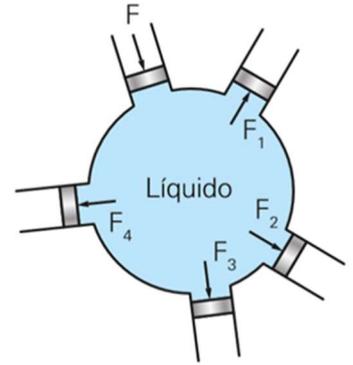


## O experimento de Torricelli e o princípio dos vasos comunicantes

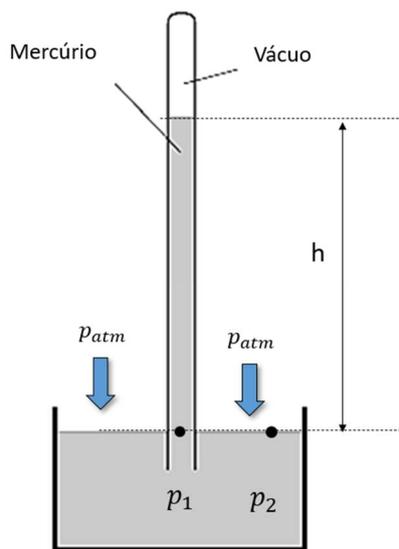
- Aula 49 / Pg. 248 / Alfa 7

### 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.



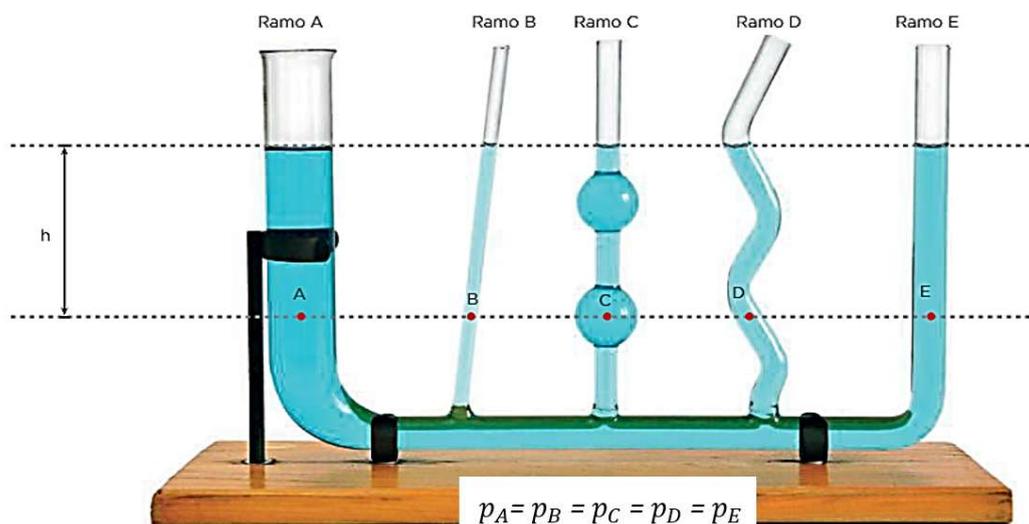
### 2. A experiência de Torricelli



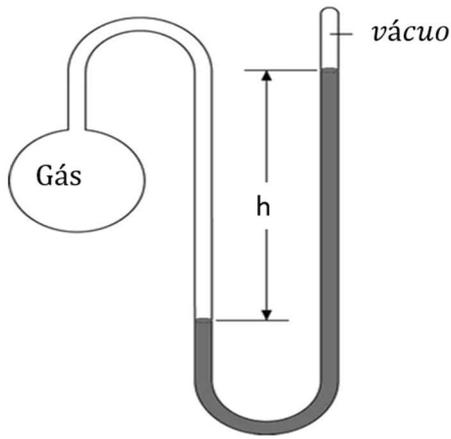
Se o líquido for mercúrio

Se o líquido for água

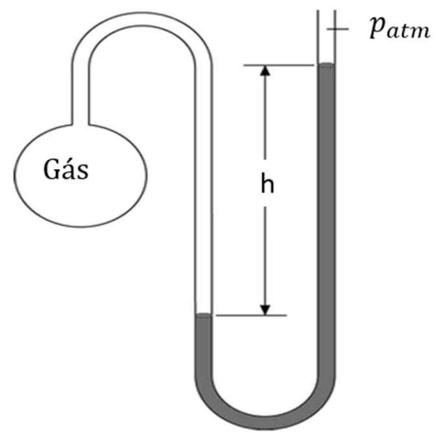
### 3. Princípio dos vasos comunicantes



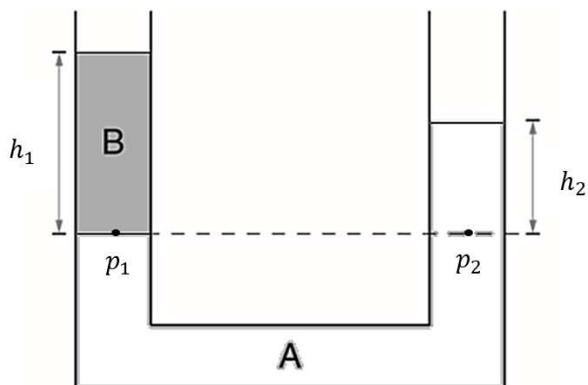
Manômetro de tubo fechado



Manômetro de tubo aberto



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



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



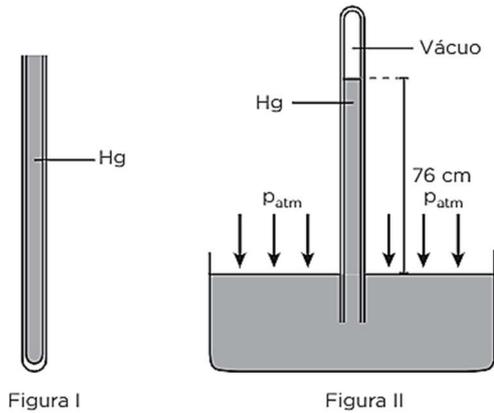
#### Exercícios

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.

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.

