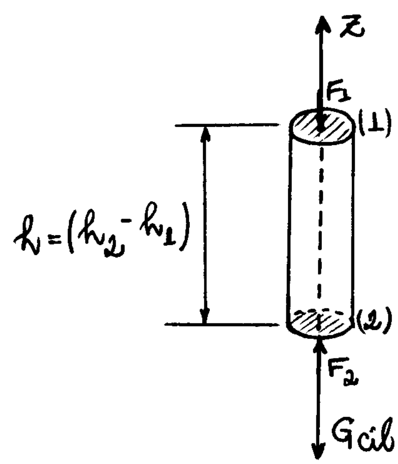

Figura 2. 10

$$\sum \vec{F}_z = 0$$

$p_1 \cdot dA + \gamma \cdot dA \cdot h = p_2 \cdot dA$

$$\therefore \mathbf{p_1 = p_2 - \gamma \cdot h} \qquad \textbf{Equação 2. 4}$$

A equação 2.4 pode se rescrita da seguinte forma:

$$\mathbf{p_1 - p_2 = \gamma \cdot h} \qquad \textbf{Equação 2. 5}$$

A equação 2.5 dá origem ao enunciado do teorema de Stevin, que pode ser assim descrito:

> **"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."**

Considerando que o recipiente representado pela figura 2.11, encerra um fluido contínuo, incompressível, em repouso, que PH é um plano horizontal traçado no meio fluido e que $p_4 - p_1 = \gamma \cdot h = p_4 - p_2 = p_4 - p_3$, podemos obter as seguintes conclusões:

1ª - Ao traçarmos um plano horizontal em um meio fluido contínuo, incompressível e em repouso, todos os seus pontos estarão submetidos a mesma pressão.

2ª - A pressão em um ponto fluido pertencente a um fluido contínuo, incompressível e em repouso não depende do formato do recipiente que o contém, isto desde que o mesmo não seja capilar.

3ª - A diferença de pressão obtida entre dois pontos pertencentes a um fluido contínuo, incompressível e em repouso, não depende da distância entre os pontos, depende somente da diferença de cotas entre os pontos e de seu peso específico.

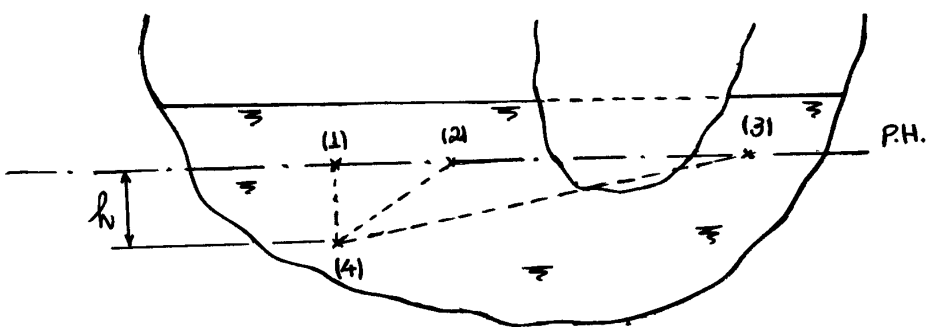

Figura 2. 11

Observação:

Ao considerar um gás confinado em um recipiente pequeno, pelo fato do $\gamma_{gás}$ ser muito menor que o $\gamma_{líquido}$, podemos considerar que a sua pressão é praticamente constante.

$$\Delta p_{gás} = \gamma_{gás} \cdot h \cong 0$$

$$\therefore p_{gás} = \text{constante}$$

2.4 Equação manométrica

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

Ela é válida quando o sistema considerado estiver em repouso.

Considerando o sistema representado pela figura 2.12, aplicamos a equação manométrica para a determinação da diferença de pressão $p_1 - p_2$.

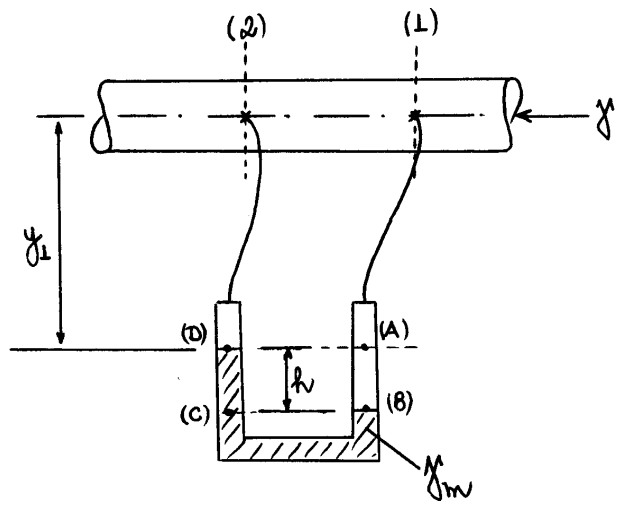

Figura 2. 12

A equação manométrica pode ser obtida de duas maneiras distintas:

