

## O experimento de Torricelli e o princípio dos vasos comunicantes

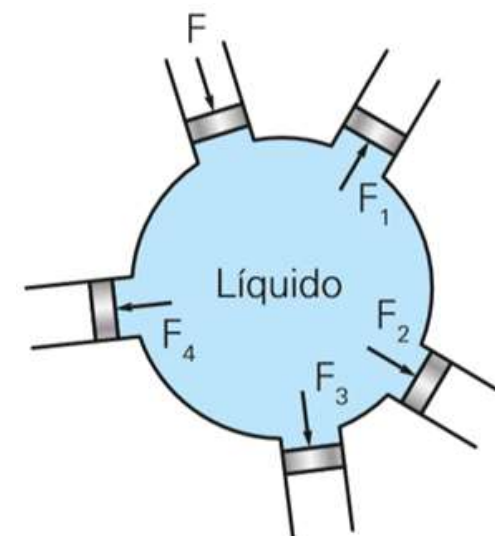
Aula 49 / Pg. 248 / Alfa 7

Apresentação e demais documentos: [fisicasp.com.br](http://fisicasp.com.br)

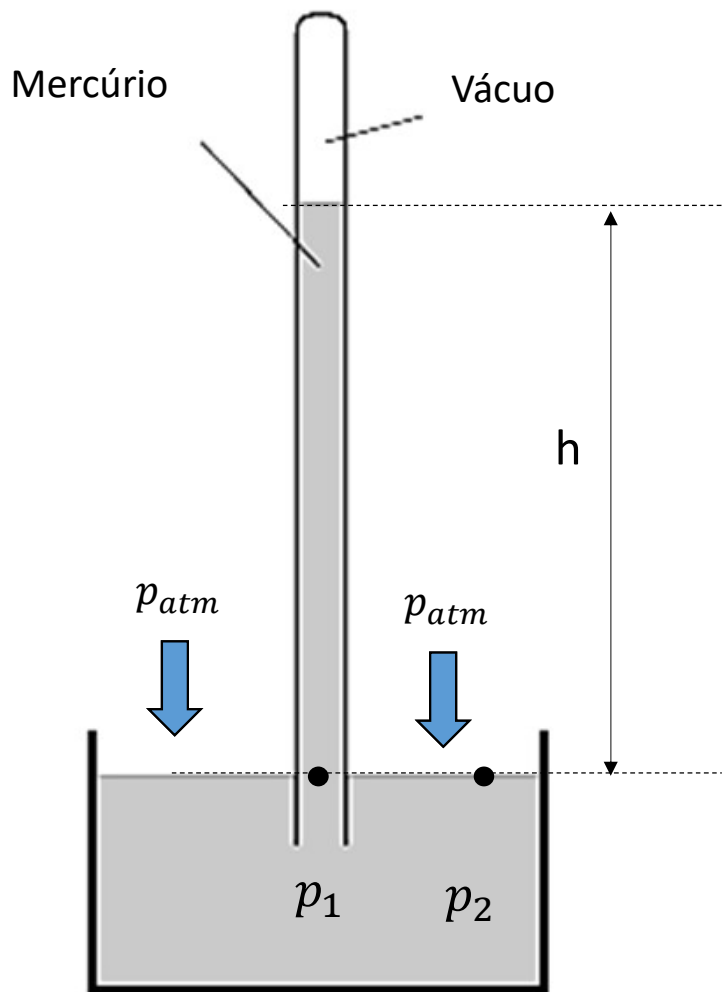
**Professor Caio – Física**

## 1. Hidrostática

- A hidrostática estuda os líquidos em repouso em relação ao recipiente que o contém. O recipiente deve estar em repouso ou MRU em relação à Terra. A hidrostática estuda os líquidos em equilíbrio.
- Os líquidos em equilíbrio só trocam forças normais (forças perpendiculares à superfície considerada). Os líquidos apenas empurram. Não há puxões ou atrito.
- A transmissão da força nos líquidos se dá em todas as direções e sentidos.



## 2. A experiência de Torricelli



Se o líquido for mercúrio

$$p_1 = p_2$$

$$d_{Hg} \cdot g \cdot h = p_{atm}$$

$$13595 \cdot 9,8 \cdot h = 1,01 \cdot 10^5$$

$$133231 \cdot h = 1,01 \cdot 10^5$$

$$1,33 \cdot 10^5 \cdot h = 1,01 \cdot 10^5$$

$$h = \frac{1,01 \cdot 10^5}{1,33 \cdot 10^5} \cong 0,76 \text{ m} = 760 \text{ mm}$$

Se o líquido for água

$$p_1 = p_2$$

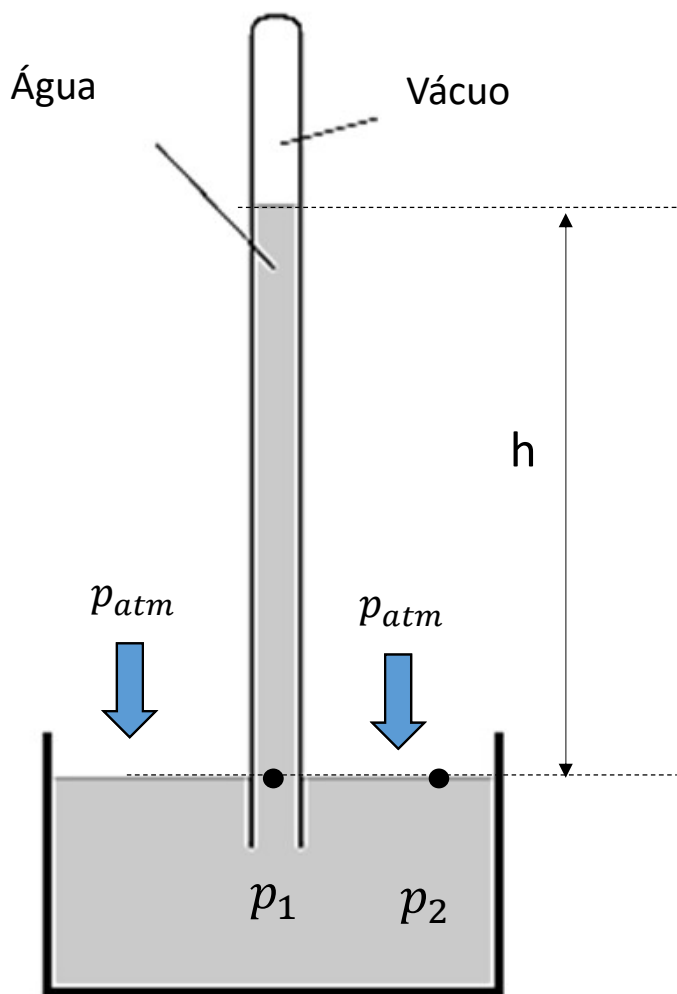
$$d_{\text{água}} \cdot g \cdot h = p_{atm}$$

$$1000 \cdot 9,8 \cdot h = 1,01 \cdot 10^5$$

$$9,8 \cdot 10^3 \cdot h = 1,01 \cdot 10^5$$

$$h = \frac{1,01 \cdot 10^5}{9,8 \cdot 10^3} \cong 0,103 \cdot 10^2 = 10,3 \text{ m}$$