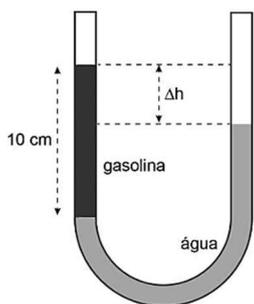


a) Se essa experiência fosse realizada na Lua, em condições tais que o mercúrio não se solidificasse, toda a coluna líquida desceria para o recipiente. Explique porquê.

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.

3. (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  $\rho_{\text{gasolina}} = 0,75 \text{ g/cm}^3$

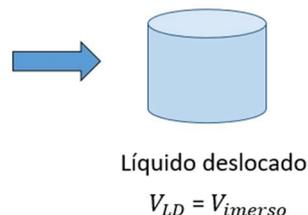
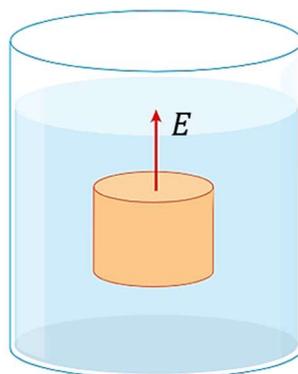
# Empuxo e teorema de Arquimedes

- Aulas 51 e 52 / Caderno 7 / Página 254

## 1. Empuxo

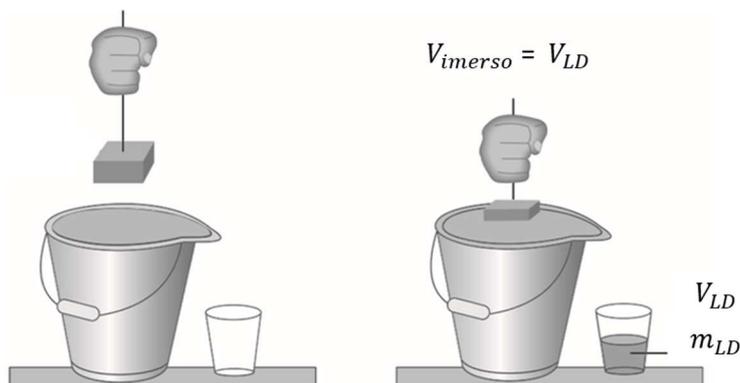
Todo corpo imerso em um fluido, totalmente ou parcialmente, fica sujeito a uma força denominada empuxo ( $\vec{E}$ ) com as seguintes características:

- $\vec{E}$  {
- Intensidade:  $E = d_L \cdot V_{LD} \cdot g$
  - Direção: vertical
  - Sentido: para cima



