
LABORATÓRIO CASEIRO: FONTE DE HERON

Umbelina G. Piubéli
Sérgio Luiz Pibéli
Depto de Física – UFMS
Campo Grande – MS

I. Introdução

Provavelmente você já conhece a fonte de Heron. Como o próprio nome sugere, a sua construção foi atribuída ao antigo matemático Heron de Alexandria.

A fonte de Heron (Perelman, 1975) consiste de um aberto e dois esféricos fechados: o primeiro, que chamamos de A, totalmente aberto à atmosfera e os outros dois fechados, que chamamos de B e C. Todos são conectados por três tubos como mostra a Fig. 1.

Para que a fonte comece a funcionar é necessário que o vaso B esteja parcialmente cheio de água, o vaso C e o A com água até o nível do extremo do tubo que interliga os vasos A e C. Colocando água no vaso A, suficiente para encher o tubo que interliga os vasos A e C, estabelece-se uma coluna de água no tubo aumentando a pressão do ar dentro dos vasos B e C. A pressão B, sendo maior que a pressão atmosférica, faz com que a água deste vaso escoe pelo tubo, jorrando no vaso A. Esta por sua vez flui pelo tubo mantendo a coluna de água e quando toda a água do vaso B escoar para o A, cessa o funcionamento da fonte.

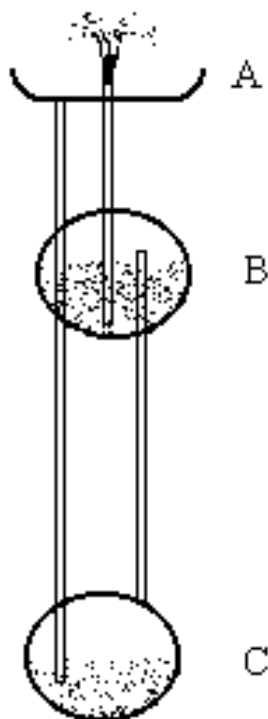


Fig.1 – Fonte de Heron

Outras versões surgiram, simplificando a fonte e introduzindo modificações. Uma delas pode ser facilmente reproduzida como mostra a Fig. 2. No lugar dos vasos esféricos fechados de vidro, usou-se frascos e tubos de borracha (Perelman, 1975). Não há necessidade de orifícios na base do vaso superior, uma vez que os tubos podem ser colocados como mostra a Fig. 2. Esta montagem é mais conveniente porque depois de toda a água do frasco B ter escoado via frasco A para dentro do frasco C, você pode inverter as posições dos frascos B e C e a fonte continuará a funcionar. Outra conveniência é que você poderá dispor os vasos em diferentes desníveis e ver como isto afetará a altura do jorro da fonte.

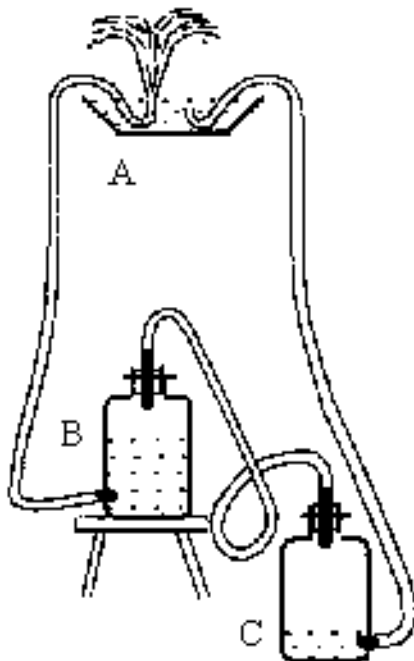


Fig. 2- Uma versão da fonte de Heron

II. Como construir a fonte de Heron com garrafas de refrigerante descartáveis

2. 1 Material

Para construção da fonte, você deve ter em mão os seguintes materiais:

- três garrafas de refrigerante descartáveis de 2 litros com fundo esférico,
- 60 cm de tubo de plástico transparente de diâmetro interno aproximadamente igual a 0,5 cm (este tubo poderá ser encontrado em casas de materiais hidráulicos),
- 1 canudinho de refrigerante,
- 1 tubo de cola à base de silicone,
- fita isolante.

2. 2 Corte das peças

Sem retirar a base de uma das garrafas, corte a parte do gargalo de forma que a parte inferior tenha aproximadamente 24 cm (Fig. 3a).