## 2. A experiência de Torricelli



Se o líquido for água

$$p_1 = p_2$$

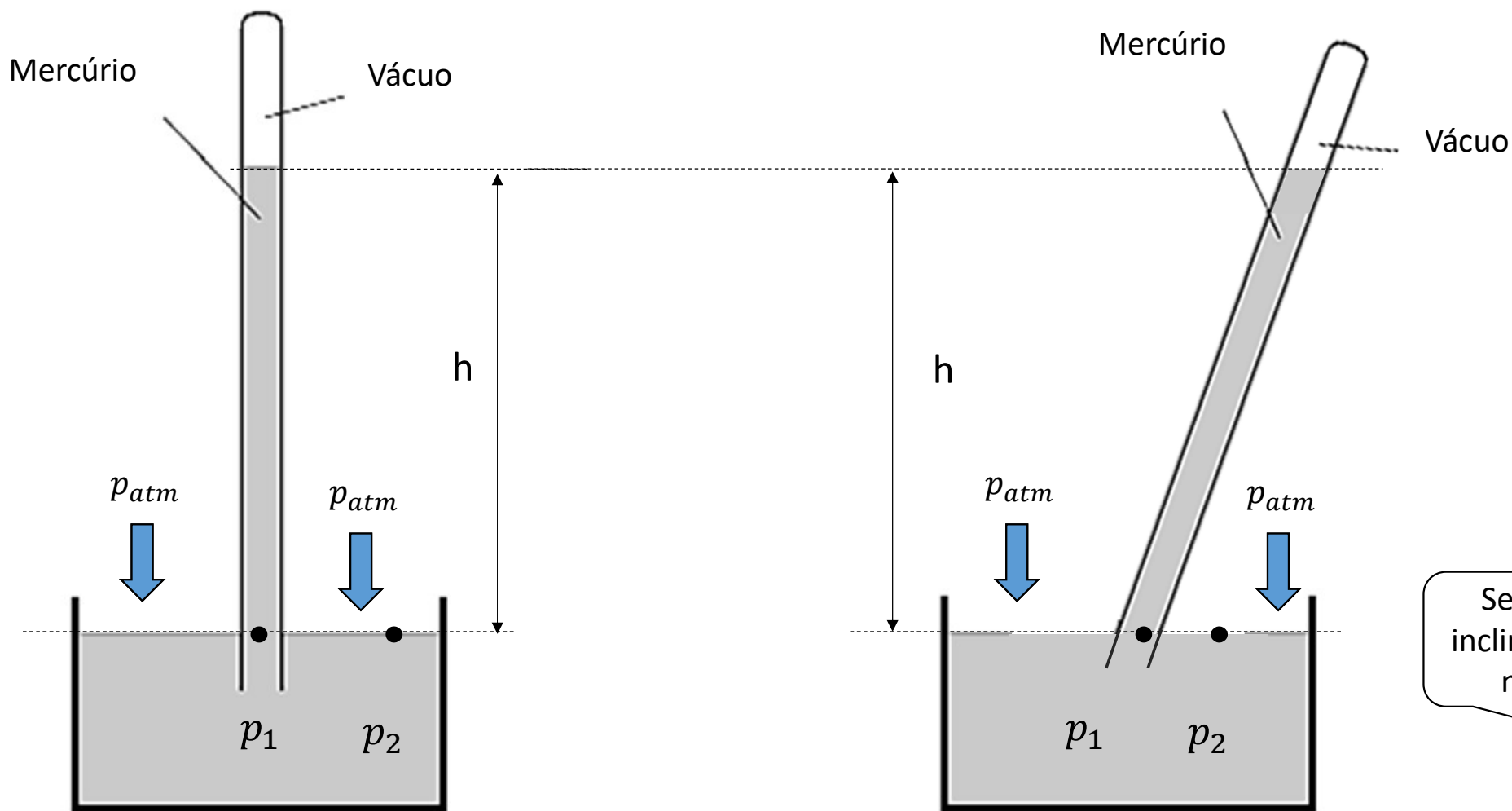
$$d_{\text{água}} \cdot g \cdot h = p_{\text{atm}}$$

$$1000 \cdot 9,8 \cdot h = 1,01 \cdot 10^5$$

$$9,8 \cdot 10^3 \cdot h = 1,01 \cdot 10^5$$

$$h = \frac{1,01 \cdot 10^5}{9,8 \cdot 10^3} \cong 0,103 \cdot 10^2 = 10,3 \text{ m}$$