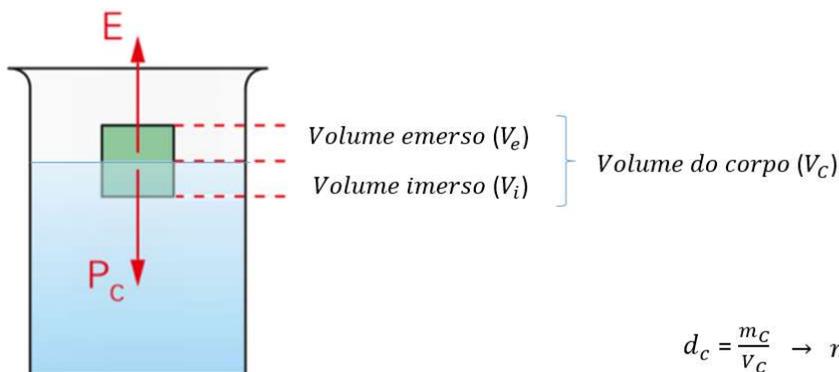
- E: empuxo – SI: N
- $V_{LD}$ : líquido deslocado – SI:  $m^3$
- $d_L$ : densidade do líquido – SI:  $kg/m^3$
- g: intensidade do campo gravitacional – SI:  $m/s^2$

## 2. Teorema de Arquimedes



Quando o corpo ou parte dele é imerso no líquido, ocorre um deslocamento do líquido que é igual ao volume do corpo que está imerso. O empuxo tem a mesma intensidade do peso do líquido deslocado.

## 3. Corpo parcialmente imerso e em equilíbrio



No equilíbrio

$$E = P_c$$

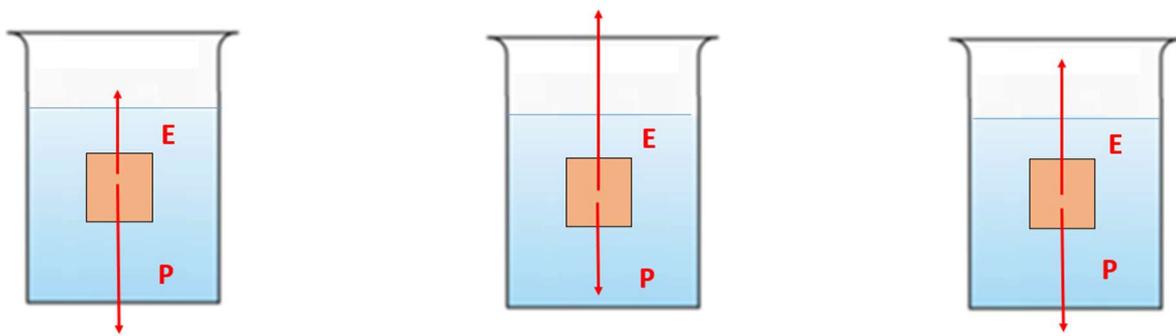
$$d_L \cdot V_i \cdot g = m_c \cdot g$$

$$d_c = \frac{m_c}{V_c} \rightarrow m_c = d_c \cdot V_c$$

$$d_L \cdot V_i = m_c$$

$$d_L \cdot V_i = d_c \cdot V_c \quad \therefore \quad \boxed{\frac{V_i}{V_c} = \frac{d_c}{d_L}}$$

#### 4. Corpo totalmente imerso ( $V_{\text{corpo}} = V_{LD}$ )



$$d_C > d_L$$

$$P_C > E$$

O corpo afunda

$$d_C < d_L$$

$$P_C < E$$

O corpo sobe

$$d_C = d_L$$

$$P_C = E$$

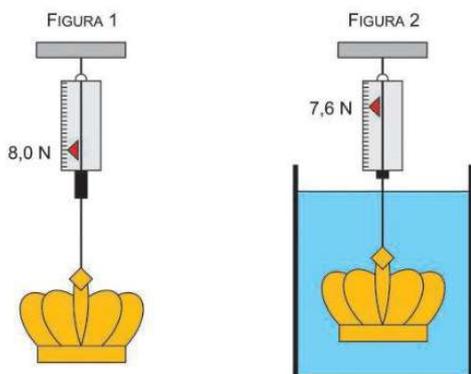
O corpo permanece em equilíbrio

#### Exercícios

1. ENEM Durante uma obra em um clube, um grupo de trabalhadores teve de remover uma escultura de ferro maciço colocada no fundo de uma piscina vazia. Cinco trabalhadores amarraram cordas à escultura e tentaram puxá-la para cima, sem sucesso. Se a piscina for preenchida com água, ficará mais fácil para os trabalhadores removerem a escultura, pois a

- escultura flutuará. Dessa forma, os homens não precisarão fazer força para remover a escultura do fundo.
- escultura ficará com peso menor. Dessa forma, a intensidade da força necessária para elevar a escultura será menor.
- água exercerá uma força na escultura proporcional a sua massa, e para cima. Esta força se somará à força que os trabalhadores fazem para anular a ação da força peso da escultura.
- água exercerá uma força na escultura para baixo, e esta passará a receber uma força ascendente do piso da piscina. Esta força ajudará a anular a ação da força peso na escultura.
- água exercerá uma força na escultura proporcional ao seu volume, e para cima. Esta força se somará à força que os trabalhadores fazem, podendo resultar em uma força ascendente maior que o peso da escultura.

