

PROFESSOR DANILO

GASES IDEAIS – SEGUNDO ANO – 17/04/2023

LEI DE BOYLE

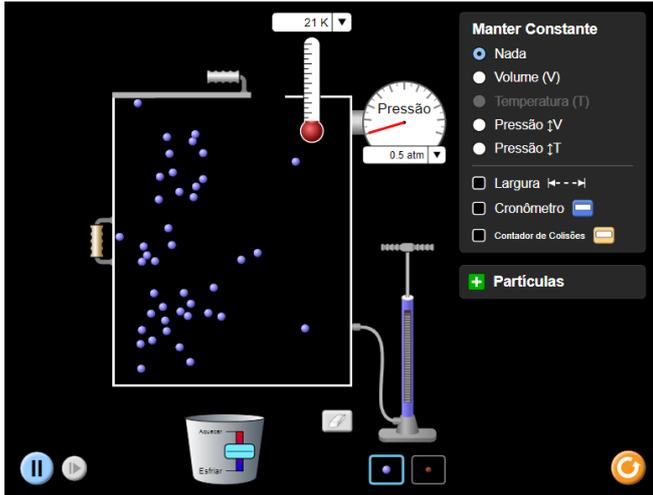


Figura 3: Animação interativa do comportamento clássico de gases ideais. Acesse em https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro_pt_BR.html

Em 1660, Robert Boyle, um físico e químico irlandês, estabeleceu uma relação entre o **volume** e **pressão** para o caso de uma transformação gasosa à **temperatura constante**. Verifique na [figura 4](#) o verbete em inglês sobre o assunto. Clique ali para ver a animação, ou procure na *internet* por *Lei de Boyle* que você encontrará facilmente.

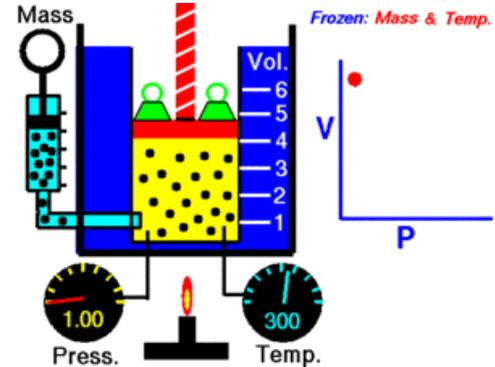


Figura 4: Verifique esta animação da *Wikipedia* sobre a Lei de Boyle: https://en.wikipedia.org/wiki/Boyle%27s_law

Porém vamos estudar o comportamento de gases ideais, sendo assim, você pode acessar uma animação com a possibilidade de diversos controles na [figura 3](#), acessando o link logo abaixo. Faça o seguinte teste: coloque moléculas de dois tamanhos distintos e repare qual delas serão mais rápidas! Você irá concluir que as moléculas serão mais rápidas. O conceito de temperatura nos é, até certa medida, intuitivo, assim podemos supor que as moléculas devem possuir a mesma temperatura, logo o que seria igual entre as moléculas não deve ser a velocidade, mas alguma outra grandeza. Respondendo à pergunta: a temperatura das moléculas está relacionada à energia cinética das moléculas. Lembremos que a energia cinética de uma molécula será:

$$E_{cin} = \frac{MM \cdot v^2}{2} \quad \text{Eq. (6)}$$

Veremos isso com mais detalhes em breve. Por hora, vamos à mais uma grandeza importante e mais intuitiva para vocês: a **pressão**.

Repare novamente na animação da [figura 3](#) e observe que quanto mais colisões ocorrem nas paredes do reservatório maior será a pressão do gás. Assim, a pressão de um gás está relacionada ao número médio de colisões que ocorrem entre as partículas e a parede.

Vamos à última grandeza importante antes de iniciarmos o estudo dos gases: o **volume**.