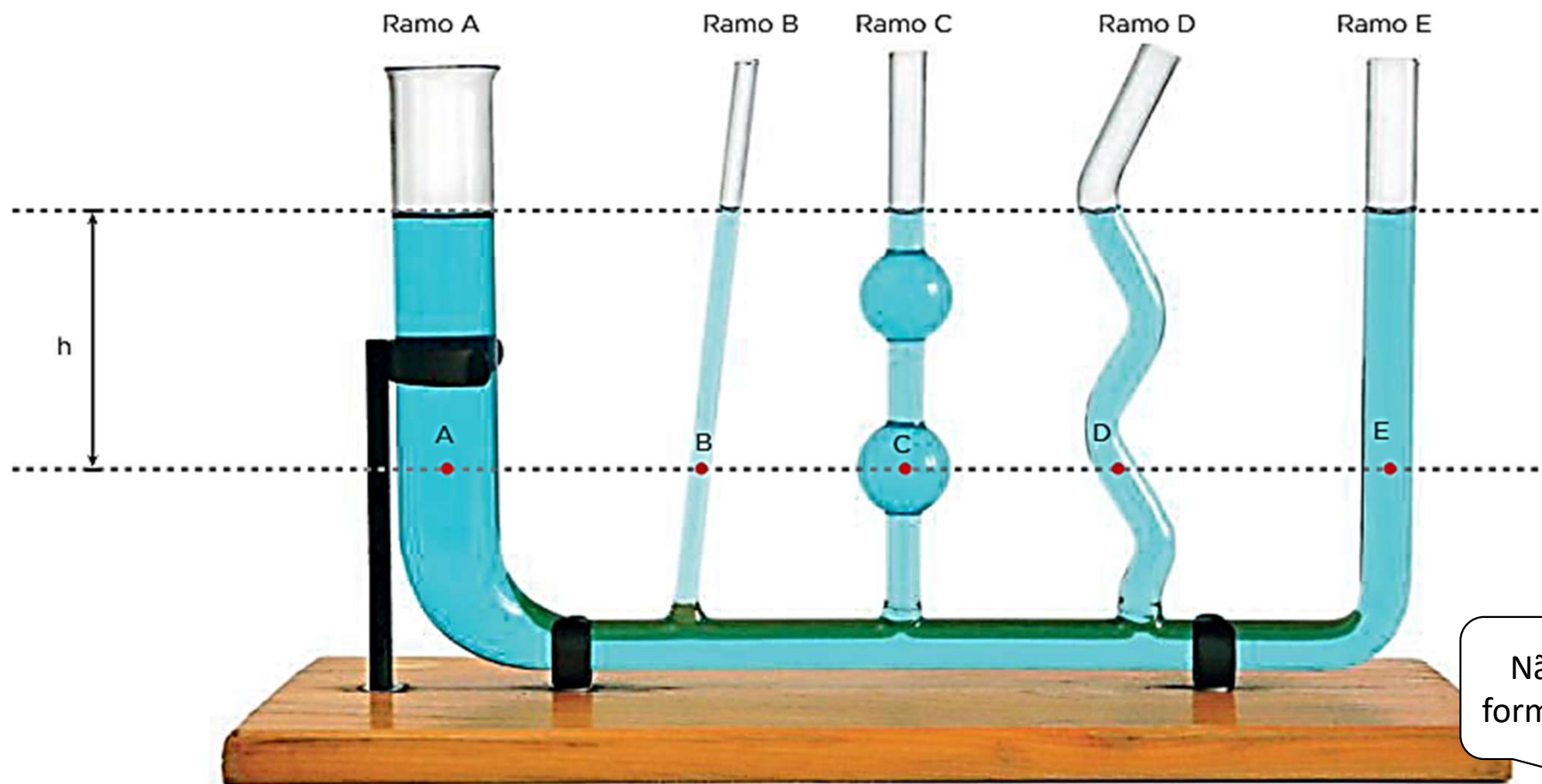
## 2. A experiência de Torricelli



Se o tubo for inclinado a altura não muda



### 3. Princípio dos vasos comunicantes

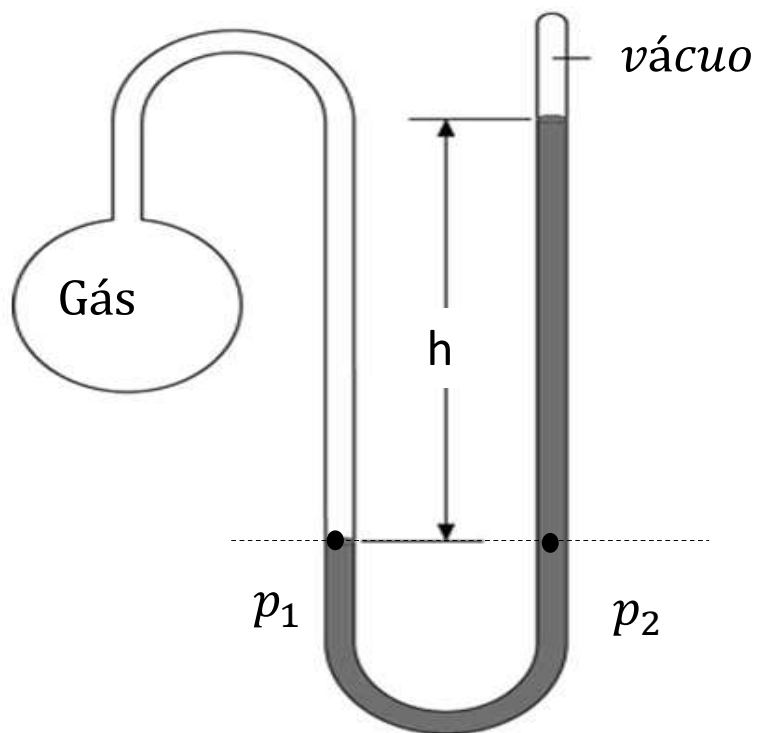


$$p_A = p_B = p_C = p_D = p_E$$



### 3. Princípio dos vasos comunicantes

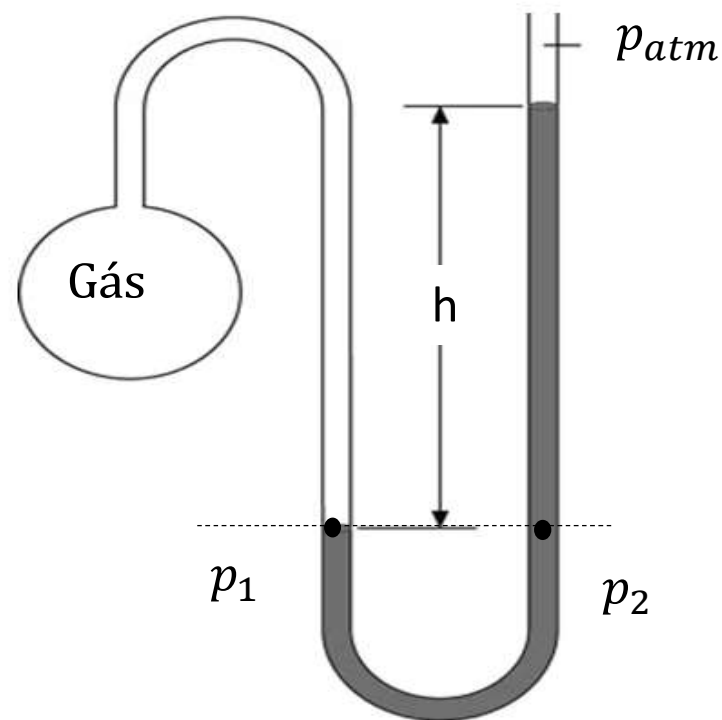
Manômetro de tubo fechado



$$p_1 = p_2$$

$$p_{gás} = d_{líq} \cdot g \cdot h$$

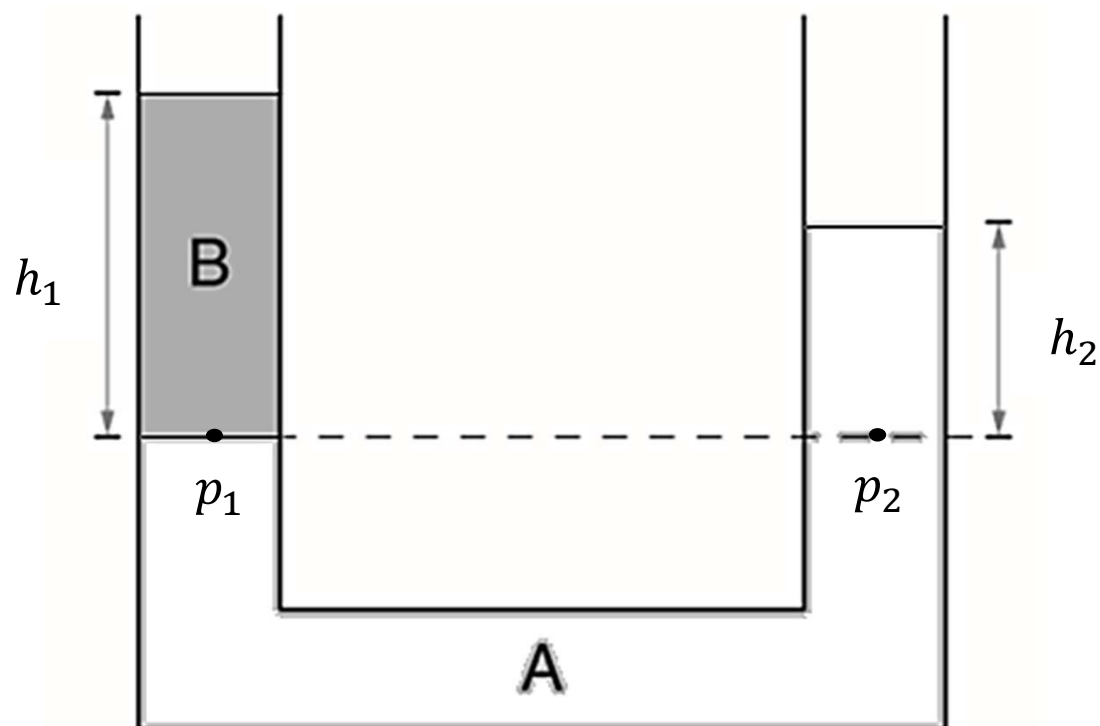
Manômetro de tubo aberto



$$p_1 = p_2$$

$$p_{gás} = d_{líq} \cdot g \cdot h + p_{atm}$$

#### 4. Vasos comunicantes preenchidos com líquidos imiscíveis



$$p_1 = p_2$$

