

MONTAGEM DE UMA CÉLULA DE ARNOLD PARA DETERMINAÇÃO DA DIFUSIVIDADE MÁSSICA DE CLOROFÓRMIO EM AR ESTAGNADO

Polyana Otto de Meirelles, Lucas Nicoletti e Evandro Balestrin

Resumo

Este estudo descreve o uso de uma célula de Arnold para medir a difusividade mássica de clorofórmio em ar estagnado. A montagem do experimento inclui componentes como tubos de PVC, sílica gel, secador de cabelo, suportes de garras, tubo de ensaio, cronômetro e papel milimetrado. Observou-se uma redução na altura do clorofórmio devido ao fluxo em direção oposta à altura inicial (GERÔNIMO, 2024). O estudo fornece compreensão sobre os princípios de transferência de massa e suas aplicações industriais e científicas (IVANILDO, 2018). Palavras-chave: célula de Arnold, difusividade mássica, clorofórmio, ar estagnado.

1 INTRODUÇÃO

Segundo a segunda lei da termodinâmica, há um fluxo de matéria de uma região de maior concentração para uma de menor concentração de um soluto para um solvente (TRANSFERÊNCIA, 2024). Esse fenômeno, mediado por convecção e/ou difusão, é crucial para a transferência de massa em soluções líquidas e gasosas (CREMASCO, 2015). A célula de Arnold é utilizada para medir a difusividade mássica de líquidos em gases, como o clorofórmio, fornecendo insights importantes para diversos processos industriais e científicos.

2 DESENVOLVIMENTO

A metodologia desenvolvida na montagem do experimento envolve marcar o tubo de ensaio com papel milimetrado para obter o nível inicial da coluna de ar estagnado na célula de Arnold. Em seguida, a sílica gel é colocada na entrada do tubo de PVC para remover a umidade do ar (Figura 2). O clorofórmio é adicionado ao tubo de ensaio com auxílio de um béquer e preso ao suporte com uma garra. Um termômetro é inserido em um orifício para monitorar a temperatura constante (Figura 1). O secador é ligado em potência mínima para gerar uma leve corrente de ar. A altura inicial é marcada (Figura 3) e as medidas são feitas a cada hora ao longo do tempo (CEQUILIN, et al., 2011).

A Modelagem Matemática (Tabela 1) demonstra as equações utilizadas que incluem a conservação de massa, perfil de concentração pela Lei de Fick, fluxo unidirecional em Z , e comportamento do fluxo em ar seco estagnado. A equação de Antoine (SCRIBD, 2024) é empregada para obter a difusividade mássica experimental.

Os valores experimentais (Tabela 2) foram obtidos para massa específica, massa molar, pressão de vapor, pressão total ambiente, temperatura do ar, e variação de altura do clorofórmio ao longo do tempo. Durante 2h e 23min, foram feitas medições da variação de altura do clorofórmio em intervalos de uma hora. A altura inicial z_0 foi de 8 cm e, ao final do experimento, a altura foi de 8,5 cm, resultando em uma variação de 0,5 cm.

3 CONCLUSÃO

Com o ajuste correto dos dados para a equação de uma reta, encontrou-se um coeficiente de correlação (R^2) igual a 0,997 e um coeficiente angular de -0,245, resultando em um coeficiente de difusão mássica de 0,35045 cm^2/s para o clorofórmio.

O experimento permitiu aos alunos aplicar conhecimentos teóricos na prática, determinando a difusividade mássica do clorofórmio no ar, com um valor experimental de 0,35045 cm^2/s . Este resultado apresentou um desvio de 30% em relação ao valor teórico encontrado na literatura de D_{ab} teórico = 0,5 (WATTS, Harry, 2011).

REFERÊNCIAS

CEQUELIN, Denise F.; YANASE, Estela H.; OBA, Kleber Y.; RADULSKI, Lucas **A.**

Célula de Arnold | Difusividade (UFPR). [Vídeo]. Canal do YouTube.

Publicado em: 09/07/2011 (). Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=30QDs5Otwlk>. Acesso em: 25 abr. 2024.

CREMASCO, Marco Aurélio. **Fundamentos de transferência de massa.** 3ª edição. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2015.

GERÔNIMO, Prof. **Fenômenos de Transporte III.** Apresentação de Power Point.

Disponível em:

<https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5840921/126/FTIII/AULA6.pdf>.

Acesso em: 20 abr. 2024.

IVANILDO, Prof. Notas de aula: Transferência de massa. **AtivaEQ**, 2018.