Aqui é importante que você se lembre de como calcular o volume de alguns objetos tridimensionais, sendo o mais importante deles o cilindro. Vamos relembrar algumas dessas fórmulas.

Cálculo do volume de um cilindro de altura h e base de raio r . A área da base deste cilindro será $A = \pi \cdot r^2$ e o volume será dado por:

$$V = A \cdot h = \pi \cdot r^2 \cdot h \quad \text{Eq. (7)}$$

O volume de um cone de altura h e raio da base r :

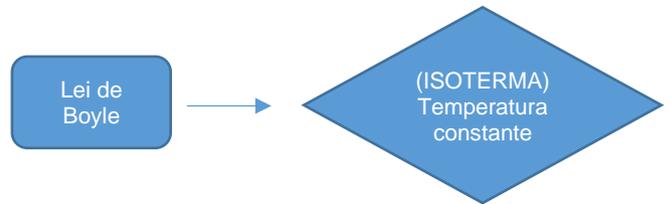
$$V = \frac{1}{3} \pi \cdot r^2 \cdot h \quad \text{Eq. (8)}$$

Por fim, o volume de uma esfera de raio r será:

$$V = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3 \quad \text{Eq. (9)}$$

Agora vamos entender o que chamaremos de gás ideal:

- A quantidade de molécula no volume estudado é muito grande (da ordem 10^{15} ou mais moléculas);
- Em cada instante, o número de colisões com a parede é imenso;
- As moléculas não interagem entre si à distância e a colisão com as paredes são sempre elásticas.



A relação que Boyle descobriu é que o produto entre pressão e volume é sempre uma constante. Assim:

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 = \dots = \text{constante} \quad \text{Eq. (10)}$$

Na figura a seguir ([figura 5](#)) está representada graficamente a relação entre a pressão e o volume: a figura apresentada é uma hipérbole.



Figura 5: Representação gráfica da lei de Boyle: **isoterma**. Podemos enunciar a Lei de Boyle da seguinte forma:

Para uma transformação isoterma, o produto entre a pressão e o volume é sempre uma constante.

De forma equivalente, podemos dizer que numa transformação isotérmica, a pressão e o volume são grandezas inversamente proporcionais.

PROFESSOR DANILO

LEIS DE CHARLES/GAY LUSSAC

Apenas 127 anos depois de Boyle, o francês Jacques Alexandre César Charles estudou quais seriam as relações entre as grandezas quando matemos o volume e a pressão constante. No entanto, o trabalho de Charles não foi publicado, tendo isso sido feito 15 anos depois por Gay-Lussac, que chegou aos mesmos resultados.

Quando a pressão for constante, isto é, quando o processo for **isobárico**, a razão entre o volume e a temperatura do gás será constante.



Figura 6: Uma das leis de Charles/Gay-Lussac: **isobárica**.

ISOBÁRICA:

Razão entre o volume e a temperatura é constante.

Podemos escrever da seguinte forma:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \dots = \text{constante} \quad \text{Eq. (11)}$$

Na [figura 6](#) vamos representar o gráfico de V por T . Quando o **volume** for constante chamamos o processo de **isométrico** ou **isocórico** ou **isovolumétrico**. Neste caso, a razão entre a pressão e a temperatura do gás será constante.

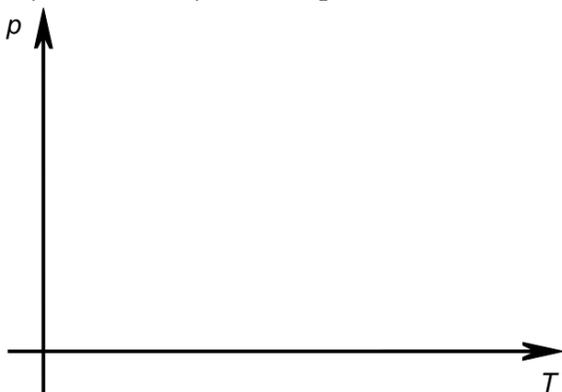


Figura 7: Outra lei de Charles/Gay-Lussac: **isocórica**.