1ª-Nomeando-se as superfícies de separação dos fluidos e aplicando-se o teorema de Stevin. Nesta situação, tem-se:

$$p_A - p_1 = \gamma \times y_1 \quad \therefore \quad p_A = p_1 + \gamma \times y_1$$

$$P_B - p_A = \gamma \times h \quad \therefore \quad p_B = p_A + \gamma \times h$$

$$\therefore p_B = p_1 + \gamma \times y_1 + \gamma \times h$$

$$\mathbf{p_B} = \mathbf{p_C} = \mathbf{p_1} + \gamma \times y_1 + \gamma \times h \qquad \textbf{Equação A}$$

$$\mathbf{p_C} - \mathbf{p_D} = \gamma_m \times h \therefore$$

$$\mathbf{p_D} = \mathbf{p_C} - \gamma_m \times h = \mathbf{p_1} + \gamma \times y_1 + \gamma \times h - \gamma_m \times h$$

$$\mathbf{p_D} - \mathbf{p_2} = \gamma \times y_1 \qquad \textbf{Equação B}$$

Das equações A e B, obtém-se:

$$p_2 = p_D - \gamma \times y_1 = p_1 + \gamma \times y_1 + \gamma \times h - \gamma_m \times h - \gamma \times y_1$$

$$p_1 - p_2 = h \times (\gamma_m - \gamma)$$

2ª - Através de uma regra prática, onde se adota um dos dois pontos fluidos como referência e escreve-se a pressão que age no mesmo, a esta pressão somam-se as colunas descendentes (+γh) e subtraem-se as colunas ascendentes (-γh), igualando-se a expressão assim obtida a pressão que atua no outro ponto fluido (aquele não escolhido como referência).

Para a figura 2.12, adotando-se o ponto fluido 1 como referência e "caminhando-se" para o ponto 2, como mostra a figura 2.13, sempre na horizontal e vertical, obtém-se:

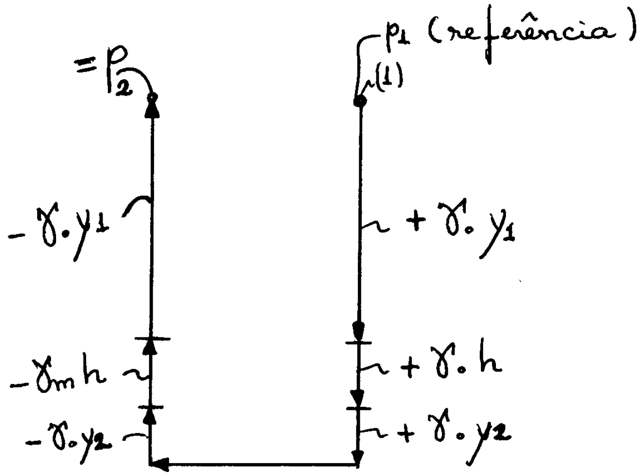

Figura 2. 13

$$p_1 + \gamma \times y_1 + \gamma \times h + \gamma \times y_2 - \gamma \times y_2 - \gamma_m \times h - \gamma \times y_1 = p_2$$

$$\therefore p_1 - p_2 = h \times (\gamma_m - \gamma)$$

Uma escolha, tanto pode nos levar ao sucesso como ao fracasso, portanto devemos refletir para fazê-la.

Tarefa proposta:

Para a próxima aula, todas as equipes devem preparar dois exercícios, um escolhido entre os propostos na unidade 2 e o outro inédito, ou seja criado pela própria equipe.

A vida não se define. Vive-se. E para bem vivê-la, precisamos de compreensão, tranqüilidade e amor.

Pegue um sorriso
e doe-o
a quem jamais o teve...

Pegue um raio de sol
e faça-o voar lá
onde reina a noite...

Pegue uma lágrima
e ponha no rosto
de quem jamais chorou...

Pegue a coragem
e ponha-a no ânimo
de quem não sabe lutar...

Descubra a vida
e narre-a a quem
não sabe entendê-la...

Pegue a esperança
e viva na sua luz...

Pegue a bondade
e doe-a a quem
não sabe doar...

Descubra o amor
e faça-o
conhecer o mundo...

(Gandhi)