Disponível em:

<http://www.ativaeq.ufc.br/2018/05/notas-de-aula-transferencia-de-massa/>.

Acesso em: 20 abr. 2024.

SCRIBD. **Equação de Antoine** - diagrama. Disponível em:

<https://pt.scribd.com/document/345964316/Equacao-de-Antoine-diagrama>.

Acesso em: 25 abr. 2024.

TRANSFERÊNCIA de massa. **Portal de Engenharia Química**. Disponível em:

http://labvirtual.eq.uc.pt/siteJoomla/index.php?option=com_content&task=view&id=249. Acesso em: 20 abr. 2024.

WATTS, Harry. **Temperature Dependence of the Diffusion of Carbon**

Tetrachloride, Chloroform, and Methylene Chloride Vapors in Air by a Rate of Evaporation Method. [S.l.], 2011. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/237853447_Temperature_Dependence_of_the_Diffusion_of_Carbon_Tetrachloride_Chloroform_and_Methylene_Chloride_Vapors_in_Air_by_a_Rate_of_Evaporation_Method>. Acesso em: 5 abr. 2024.

Sobre o(s) autor(es)

Polyana Otto de Meirelles, Graduada em Engenharia Química, Universidade do Oeste de Santa Catarina, Videira - SC, polyodmeirelles2@hotmail.com

Lucas Nicoletti, Graduando em Engenharia Química, Universidade do Oeste de Santa Catarina, Videira - SC, Nicolettilucas210@gmail.com

Tabela 1 - Equações (Modelagem matemática)

Equação	Descrição
$C = C(z)$	Regime permanente
$\frac{dC_a}{dt} + \nabla \cdot N_a = R_a$	Conservação de massa
$\frac{dN_{az}}{dz} + \frac{dN_{ay}}{dy} + \frac{dN_{ax}}{dx} = 0$	Fluxo unidirecional em Z
$N_{az} = -\frac{D_{ab}}{1-y} \frac{dC_a}{dz}$	Comportamento do fluxo
$\left(\frac{M_a \cdot D_{ab}}{p_a L}\right) \ln\left(\frac{y_{a2}}{1-y_{a1}}\right) \Delta t = \frac{z(t_f)^2 - z(t_0)^2}{2}$	T e P constantes
$D_{ab} = \frac{(z(t_f)^2 - z(t_0)^2) p_a}{2 M_a C \ln(1-y_{a2}/1-y_{a1}) \Delta t}$	Solução experimental

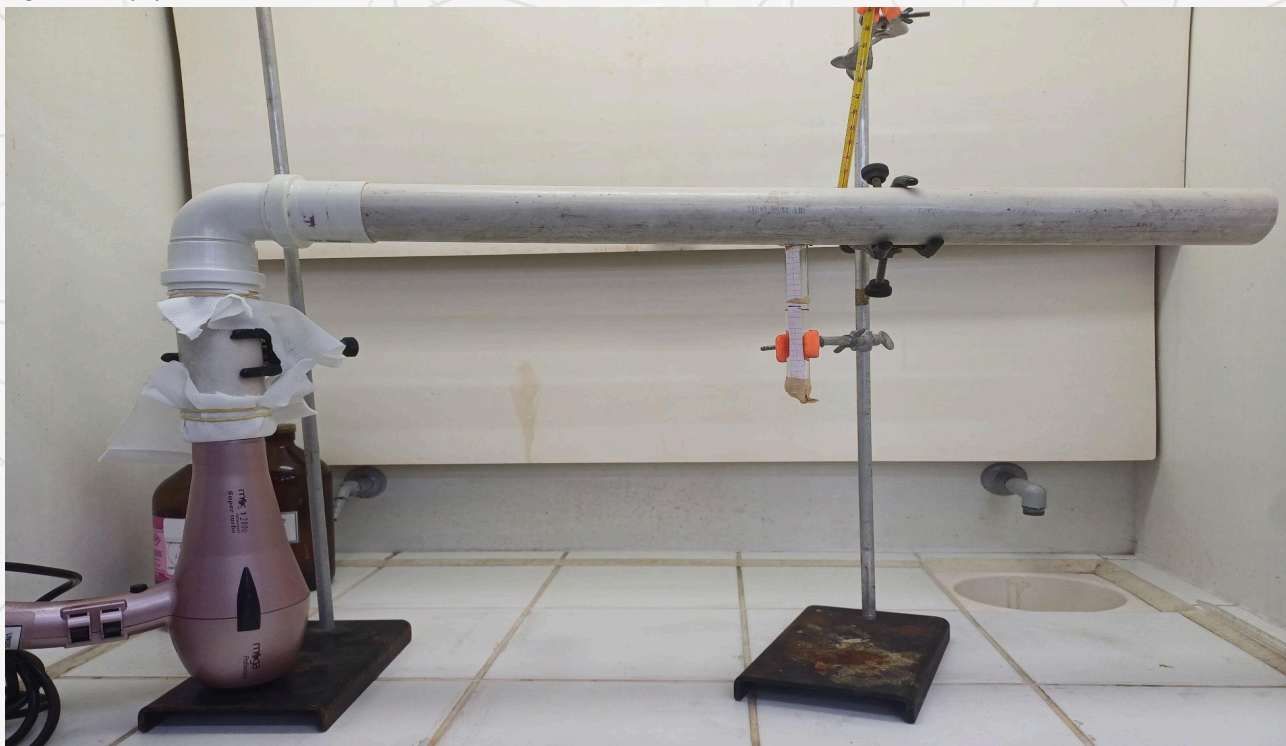
Fonte: Cequelin, Denise F.; Yanase, Estela H.; Oba, Kleber Y.; Radulski, Lucas A. Célula de Arnold | Difusividade (UFPR).