~~$$p_{atm} + d_B \cdot g \cdot h_1 = p_{atm} + d_A \cdot g \cdot h_2$$~~

$$d_B \cdot h_1 = d_A \cdot h_2$$

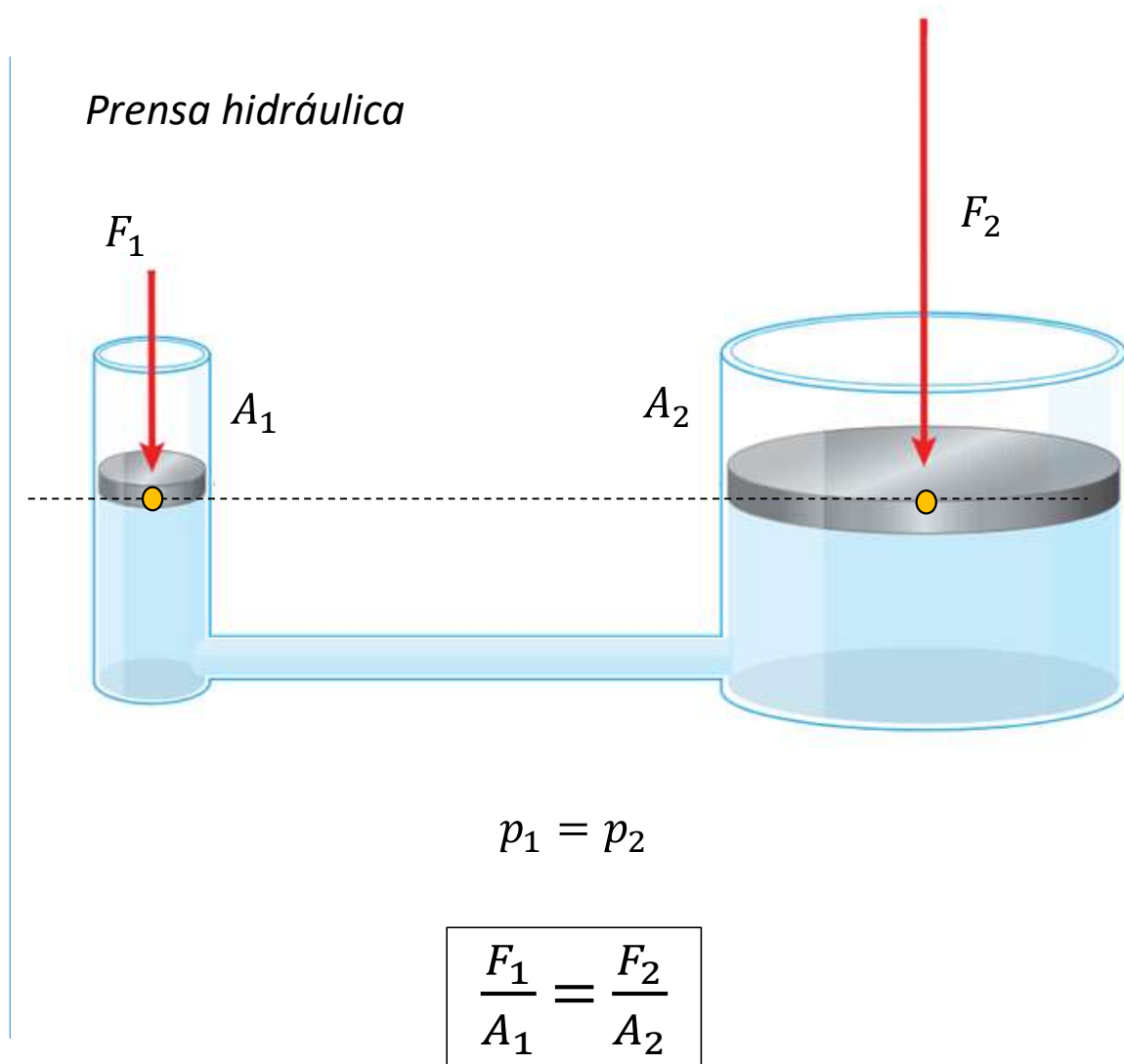
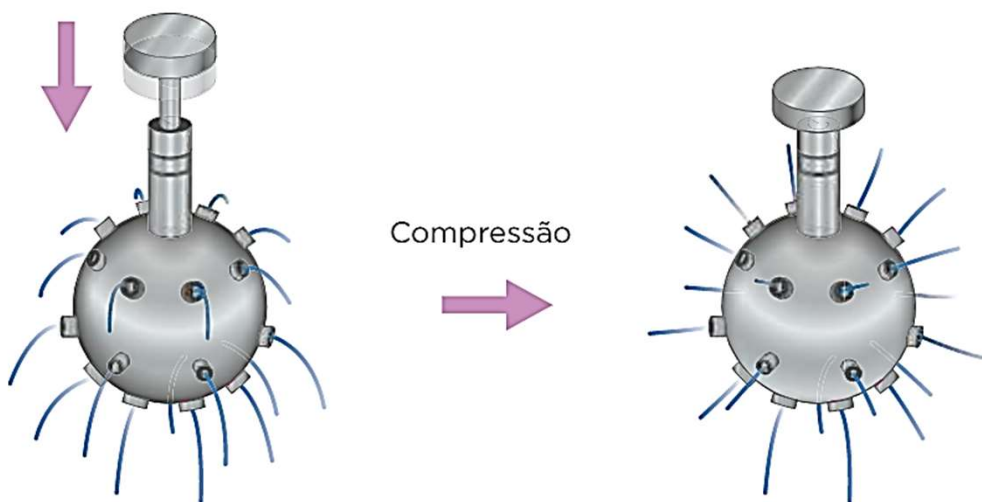
Pontos sobre a mesma linha horizontal e imersos no mesmo líquido estão submetidos a mesma pressão



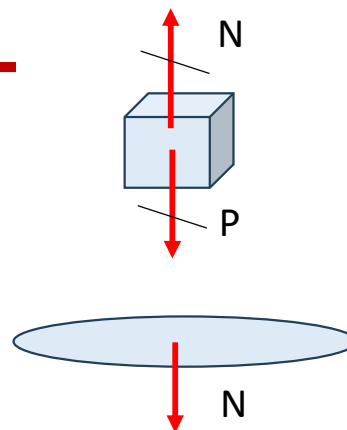
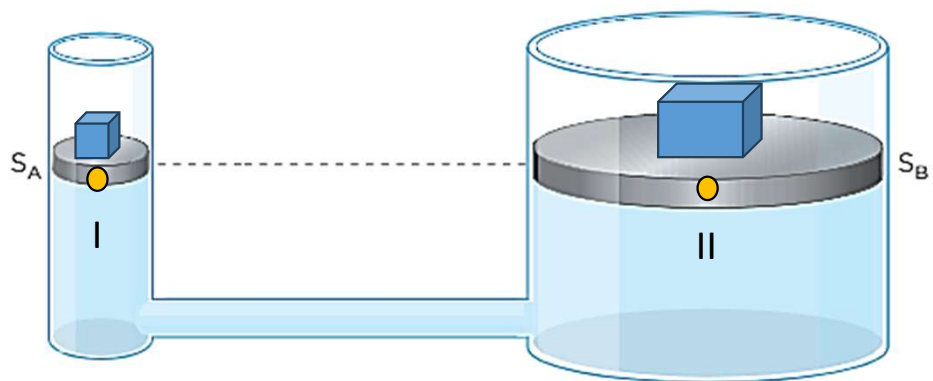


## 5. Princípio de Pascal

Para fluídos incompressíveis, em equilíbrio e em um recipiente fechado, o acréscimo de pressão em um ponto é integralmente transmitido aos demais pontos.