ISOCÓRICA:

Razão entre a pressão e a temperatura é constante.

Podemos escrever da seguinte forma:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} = \dots = \text{constante} \quad \text{Eq. (12)}$$

Na [figura 7](#) vamos representar o gráfico de V por T .

GASES IDEAIS – SEGUNDO ANO – 17/04/2023

LEI GERAL DOS GASES IDEAIS

Repare que podemos unificar as três relações anteriores em uma só, que chamaremos de Lei Geral dos Gases:

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} = \dots = \frac{p \cdot V}{T} = \text{constante} \quad \text{Eq. (12)}$$

Repare que podemos recuperar as relações anteriores impondo alguma grandeza como sendo constante.

$$\text{ISOTÉRMICA: } \left. \begin{aligned} \frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} \\ \text{se } T_1 = T_2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 ;$$

$$\text{ISOBÁRICA: } \left. \begin{aligned} \frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} \\ \text{se } p_1 = p_2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} ;$$

$$\text{ISOCÓRICA: } \left. \begin{aligned} \frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} \\ \text{se } V_1 = V_2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

EQUAÇÃO DE CLAPEYRON

Falamos até agora que certas relações entre algumas grandezas nos dá uma constante, mas que constante é essa? Vamos agora responder esta pergunta, adicionando uma grandeza: o número de mols n .

A razão apresentada na [equação 12](#) é função do número de mols, da constante **universal dos gases ideais** R e da temperatura. Geralmente, escrevemos a equação na forma a seguir:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \quad \text{Eq. (13)}$$

O valor da constante universal dos gases ideais, que iremos utilizar com frequência, no Sistema Internacional, é:

$$R \approx 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} = 8,31 \frac{\text{Pa} \cdot \text{m}^3}{\text{mol} \cdot \text{K}} \quad \text{Eq. (14)}$$

Em outros sistemas de unidades, temos:

$$R \approx 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \approx 2,0 \frac{\text{cal}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

EXERCÍCIOS

1. (Fuvest 2018) Uma pessoa que vive numa cidade ao nível do mar pode ter dificuldade para respirar ao viajar para La Paz, na Bolívia (cerca de 3.600 m de altitude).

a) Ao nível do mar, a pressão barométrica é 760 mmHg e a pressão parcial de oxigênio é 159 mmHg. Qual é a pressão parcial de oxigênio em La Paz, onde a pressão barométrica é cerca de 490 mmHg?

b) Qual é o efeito da pressão parcial de oxigênio, em La Paz, sobre a difusão do oxigênio do pulmão para o sangue, em comparação com o que ocorre ao nível do mar? Como o sistema de transporte de oxigênio para os tecidos responde a esse efeito, após uma semana de aclimação do viajante?

PROFESSOR DANILO

2. (Uem 2018) Sobre a Lei do Gás Ideal, assinale o que for **correto**.

