

*Wilton Jorge*  
Depto. de Ciências Físicas – UFU  
Uberlândia – MG

### **I. Fundamentos teóricos**

Um fluido, quando submetido a uma força tangencial, se deforma. De modo geral, os fluidos são classificados em líquidos ou gases. Os líquidos são praticamente incompressíveis, tendo volume constante e podendo variar sua forma de acordo com os recipientes que os contêm. Os gases são compressíveis e tomam a forma e o volume dos recipientes que os contêm.

Um fluido incompressível e que não possui força interna de atrito ou viscosidade é denominado fluido ideal.

Um fluido pode escoar em regime estacionário ou turbulento. Os escoamentos estacionários ou permanentes se dão a baixas velocidades e a velocidade em qualquer ponto independe do tempo, ou seja, as partículas do fluido sempre passam por um determinado ponto com a mesma velocidade. A trajetória de uma partícula que passa por uma determinada posição será a mesma das partículas precedentes que passaram pela mesma posição.

Nos escoamentos turbulentos, as velocidades das partículas, em uma determinada posição, variam no decurso do tempo e as trajetórias das partículas são irregulares e não definidas previamente.

Utilizando o teorema do trabalho, energia e o princípio da conservação da energia, demonstra-se a equação de Bernoulli.

Para o escoamento estacionário de um fluido ideal, a equação de Bernoulli será:

$$p_1 + \frac{1}{2} \mu V_1^2 + \mu g h_1 = p_2 + \frac{1}{2} \mu V_2^2 + \mu g h_2, \quad (1)$$

na qual:

p = pressão  
μ = massa específica  
v = velocidade de escoamento  
g = aceleração da gravidade

$h$  = altura em relação a um referencial.

A equação (1) nos informa que a quantidade  $p + \frac{1}{2}\mu v^2 + \mu g h$  é a mesma em dois pontos quaisquer do fluido ao longo de uma mesma linha de corrente.

As equações da hidrostática são casos especiais da equação de Bernoulli. Assim, se o fluido se encontra em repouso ( $v_1 = v_2 = 0$ ), a equação (1) transforma-se em:

$$p_1 + \mu g h_1 = p_2 + \mu g h_2 \quad (2)$$

$$p_1 - p_2 = \mu g (h_2 - h_1). \quad (3)$$

A equação (3) nos dá a variação da pressão com a altura em um fluido em repouso, conforme conhecemos da hidrostática.

A equação de Bernoulli, além de nos permitir determinar a velocidade, pressão e vazão de fluidos, é aplicada na construção de vaporizadores, carburadores, túneis de vento, foguetes, aeronaves e em muitos aparelhos de nosso uso diário.

## II. Procedimento

Coloque água em um copo comum até quase enchê-lo.

Tome um tubo cilíndrico de plástico aberto nas extremidades – canudo de refresco – e divida-o em partes.

Introduza, verticalmente, uma das partes do canudo de refresco dentro da água de modo tal que a parte inferior não encoste no fundo do copo e a superior fique em um nível acima da superfície da água.

Com a outra mão, segure uma outra parte do canudo de refresco, em posição horizontal, de tal forma que uma das extremidades fique próxima da extremidade emersa do tubo na vertical, conforme indica a Fig.1.

Sopre com bastante força em uma das extremidades do tubo cilíndrico, produzindo um fluxo de ar através deste (ver indicação na Fig.1).

Com o sopro, um fluxo de ar de grande velocidade  $v_2$  é criado na parte superior do tubo cilíndrico vertical.

Tomando duas posições 1 e 2, conforme indica a Fig.1, e aplicando a equação de Bernoulli, teremos:

$$p_1 + \frac{1}{2}\mu v_1^2 + \mu g h_1 = p_2 + \frac{1}{2}\mu v_2^2 + \mu g h_2. \quad (4)$$

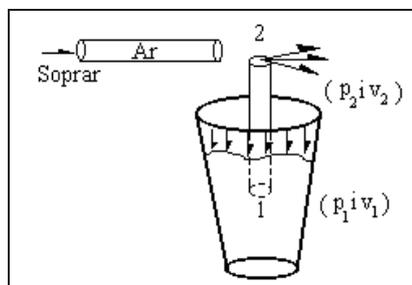


Fig.1- Vaporizador

Tomando duas posições 1 e 2, conforme indica a Fig.1, e aplicando a equação de Bernoulli, teremos:

$$p_1 + \frac{1}{2} \mu v_1^2 + \mu g h_1 = p_2 + \frac{1}{2} \mu v_2^2 + \mu g h_2. \quad (4)$$

Como  $h_2 > h_1$  e  $v_2 > v_1$  temos, de acordo com a equação (1), que  $p_2 < p_1$ .

Então, a pressão na superfície da água sendo maior do que na parte superior do tubo vertical forçará o líquido a subir no tubo, chegando à sua parte superior e, finalmente, vindo a emergir do orifício do tubo para ser dispersado e levado pelo jato de ar.

A vaporização da água é aumentada se a extremidade do tubo horizontal, próxima do tubo vertical, for ligeiramente inclinada para cima e se parte do diâmetro do orifício estiver abaixo da extremidade do tubo vertical.

### Referências Bibliográficas

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. **Física**. 3. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1980. v. 2.

JORGE, W. **Física experimental 5**: manual de laboratório. Uberlândia: Editora da UFU, 1991.

McKELVEY, J. P.; GROTCHE, H. **Física**. São Paulo: Harbra, 1979. v. 2.

SEARS, F. W.; ZEMANSKY, M. W. **Física**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1984. v. 2.

STREETER, V. L. **Mecânica dos fluidos**. São Paulo: McGraw-Hill, 1985.