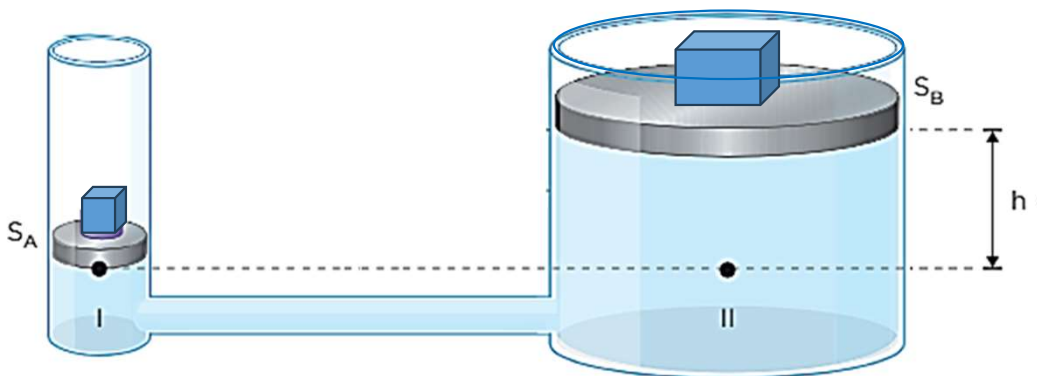
## 5. Princípio de Pascal



$$F \rightarrow N = P$$

$$p_I = p_{II}$$

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$



$$p_I = p_{II}$$

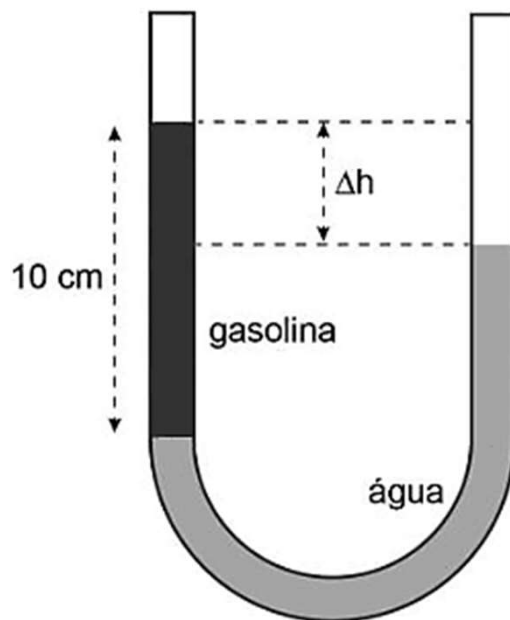
$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} + dgh$$

## 5. Princípio de Pascal



## Exercícios da apostila

1. (PUC-RJ) Um tubo em forma de U, aberto nos dois extremos e de seção reta constante, tem em seu interior água e gasolina, como mostrado na figura.



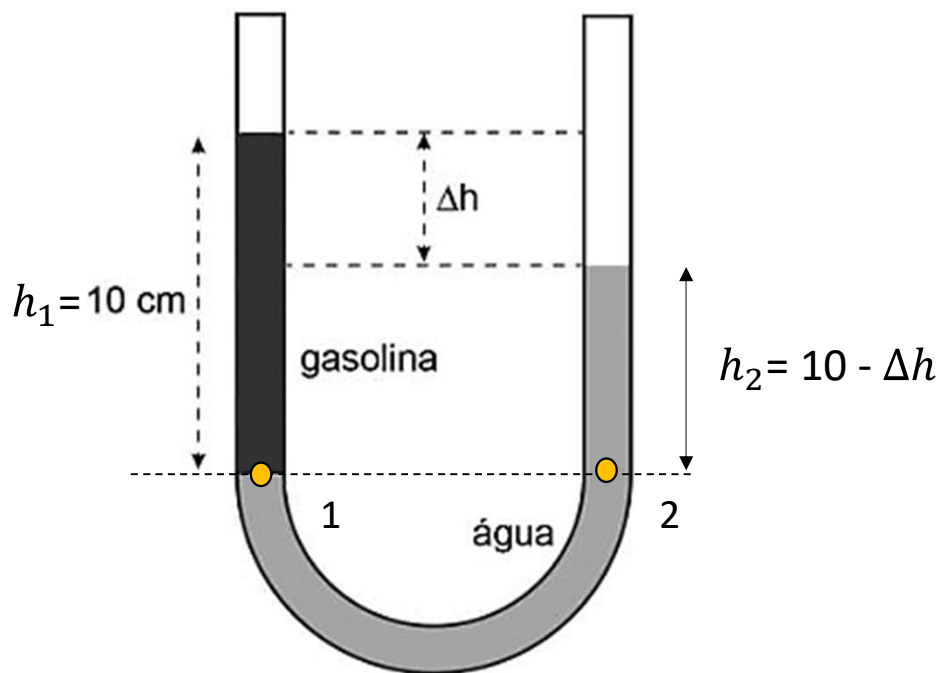
Sabendo que a coluna de gasolina (à esquerda) é de 10 cm, qual é a diferença de altura  $\Delta h$ , em cm, entre as duas colunas?

- a) 0,75
- b) 2,5
- c) 7,5
- d) 10
- e) 25

Dados:

- densidade volumétrica da água  $\rho_{\text{água}} = 1 \text{ g/cm}^3$
- densidade volumétrica da gasolina  $\rho_{\text{gasolina}} = 0,75 \text{ g/cm}^3$

Sabendo que a coluna de gasolina (à esquerda) é de 10 cm, qual é a diferença de altura  $\Delta h$ , em cm, entre as duas colunas?



$$p_1 = p_2$$

~~$$p_{atm} + d_g \cdot g \cdot h_1 = p_{atm} + d_a \cdot g \cdot h_2$$~~

$$d_g \cdot h_1 = d_a \cdot h_2$$

$$0,75 \cdot 10 = 1 \cdot (10 - \Delta h)$$

$$7,5 = 10 - \Delta h$$

$$\Delta h = 10 - 7,5$$

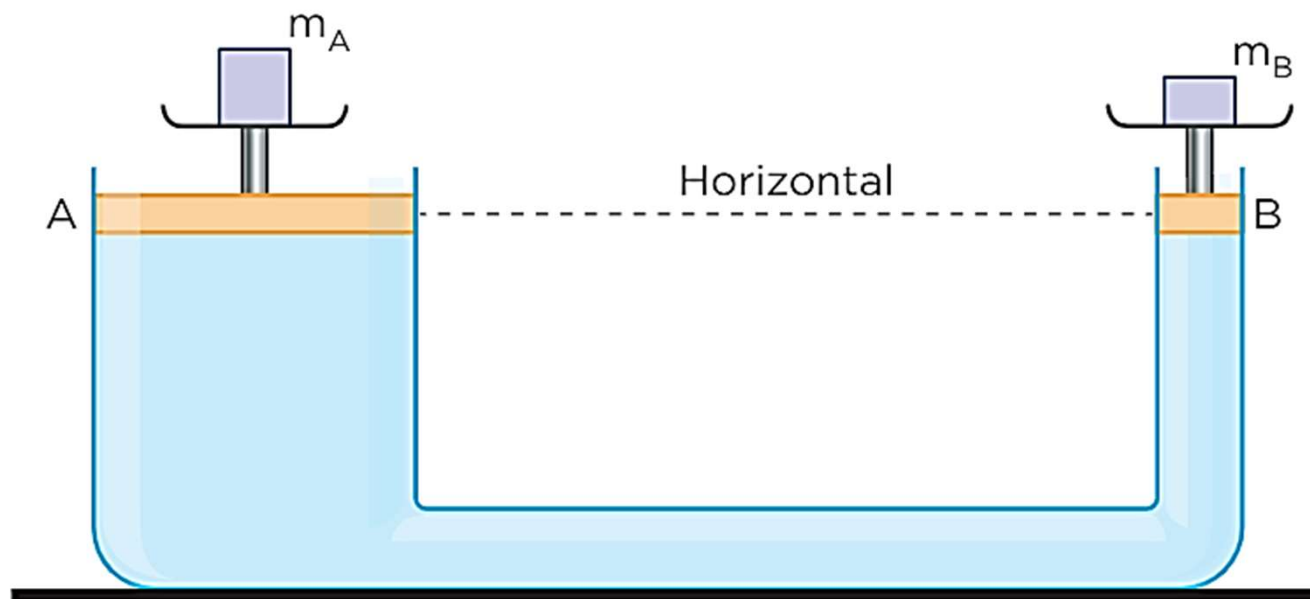
$$\therefore \Delta h = 2,5 \text{ cm}$$