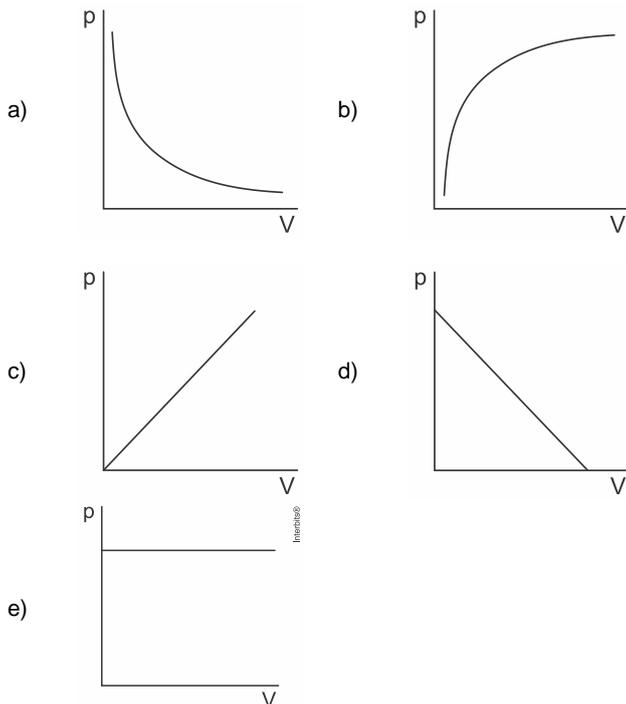
- 01) Em um recipiente de volume constante, a pressão de um gás deve ser diretamente proporcional à sua temperatura em Kelvin.
02) Em um recipiente mantido a uma temperatura constante, a pressão de um gás deve se comportar, em função do volume, como uma função quadrática.
04) Para um conjunto de amostras de um mesmo gás, todas com mesma pressão e temperatura, a razão entre as massas coincide com a razão entre os volumes.
08) Dobrando-se o volume e diminuindo-se pela metade a pressão de uma amostra gasosa, a temperatura final dessa amostra deve ser igual à inicial.
16) É possível alterar a pressão de uma amostra gasosa sem modificar sua temperatura, seu volume e sua massa.

3. (Pucrj 2018) Um gás ideal confinado é submetido a um processo tal que seu volume final é maior que seu volume inicial. Considere as afirmações abaixo, referentes ao processo.

- I. Se o processo é isotérmico, a pressão final do gás é menor do que a pressão inicial.
II. Se a temperatura final do gás é maior do que a inicial, o processo é isobárico.
III. Se a pressão final do gás é maior do que a inicial, a temperatura final do gás é necessariamente maior que a temperatura inicial.
É correto o que se afirma em:
a) I, somente.
b) I e II, somente.
c) I e III, somente.
d) II e III, somente.
e) I, II e III.

4. (Ufrgs 2017) Considere que certa quantidade de gás ideal, mantida a temperatura constante, está contida em um recipiente cujo volume pode ser variado.

Assinale a alternativa que melhor representa a variação da pressão (p) exercida pelo gás, em função da variação do volume (V) do recipiente.



GASES IDEAIS – SEGUNDO ANO – 17/04/2023

5. (Uepg 2017) Sobre os gases ideais pode-se afirmar que:

- 01) Obedecem à lei geral dos gases, ou seja, $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$.
02) Dentre suas características temos que as colisões entre as partículas que os constituem são consideradas perfeitamente elásticas.
04) Para uma transformação isotérmica desses gases, as grandezas *pressão* e *volume* tornam-se inversamente proporcionais.
08) Para uma transformação isobárica o *volume* e a *temperatura*, são inversamente proporcionais, portanto, quando a temperatura aumentar, seu volume também aumentará. Logo, se o volume passar de V para $V+4$, sua temperatura passará de T para $T+4$.

6. (Ufrgs 2019) Considere as afirmações abaixo, sobre o comportamento térmico dos gases ideais.

- I. Volumes iguais de gases diferentes, na mesma temperatura inicial, quando aquecidos sob pressão constante de modo a sofrerem a mesma variação de temperatura, dilatam-se igualmente.
II. Volumes iguais de gases diferentes, na mesma temperatura e pressão, contêm o mesmo número de moléculas.
III. Uma dada massa gasosa, quando mantida sob pressão constante, tem temperatura T e volume V diretamente proporcionais.
Quais estão corretas?
a) Apenas I.
b) Apenas II.
c) Apenas I e III.
d) Apenas II e III.
e) I, II e III.

7. (Uemg 2019 – MODIFICADA) Antes de viajar, o motorista calibrou os pneus do seu carro a uma pressão de 30 *psi* quando a temperatura dos pneus era de 27 °C. Durante a viagem, após parar em um posto de gasolina, o motorista percebeu que os pneus estavam aquecidos. Ao conferir a calibragem, o motorista verificou que a pressão dos pneus era de 32 *psi*.