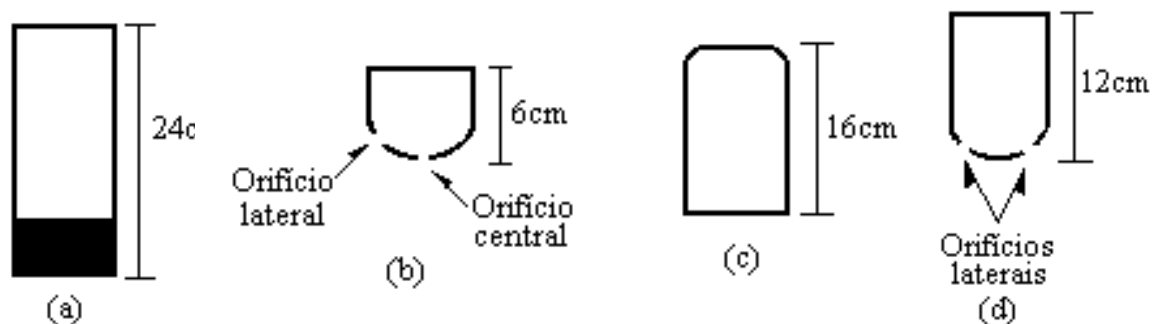


Fig. 3- Corte das peças

Retirando a base de outra garrafa, corte o fundo a uma altura de 6 cm. Faça um orifício central de diâmetro igual ao diâmetro externo do tubo de plástico transparente (Fig. 3b). Da parte superior da garrafa, corte o gargalo obtendo um cilindro de aproximadamente 16 cm de altura, deixando uma pequena parte curva do gargalo (aproximadamente 1 cm) para facilitar o encaixe posterior (Fig. 3c).

Da terceira garrafa deve ser cortado o gargalo de forma que a parte inferior, ou seja, o fundo da garrafa, tenha 12 cm (Fig. 3d). Faça dois orifícios laterais com diâmetros iguais ao diâmetro externo do tubo de plástico transparente, sendo que um dos orifícios deve ficar alinhado ao orifício lateral do corte da garrafa conforme a Fig. 3b.

Corte o tubo de plástico transparente em duas partes, uma de 38 cm e outra de 12 cm. Se o estiver curvo, coloque-o em água quente até que fique maleável e, então retirando da água deixe esfriar na forma retilínea. Uma outra alternativa para o tubo plástico, é emendar canudinhos de refrigerante de diâmetro maior.

2. 3 Montagem

Encaixe o cilindro da Fig. 3c ao da Fig. 3a, pelo lado curvo, e passe cola de silicone na emenda do encaixe, obtendo um frasco cilíndrico e passe cola de silicone na emenda. Introduza o tubo transparente nos orifícios como mostrado na Fig. 4 e cole com silicone.



Fig. 4



Fig. 5

Encaixe o frasco da Fig. 3b na montagem anterior e passe cola de silicone na emenda. Introduza o canudinho de refrigerante no furo central colando com cola de silicone, como mostra a Fig. 5.

Passa a fita isolante nas emendas externas para dar acabamento e evitar possíveis vazamentos. Espere a cola de silicone aplicada na montagem secar e depois introduza água no frasco C (ver Fig. 6) através do tubo que o liga ao frasco A, de forma que o nível da água alcance uma altura de aproximadamente 20 cm. Colocando a fonte horizontal a água irá escoar do frasco C para o frasco B através do tubo que os interligam. Colocando a fonte na posição vertical, adicione água no frasco A, estabelecendo uma coluna de água no tubo que interliga este frasco ao C. Esta coluna de água exercerá uma pressão no interior do sistema, maior que a pressão atmosférica, de forma que a água começará a jorrar pelo canudinho de refrigerante. Sugerimos colorir a água para obter melhor efeito visual.

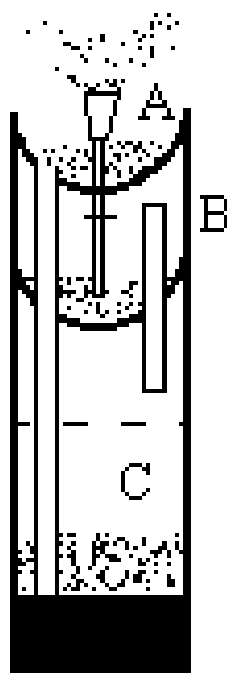


Fig. 6- Uma versão da fonte de Heron, utilizando garrafas de refrigerante descartáveis.