- a) 0,75   **b) 2,5**   c) 7,5   d) 10   e) 25

Dados:

- densidade volumétrica da água  $\rho_{\text{água}} = 1 \text{ g/cm}^3$
- densidade volumétrica da gasolina  $\rho_{\text{gasolina}} = 0,75 \text{ g/cm}^3$

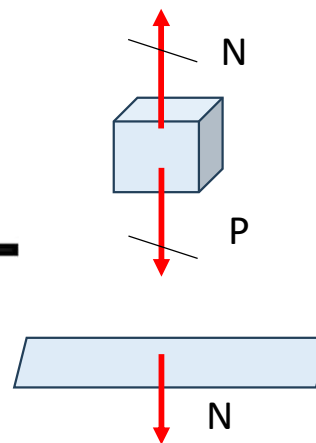
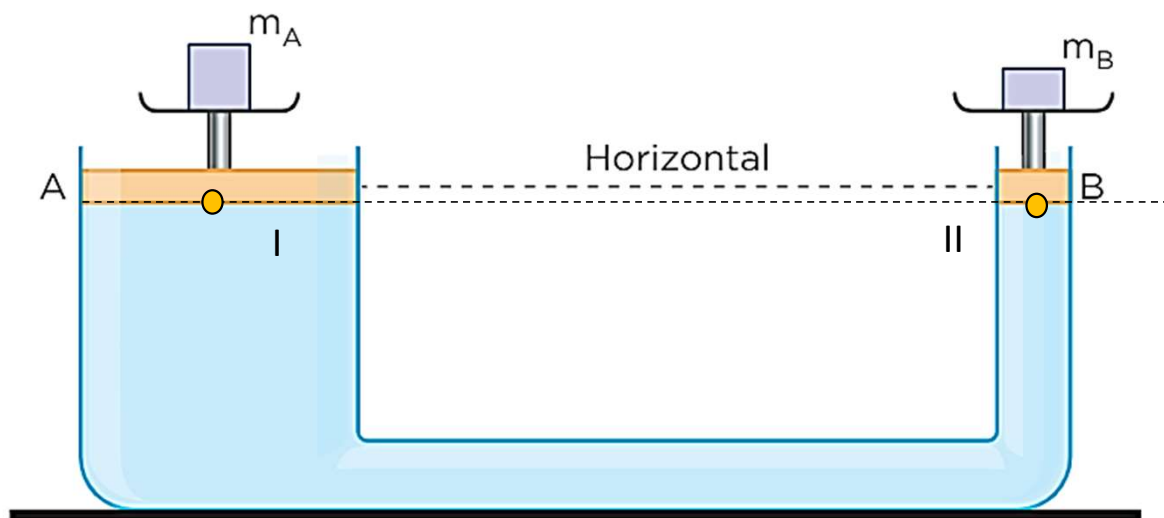
2. (Fuvest-SP) Considere o arranjo da figura a seguir, onde um líquido está confinado na região delimitada pelos êmbolos A e B, de áreas  $S_A = 80 \text{ cm}^2$  e  $S_B = 20 \text{ cm}^2$ , respectivamente.



O sistema está em equilíbrio. Despreze os pesos dos êmbolos e os atritos. Se  $m_A = 4,0 \text{ kg}$ , qual o valor de  $m_B$ ?

- a) 4 kg
- b) 16 kg
- c) 1 kg
- d) 8 kg
- e) 2 kg

2. (Fuvest-SP) Considere o arranjo da figura a seguir, onde um líquido está confinado na região delimitada pelos êmbolos A e B, de áreas  $S_A = 80 \text{ cm}^2$  e  $S_B = 20 \text{ cm}^2$ , respectivamente.



$$p_I = p_{II}$$

$$\frac{F_A}{A_A} = \frac{F_B}{A_B}$$

$$\frac{P_A}{A_A} = \frac{P_B}{A_B}$$

~~$$\frac{m_A \cdot g}{A_A} = \frac{m_B \cdot g}{A_B}$$~~

~~$$4 \frac{4}{80} = \frac{m_B}{20} \cdot 1$$~~

O sistema está em equilíbrio. Despreze os pesos dos êmbolos e os atritos. Se  $m_A = 4,0 \text{ kg}$ , qual o valor de  $m_B$ ?

- a) 4 kg   b) 16 kg   **c) 1 kg**   d) 8 kg   e) 2 kg

$$\therefore m_B = 1 \text{ kg}$$



## Exercícios da apostila

1. (ENEM) Talvez você já tenha bebido suco usando dois canudinhos iguais. Entretanto, pode-se verificar que, se colocar um canudo imerso no suco e outro do lado de fora do líquido, fazendo a sucção simultaneamente em ambos, você tem dificuldade em bebê-lo.

Essa dificuldade ocorre porque o(a)

- a) força necessária para a sucção do ar e do suco simultaneamente dobra de valor.
- b) densidade do ar é menor que a do suco, portanto, o volume de ar aspirado é muito maior que o volume de suco.
- c) velocidade com que o suco sobe deve ser constante nos dois canudos, o que é impossível com um dos canudos de fora.
- d) peso da coluna de suco é consideravelmente maior que o peso da coluna de ar, o que dificulta a sucção do líquido.
- e) pressão no interior da boca assume praticamente o mesmo valor daquela que atua sobre o suco.

1. (ENEM) Talvez você já tenha bebido suco usando dois canudinhos iguais. Entretanto, pode-se verificar que, se colocar um canudo imerso no suco e outro do lado de fora do líquido, fazendo a sucção simultaneamente em ambos, você tem dificuldade em bebê-lo. Essa dificuldade ocorre porque o(a)

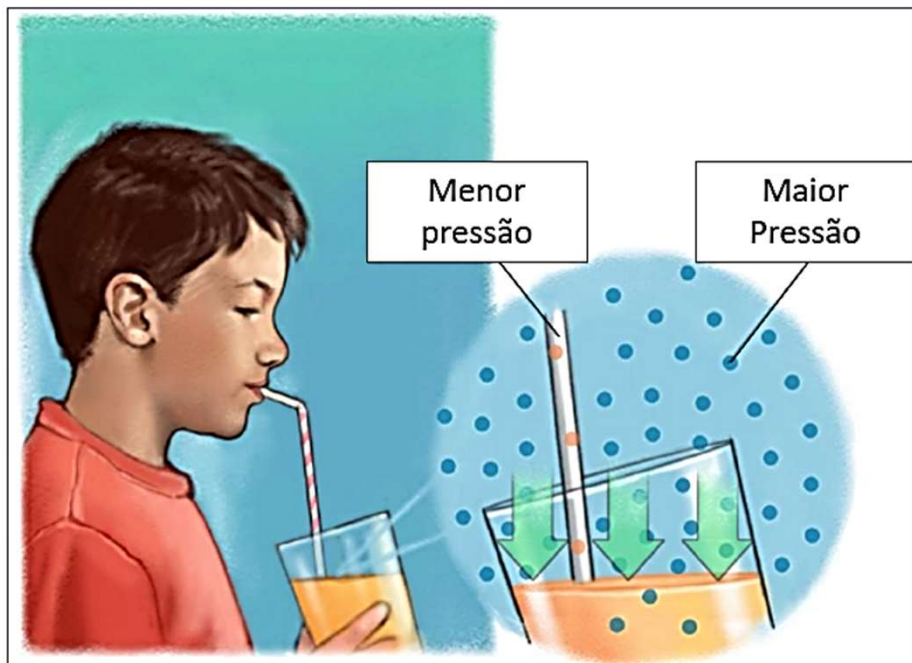
a) força necessária para a sucção do ar e do suco simultaneamente dobra de valor.

b) densidade do ar é menor que a do suco, portanto, o volume de ar aspirado é muito maior que o volume de suco.

c) velocidade com que o suco sobe deve ser constante nos dois canudos, o que é impossível com um dos canudos de fora.

d) peso da coluna de suco é consideravelmente maior que o peso da coluna de ar, o que dificulta a sucção do líquido.

e) pressão no interior da boca assume praticamente o mesmo valor daquela que atua sobre o suco.