Considerando a dilatação do pneu desprezível e o ar dentro dos pneus como um gás ideal, assinale a alternativa que **MELHOR** representa a temperatura mais próxima dos pneus.

Considere que a pressão atmosférica corresponde à 14,7 *psi*.

- a) 29 °C.
b) 38 °C.
c) 40 °C.
d) 47 °C.

8. (Eear 2019) Um cilindro dotado de um êmbolo contém aprisionado em seu interior 150 cm^3 de um gás ideal à temperatura controlada de 22 °C e à pressão de 2 *Pa*. Considere que o êmbolo do cilindro pode ser movido por uma força externa, de modo que o gás seja comprimido a um terço de seu volume inicial, sem, contudo, variar a sua temperatura. Nessas condições, determine em Pascal (*Pa*) a nova pressão à qual o gás estará submetido.

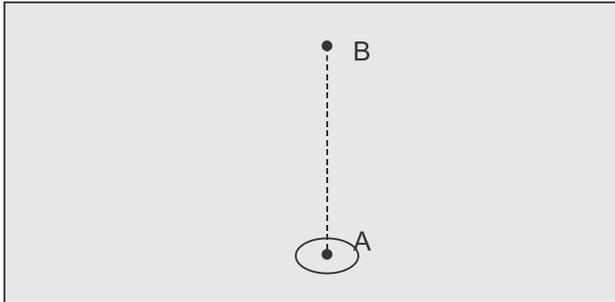
- a) 2
b) 3
c) 6
d) 9

PROFESSOR DANILO

9. (Upf 2019) Considerando que o volume de um gás ideal é $V_1 = 0,5 \text{ m}^3$ na temperatura $T_1 = 0^\circ\text{C}$ e pressão P_1 , podemos afirmar que, na pressão $P_2 = 0,5 P_1$ e $T_2 = 10 T_1$, o volume do gás, em m^3 , será

- a) 1
- b) 5
- c) 20
- d) 10
- e) 0,1

10. (Esc. Naval 2018) Analise a figura abaixo.



Conforme indica a figura acima, uma bolha de hélio sofre um deslocamento vertical na água, do ponto A até o ponto B, onde $\overline{AB} = 10 \text{ m}$. Sabendo que a razão (V_B/V_A) entre os volumes é o dobro da razão (T_B/T_A) entre as temperaturas. Qual a pressão, em pascal, no ponto B?

Dado: massa específica da água 10^3 kg/m^3 e $g = 10 \text{ m/s}^2$

- a) $1 \cdot 10^3$
- b) $2 \cdot 10^4$
- c) $1 \cdot 10^4$
- d) $2 \cdot 10^5$
- e) $1 \cdot 10^5$

11. (Famerp 2020) A oxigenoterapia hiperbárica é uma modalidade terapêutica na qual o paciente respira oxigênio puro (100%), enquanto é submetido a uma pressão cerca de 2 a 3 vezes a pressão atmosférica ao nível do mar, no interior de uma câmara hiperbárica. Essa terapia provoca um aumento espetacular na quantidade de oxigênio transportado pelo sangue, na ordem de 20 vezes o volume que circula em indivíduos que estão respirando ar ao nível do mar, o que produzirá no paciente uma série de efeitos de interesse terapêutico.

A câmara hiperbárica consiste em um equipamento médico fechado, resistente à pressão, geralmente de formato cilíndrico, construído de aço ou acrílico e que pode ser pressurizado com ar comprimido ou oxigênio puro.

(<https://sbmh.com.br>. Adaptado.)

Considere que o ar se comporta como um gás ideal, que o ar no interior da câmara hiperbárica esteja à pressão atmosférica, que o volume da câmara hiperbárica não se altere e que a temperatura no seu interior não varie. O número de mols de ar que devem ser injetados na câmara, em relação à quantidade existente inicialmente (n_0), para produzir no interior da câmara uma pressão igual a 2,8 vezes a pressão atmosférica é

- a) $2,8 n_0$.
- b) $3,8 n_0$.
- c) $1,4 n_0$.
- d) $0,9 n_0$.
- e) $2,4 n_0$.