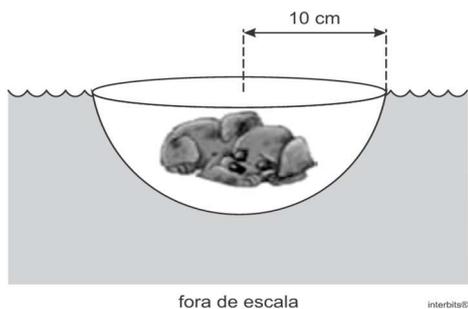
2. (Unifesp) Para determinar a densidade de uma coroa metálica maciça, foi realizado um experimento em que ela foi pendurada em um dinamômetro ideal por dois modos diferentes: um no ar e outro totalmente imersa na água em equilíbrio contida em um recipiente, de acordo com as figuras 1 e 2, respectivamente. Na primeira situação, o dinamômetro indicou 8,0 N e, na segunda situação, indicou 7,6 N.



Sabendo que a densidade da água é  $10^3 \text{ kg/m}^3$  e adotando  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,

- represente as forças que agem na coroa na situação da figura 2 e calcule a massa dessa coroa, em kg.
- calcule a densidade, em  $\text{kg/m}^3$ , dessa coroa.

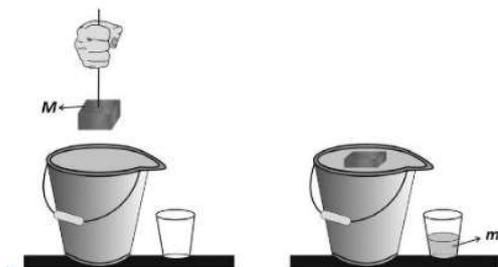
3. (Unesp 2016) Um filhote de cachorro cochila dentro de uma semiesfera de plástico de raio 10 cm, a qual flutua em uma piscina de águas paradas, totalmente submersa e em equilíbrio, sem que a água entre nela.



Desprezando a massa da semiesfera, considerando a densidade da água da piscina igual a  $10^3 \text{ kg/m}^3$ ,  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,  $\pi = 3$  e sabendo que o volume de uma esfera de raio  $R$  é dado pela expressão  $V = \frac{4\pi R^3}{3}$ , é correto afirmar que a massa do cachorro, em kg, é igual a

- a) 2,5 b) 2,0 c) 3,0 d) 3,5 e) 4,0

4. (Fuvest-SP) Um bloco de madeira impermeável, de massa  $M$  e dimensões  $2 \times 3 \times 3 \text{ cm}^3$ , é inserido muito lentamente na água de um balde, até a condição de equilíbrio, com metade de seu volume submersa. A água que vaza do balde é coletada em um copo e tem massa  $m$ . A figura ilustra as situações inicial e final; em ambos os casos, o balde encontra-se cheio de água até sua capacidade máxima.



A relação entre as massas  $m$  e  $M$  é tal que

- a)  $m = M/3$  b)  $m = M/2$  c)  $m = M$  d)  $m = 2M$  e)  $m = 3M$

5. (UFPR) Um objeto sólido com massa 600 g e volume 1 litro está parcialmente imerso em um líquido, de maneira que 80% do seu volume estão submersos. Considerando a aceleração da gravidade igual a  $10 \text{ m/s}^2$ , assinale a alternativa que apresenta a massa específica do líquido.

- a)  $0,48 \text{ g/cm}^3$ . b)  $0,75 \text{ g/cm}^3$ . c)  $0,8 \text{ g/cm}^3$ . d)  $1,33 \text{ g/cm}^3$ . e)  $1,4 \text{ g/cm}^3$ .

6. (ENEM) Um brinquedo chamado ludião consiste em um pequeno frasco de vidro, parcialmente preenchido com água, que é emborcado (virado com a boca para baixo) dentro de uma garrafa PET cheia de água e tampada. Nessa situação, o frasco fica na parte superior da garrafa, conforme mostra a figura 1.

Figura 1



Figura 2



Quando a garrafa é pressionada, o frasco se desloca para baixo, como mostrado na figura 2.

Ao apertar a garrafa, o movimento de descida do frasco ocorre porque

- a) diminui a força para baixo que a água aplica no frasco.  
 b) aumenta a pressão na parte pressionada da garrafa.  
 c) aumenta a quantidade de água que fica dentro do frasco.  
 d) diminui a força de resistência da água sobre o frasco.  
 e) diminui a pressão que a água aplica na base do frasco.

Respostas:

- 1) E 2) a)  $0,8 \text{ kg}$  b)  $2 \cdot 10^4 \text{ kg/m}^3$  3) B 4) C 5) B 6) C