Diferença de pressão: o líquido sobe



Não há diferença de pressão: o líquido não sobe

2. (Unesp-SP) Para realizar a experiência que leva seu nome, Torricelli tomou um tubo de vidro, com cerca de 1 metro de comprimento, fechou uma de suas extremidades e encheu-o completamente com mercúrio (Figura I). Tampando a extremidade livre e invertendo o tubo, mergulhou essa extremidade em um recipiente que também continha mercúrio. Ao destapar o tubo, Torricelli verificou que o nível da coluna líquida descia, até estacionar a uma altura de cerca de 76 cm acima do nível do mercúrio no recipiente (Figura II).

Concluiu, então, que a pressão atmosférica,  $P_{atm}$ , atuando na superfície do líquido no recipiente, equilibrava a coluna do mercúrio e, portanto, que a pressão atmosférica equivalia à pressão exercida pelo peso de uma coluna de mercúrio de 76 cm.

a) Se essa experiência fosse realizada na Lua, em condições tais que o mercúrio não se solidificasse, toda a coluna líquida desceria para o recipiente. Explique porquê.

b) Determine a altura da coluna de mercúrio, imaginando essa experiência realizada em um planeta onde a pressão atmosférica fosse 10 vezes menor que a pressão atmosférica na Terra e a aceleração da gravidade na superfície 2,5 vezes menor que a aceleração da gravidade na Terra.

Suponha desprezível a variação de massa específica do mercúrio com a gravidade e com a temperatura.

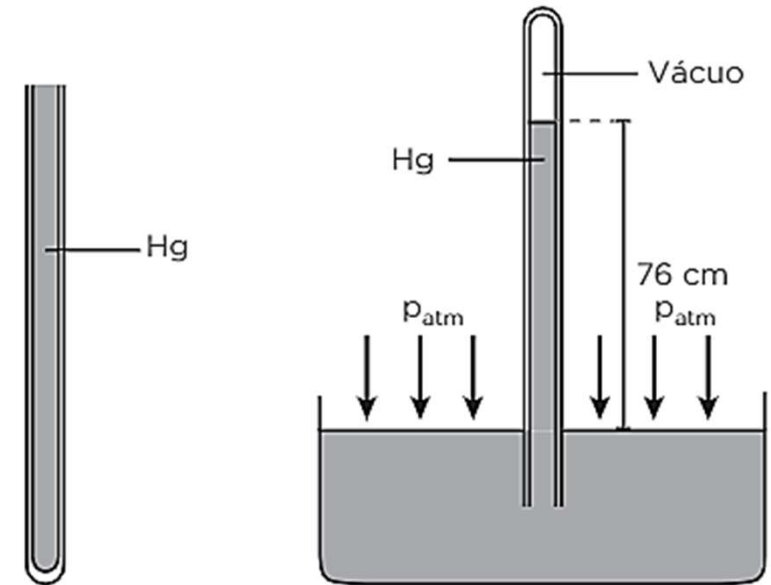
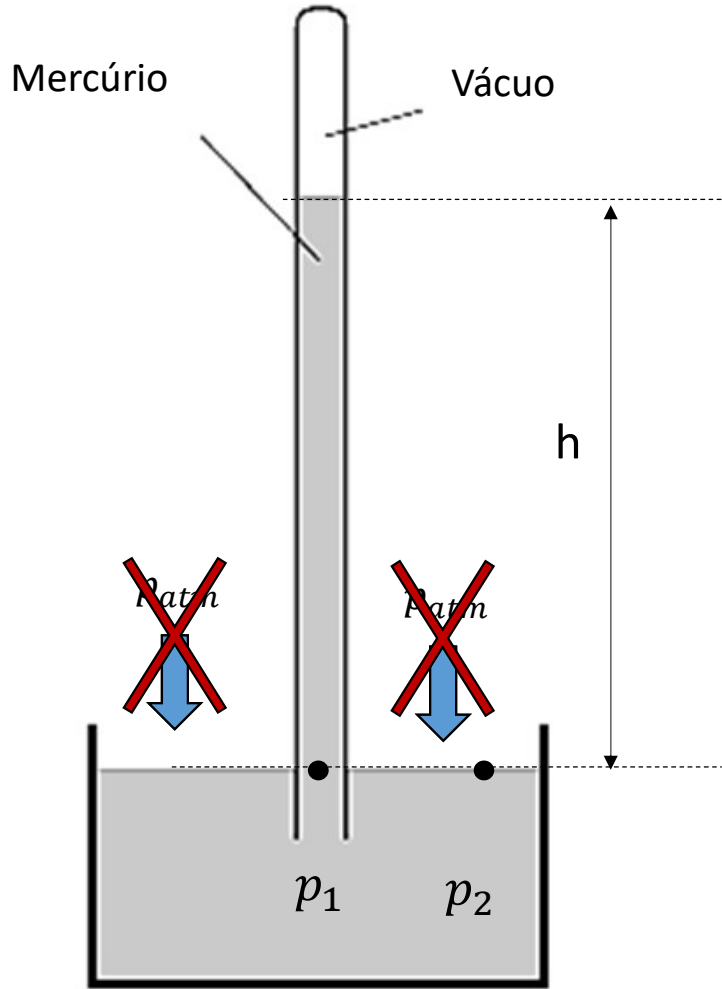


Figura I

Figura II

a) Se essa experiência fosse realizada na Lua, em condições tais que o mercúrio não se solidificasse, toda a coluna líquida desceria para o recipiente. Explique porquê.



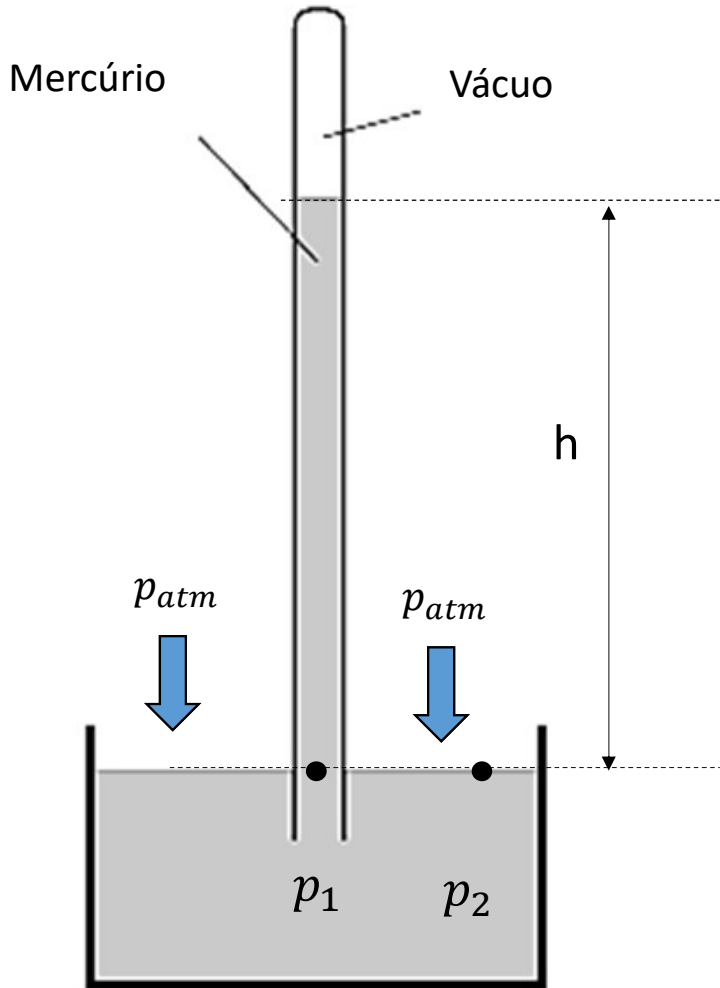
Na Lua

$$p_1 = p_2$$

$$d_{Hg} \cdot g \cdot h = \cancel{p_{atm}}^0$$

Na Lua não existe atmosfera, logo a pressão atmosférica é nula. Dessa maneira, a coluna desceria para o recipiente.

b) Determine a altura da coluna de mercúrio, imaginando essa experiência realizada em um planeta onde a pressão atmosférica fosse 10 vezes menor que a pressão atmosférica na Terra e a aceleração da gravidade na superfície 2,5 vezes menor que a aceleração da gravidade na Terra.