GASES IDEAIS – SEGUNDO ANO – 17/04/2023

12. (Uffj-pism 2 2019) Homens como Clapeyron, Boyle, Mariotte, Gay Lussac, van der Waals, entre outros, desenvolveram importantes estudos envolvendo as propriedades de gases. O comportamento de gases reais se aproxima de gases ideais em condições de baixas pressões, bem como para gases contidos em um grande volume e gases mantidos a altas temperaturas. Considere que, numa experiência de laboratório, um recipiente de volume V , totalmente fechado, contendo 1 mol de um gás ideal sob uma pressão de $4,0 \text{ atm}$, é submetido a uma expansão à temperatura constante e igual a 127°C , e que o comportamento desse gás seja o de um gás ideal, conforme mostra o gráfico.

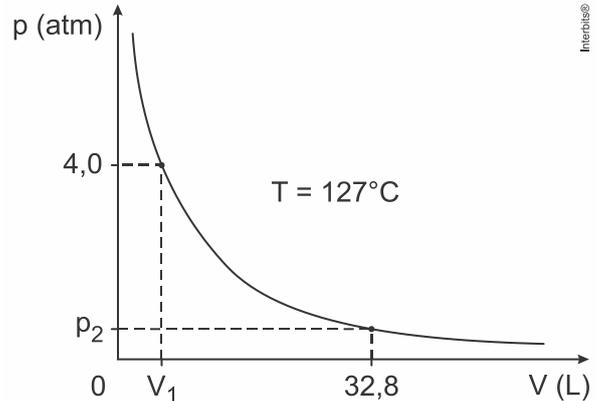


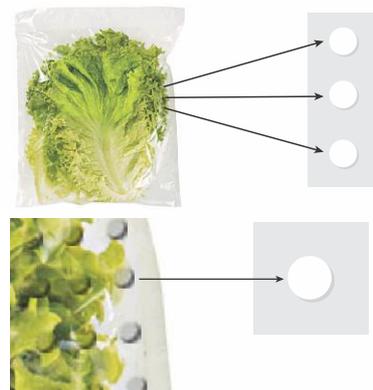
Gráfico da pressão em função do volume para um gás ideal a temperatura constante.

Neste caso, quando o gás estiver ocupando um volume igual a $32,8 \text{ L}$, a pressão exercida por ele será: (dado: a constante universal dos gases perfeitos é $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{lito}/\text{mol} \cdot \text{K}$)

- a) $0,32 \text{ atm}$
- b) $0,40 \text{ atm}$
- c) $1,0 \text{ atm}$
- d) $2,0 \text{ atm}$
- e) $2,6 \text{ atm}$

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

Utilize as informações a seguir para responder à(s) questão(ões). Novas tecnologias de embalagens visam a aumentar o prazo de validade dos alimentos, reduzindo sua deterioração e mantendo a qualidade do produto comercializado. Essas embalagens podem ser classificadas em Embalagens de Atmosfera Modificada Tradicionais (MAP) e Embalagens de Atmosfera Modificada em Equilíbrio (EMAP). As MAP são embalagens fechadas que podem utilizar em seu interior tanto gases como He, Ne, Ar e Kr, quanto composições de CO_2 e O_2 em proporções adequadas. As EMAP também podem utilizar uma atmosfera modificada formada por CO_2 e O_2 e apresentam microperfurações na sua superfície, conforme ilustrado abaixo.



Adaptado de exclusive.multibriefs.com.