Tabela 2 - Dados experimentais

Parâmetro	Valor
ρ_a (g/cm ³)	1.49
MM (g/mol)	119.38
p_{vapor} (atm)	0.341
p_{amb} (atm)	0.893
T (K)	305.15
y_{a2}	0
y_{a1}	0.381
C (mol/cm ³)	3.5662E-5
R (atm.cm ³ /mol*K)	82.06
z_f (cm)	8.5
z_0 (cm)	8
Δt (s)	8580

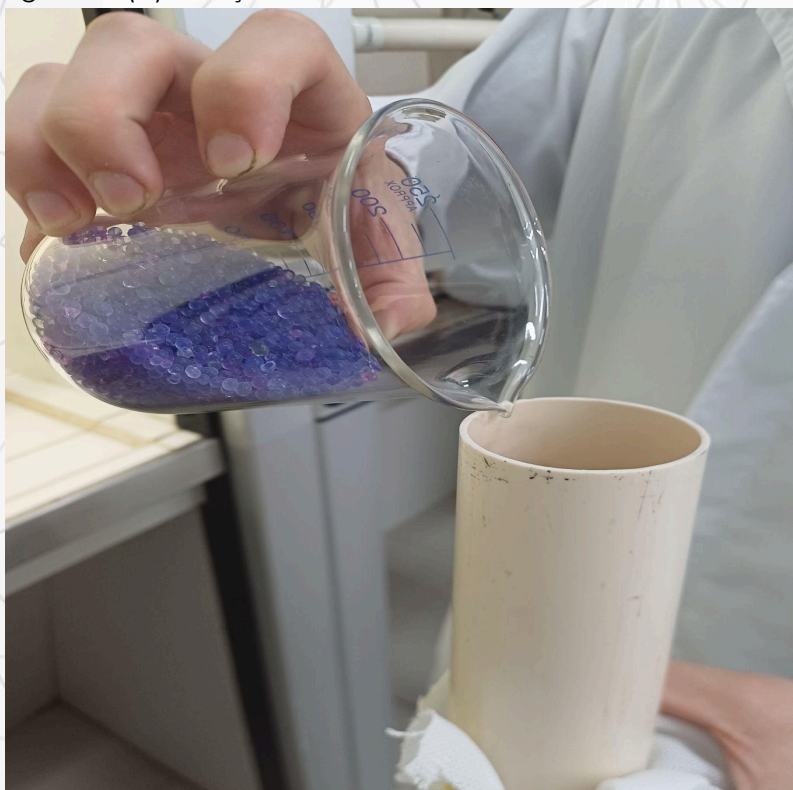
Fonte: Cequelin, Denise F.; Yanase, Estela H.; Oba, Kleber Y.; Radulski, Lucas A. Célula de Arnold | Difusividade (UFPR).