III. Fundamentação teórica do funcionamento da fonte

Considerando que a água se comporta como um fluido ideal, isto é, de viscosidade nula, demonstraremos teoricamente o funcionamento da fonte.

Partindo da situação em que a fonte já esteja em funcionamento e o nível da água constante no frasco A (Fig. 7) e, tomando como referência os pontos 1, 2, 3 e 4 mostrados na figura, temos a partir da equação de Bernoulli (Halliday, 1984):

$$P_{atm} + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

onde, P_{atm} é a pressão atmosférica,

v_1 é a velocidade do nível da água no ponto 1 que é igual a zero,

ρ é a densidade da água,

g é a aceleração gravitacional,

h_1 é a diferença de desnível entre os pontos 1 e 2,

P_2 é a pressão no ponto 2,

V_2 é a velocidade do nível da água no ponto 2.

Assim, temos:

$$P_2 = P_{atm} + \rho g h_1 - \frac{1}{2} \rho v_2^2 \quad (1)$$

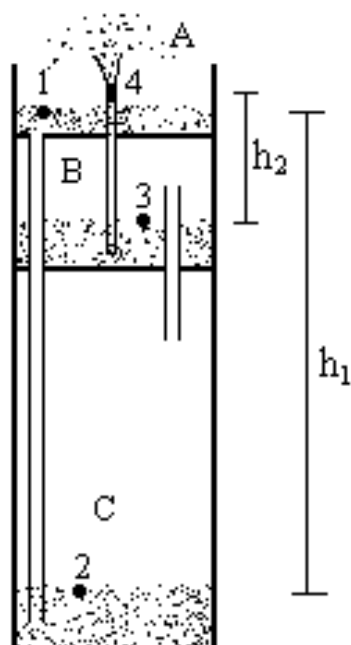


Fig. 7

Dessa forma a pressão no ponto 2 é maior que a pressão atmosférica e considerando que a densidade do ar é muito menor do que a da água, a pressão no ponto 3 (P_3 , veja Fig. 7) torna-se igual a P_2 :

$$P_3 = P_{atm} + \rho g h_1 - \frac{1}{2} \rho v_2^2 \quad (2)$$

Tomando agora os pontos 3 e 4 como referência e aplicando a equação de Bernoulli, temos:

$$P_{atm} + \frac{1}{2} \rho v_4^2 + \rho g h_2 = P_3 + \frac{1}{2} \rho v_3^2 \quad (3)$$

onde, v_4 é a velocidade com que a água jorra no ponto 4, h_2 é o desnível entre os pontos 3 e 4.

Substituindo a eq. 2 na eq. 3, temos:

$$P_{atm} + \rho g h_2 + \frac{1}{2} \rho v_4^2 = P_{atm} + \rho g h_1 - \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \frac{1}{2} \rho v_3^2 \quad (4)$$

A vazão de água jorrada no ponto 4 é igual à vazão de água transportada pelo tubo que interliga os frascos A e C. Sendo os diâmetros internos dos frascos B e C iguais, as velocidades das superfícies dos líquidos contidos nos mesmos também são iguais, ou seja, $v_3 = v_2$. Dessa forma, a eq. 4 reduz-se a:

$$\rho g h_2 + \frac{1}{2} \rho v_4^2 = \rho g h_1$$

Dividindo esta equação por ρ , obtemos:

$$\begin{aligned} v_4^2 &= 2g(h_1 - h_2) \\ v_4 &= \sqrt{2g(h_1 - h_2)} \end{aligned} \quad (5)$$

Assim, para que a fonte funcione é necessário que a altura h_1 seja maior que h_2 . Lembrando que na dedução da velocidade v_4 , foi considerado que a água se comporta como um fluido ideal, não se levando em conta a perda de energia por atrito com as paredes dos tubos durante o escoamento. Dessa forma, para um determinado valor esperado da velocidade v_4 , a diferença $(h_1 - h_2)$ experimentalmente deverá ser maior do que a prevista pela eq. 5.

IV. Referências Bibliográficas

HALLIDAY, R.; RESNICK, R. **Física**. v. 2, 4. ed, Rio de Janeiro, 1984.

PERELMAN, Y. **Physics for Entertainment**. v. 2, 3. ed, Moscow: Mir Publishers, 1975.