PROFESSOR DANILO

13. (Uerj 2019) Admita que, imediatamente após a colocação do gás argônio em uma embalagem específica, esse gás assume o comportamento de um gás ideal e apresenta as seguintes características:

$$\text{Pressão} = 1 \text{ atm}$$

$$\text{Temperatura} = 300 \text{ K}$$

$$\text{Massa} = 0,16 \text{ g}$$

Nessas condições, o volume, em mililitros, ocupado pelo gás na embalagem é:

- a) 96
- b) 85
- c) 77
- d) 64

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

Na resolução, use quando necessário:
 $1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa}$, $R = 8,3 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$, $\rho_{\text{água}} = 1.000 \text{ kg/m}^3$, $g = 10 \text{ m/s}^2$

14. (Ufjf-pism 2 2018) Em 1662, o inglês Robert Boyle mostrou que, mantendo-se a temperatura constante, o volume de uma quantidade de gás diminui com o aumento da pressão. Esse efeito é observado por mergulhadores rotineiramente, uma vez que bolhas de ar expelidas quando eles se encontram submersos mudam de tamanho à medida que sobem para a superfície. Um mergulhador notou que certas bolhas com volume de 4 cm^3 estavam sendo desprendidas do fundo de um lago com 5 metros de profundidade. As bolhas eram originadas por gases liberados pela matéria orgânica em decomposição. Suponha que o gás na bolha possa ser considerado como um gás ideal e ignore a tensão superficial da água sobre a bolha.

- a) Faça a conversão do volume inicial da bolha de cm^3 para m^3 .
- b) Qual a pressão (em N/m^2) do gás dentro da bolha antes de se desprender e começar a subir? Suponha que seja igual à pressão da água em sua volta.
- c) Suponha que a temperatura do lago seja a mesma ao longo da trajetória da bolha, que o lago e a bolha estejam em equilíbrio térmico e que a bolha suba sem se dividir. Qual é o volume da bolha imediatamente antes de atingir a superfície do lago?
- d) Sabendo que havia $2,4 \times 10^{-4} \text{ mol}$ de ar na bolha, determine a temperatura do lago em graus Celsius.

15. (Ufpr 2017) Uma minúscula bolha de ar sobe até a superfície de um lago. O volume dessa bolha, ao atingir a superfície do lago, corresponde a uma variação de 50% do seu volume em relação ao volume que tinha quando do início do movimento de subida. Considerando a pressão atmosférica como sendo de 10^5 Pa , a aceleração gravitacional de 10 m/s^2 e a densidade da água de 1 g/cm^3 , assinale a alternativa que apresenta a distância percorrida pela bolha durante esse movimento se não houve variação de temperatura significativa durante a subida da bolha.

- a) 2 m
- b) 3,6 m
- c) 5 m
- d) 6,2 m
- e) 8,4 m

GASES IDEAIS – SEGUNDO ANO – 17/04/2023

RESPOSTAS

1. a) $P = 102,5 \text{ mmHg}$.
b) De acordo com o item anterior, há uma menor pressão parcial de oxigênio em La Paz, o que dificulta a difusão deste gás na corrente sanguínea. A aclimatação do viajante permite que haja uma aceleração na produção de hemácias pela medula óssea vermelha, o que auxilia no fornecimento de oxigênio às células do corpo.

- | | | | |
|-----------------------|-------|-------|-------|
| 2. 01 + 04 + 08 = 13. | 3. C | 4. A | |
| 5. 01 + 02 + 04 = 07. | 6. E | 7. C | 8. C |
| 9. D | 10. E | 11. A | 12. C |
| | | | 13. A |

14. a) $V = 4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$.
b) $P = 1,5 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$.
c) $V_0 = 6 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$.
d) $T \cong 301 \text{ K}$.

15. C

RESOLUÇÃO

Clique leia ou clique no QR-Code abaixo para ver a resolução destes exercícios.



Ou ainda, clique ou copie o link abaixo:

<http://fisica.professordanilo.com/download/2023/2ano/MC%2020EM%20Folha%2007%20-%20Gases%20Ideais%20-%20RESOLU%C3%87%C3%83O.pdf>