Na Terra

$$p_1 = p_2$$

$$d_{Hg} \cdot g \cdot h = p_{atm}$$

$$h = \frac{p}{d \cdot g} = 76 \text{ cm}$$

No planeta

$$p_1 = p_2$$

$$d_{Hg} \cdot g' \cdot h' = p'_{atm}$$

$$h' = \frac{p'}{d \cdot g'}$$



$$h' = \frac{\frac{p}{10}}{d \cdot \frac{g}{2,5}}$$

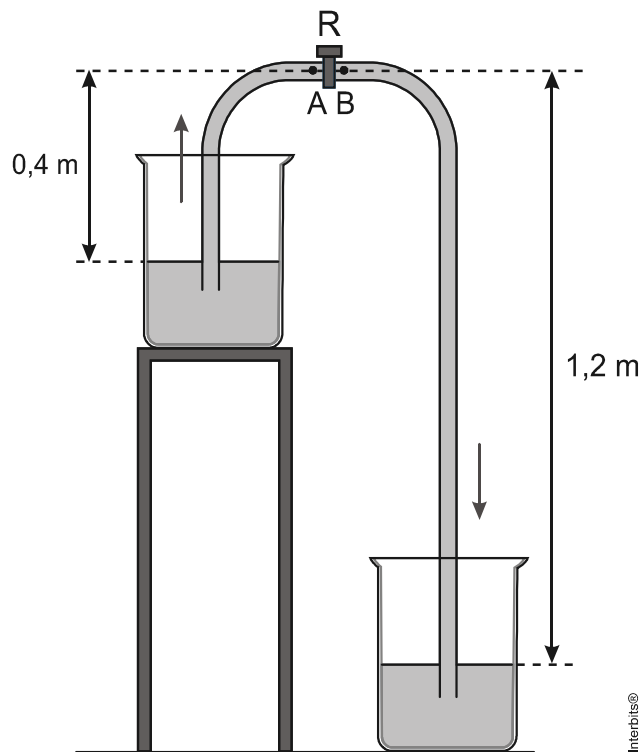
$$h' = \frac{2,5 \cdot p}{10 \cdot d \cdot g}$$

$$h' = \frac{1}{4} \cdot \frac{p}{d \cdot g} = \frac{1}{4} \cdot 76$$

$$\therefore h' = 19 \text{ cm}$$

## Exercício do Caio

1. (Unesp 2013) O sifão é um dispositivo que permite transferir um líquido de um recipiente mais alto para outro mais baixo, por meio, por exemplo, de uma mangueira cheia do mesmo líquido. Na figura, que representa, esquematicamente, um sifão utilizado para transferir água de um recipiente sobre uma mesa para outro no piso, R é um registro que, quando fechado, impede o movimento da água. Quando o registro é aberto, a diferença de pressão entre os pontos A e B provoca o escoamento da água para o recipiente de baixo.

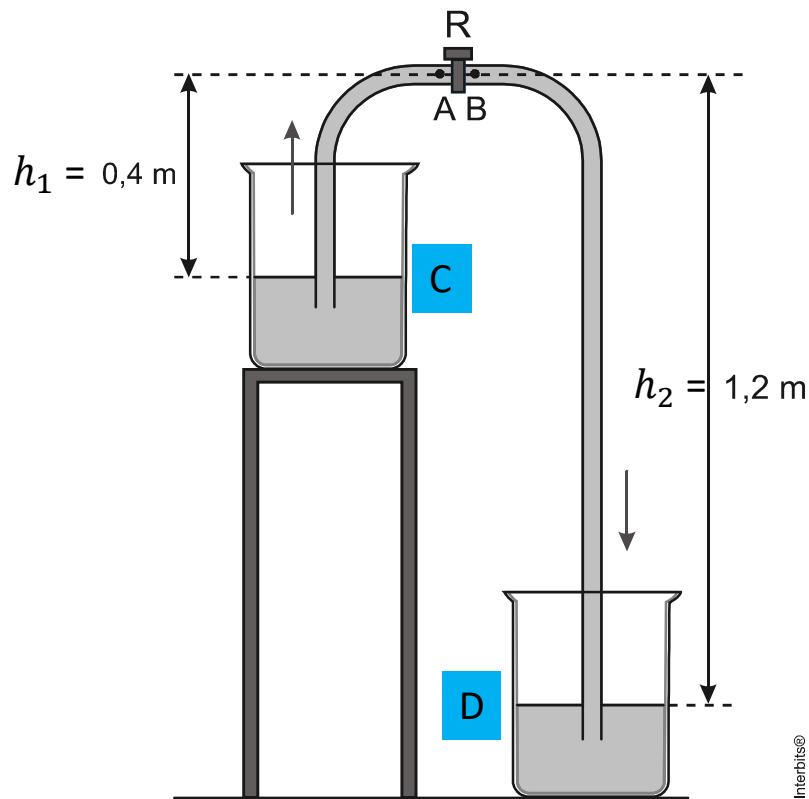


Considere que os dois recipientes estejam abertos para a atmosfera, que a densidade da água seja igual a  $10^3 \text{ kg/m}^3$  e que  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . De acordo com as medidas indicadas na figura, com o registro R fechado, a diferença de pressão , entre os pontos A e B, em pascal, é igual a

- a) 4 000. b) 10 000. c) 2 000. d) 8 000. e) 12 000.



1. (Unesp 2013) O sifão é um dispositivo que permite transferir um líquido de um recipiente mais alto para outro mais baixo, por meio, por exemplo, de uma mangueira cheia do mesmo líquido. Na figura, que representa, esquematicamente, um sifão utilizado para transferir água de um recipiente sobre uma mesa para outro no piso, R é um registro que, quando fechado, impede o movimento da água. Quando o registro é aberto, a diferença de pressão entre os pontos A e B provoca o escoamento da água para o recipiente de baixo.



Considere que os dois recipientes estejam abertos para a atmosfera, que a densidade da água seja igual a  $10^3 \text{ kg/m}^3$  e que  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . De acordo com as medidas indicadas na figura, com o registro R fechado, a diferença de pressão, entre os pontos A e B, em pascal, é igual a

- a) 4 000. b) 10 000. c) 2 000. **d) 8 000.** e) 12 000.

$$p_C - p_A = d \cdot g \cdot h_1$$

$$p_{atm} - p_A = 10^3 \cdot 10 \cdot 0,4 \Rightarrow p_{atm} - p_A = 4000 \Rightarrow p_{atm} = 4000 + p_A$$

$$p_D - p_B = d \cdot g \cdot h_2$$

$$p_{atm} - p_B = 10^3 \cdot 10 \cdot 1,2 \Rightarrow p_{atm} - p_B = 12000$$

$$(4000 + p_A) - p_B = 12000$$

$$p_A - p_B = 12000 - 4000$$

$$\therefore p_A - p_B = 8000 \text{ Pa}$$