Figura 1 - (a) Unidade experimental



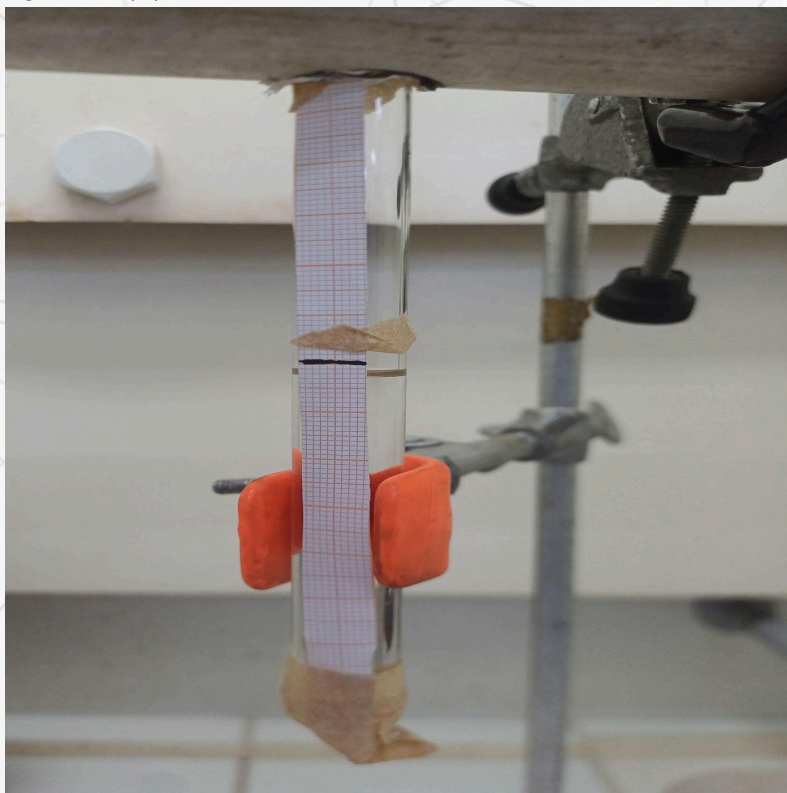
Fonte: Figura do autor

Figura 2 - (b) Inserção da sílica no tubo



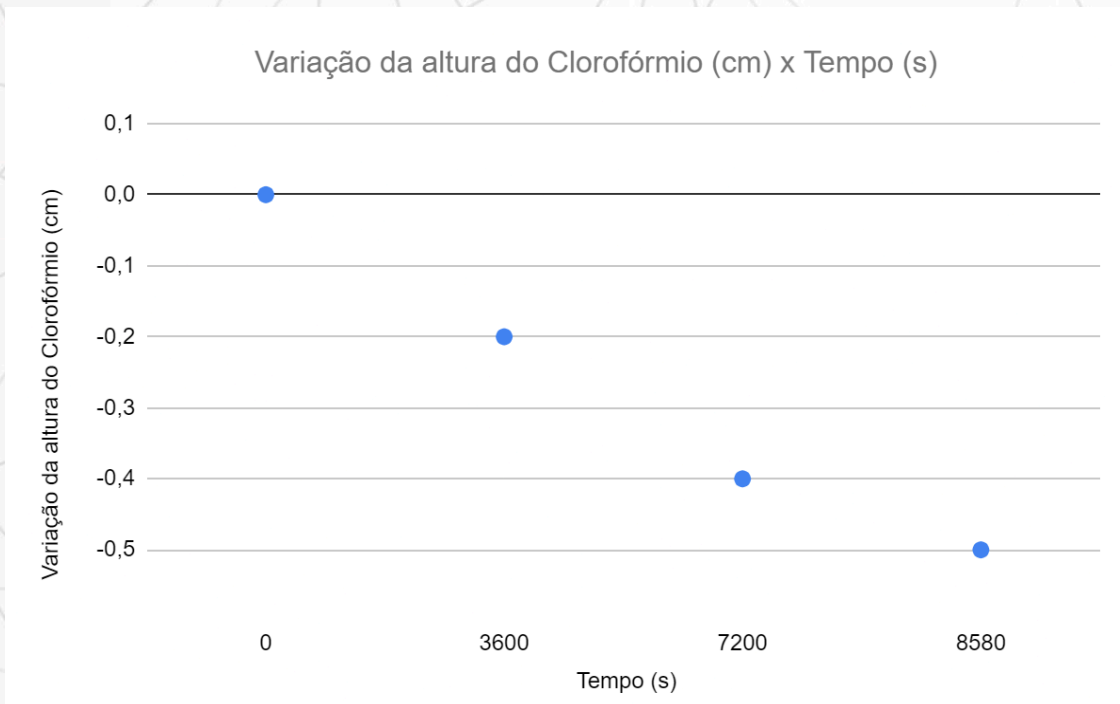
Fonte: Figura do autor

Figura 3 - (c) Célula de Arnold



Fonte: Figura do autor

Figura 4 - Variação da altura do clorofórmio em função do tempo ao longo do experimento



Fonte: Figura do autor