

DENEY ADI: SIVI DİFÜZYONU

Deneyin Amacı

Bu deneyin amacı, sıvı fazda gerçekleşen moleküler difüzyon mekanizmasını incelemek ve konsantrasyon gradyanının etkisiyle meydana gelen kütle transferini deneysel olarak ortaya koymaktır. Kimya mühendisliği uygulamalarında difüzyon katsayısının doğru şekilde belirlenmesi, proses tasarımlarında ve kütle transferi hesaplamalarında kritik bir rol oynamaktadır. Bu kapsamda, deney düzeneğinde sıvı çözeltiler arasındaki difüzyon incelenecek ve Fick'in difüzyon yasası temelinde difüzyon katsayısı hesaplanacaktır. Bu çalışmayla öğrencilerin, sıvı ortamlarda difüzyon olayını kavramsal olarak anlamaları, deneysel sonuçları teorik modellerle ilişkilendirmeleri ve kütle transferi hesaplamalarında difüzyon katsayısının mühendislik açısından önemini kavramaları hedeflenmektedir.

Teorik Bilgi

Fiziksel ve kimyasal süreçlerin doğru bir şekilde modellenebilmesi ve anlaşılabilmesi için kullanılan maddelerin özelliklerinin bilinmesi büyük önem taşır. Özellikle kimya mühendisliği disiplinde, proseslerin çoğu akışkanların taşınması, karıştırılması, ayrılması veya reaksiyona girmesi üzerine kuruludur. Bu nedenle akışkanların yoğunluk, viskozite, yüzey gerilimi, ısıl iletkenlik ve difüzyon katsayısı gibi temel özelliklerinin bilinmesi hem deneysel hem de teorik çalışmalar için kritik bir gerekliliktir. Bu özellikler arasında **difüzyon katsayısı**, kütle transferi mekanizmalarının anlaşılmasında ve hesaplanmasında en temel parametrelerden biridir. Difüzyon katsayısı, bir maddenin (A) başka bir madde (B) içerisinde moleküler hareketler sonucunda ne kadar hızlı yayıldığını gösteren orantı katsayısıdır. Kimya mühendisliğinde bu parametre; **gaz absorpsiyonu, damıtma, sıvı-sıvı ekstraksiyon, membran ayırma prosesleri, biyolojik sistemlerde madde taşınımı, reaktör mühendisliği ve çevre mühendisliği uygulamaları** gibi pek çok alanda doğrudan kullanılmaktadır. Dolayısıyla difüzyon katsayısının doğru ve güvenilir şekilde belirlenmesi hem bilimsel çalışmalar hem de

endüstriyel tasarımlar için zorunludur. **Difüzyon**, bir maddenin moleküllerinin sahip oldukları kinetik enerji nedeniyle sürekli rastgele hareket etmeleri sonucunda, yüksek konsantrasyon bölgesinden düşük konsantrasyon bölgesine doğru gerçekleşen kütle aktarımıdır. Bu süreç, herhangi bir dış kuvvet uygulanmadan, tamamen moleküllerin termal hareketlerinin doğal bir sonucu olarak meydana gelir. Difüzyonun günlük yaşamdaki basit bir örneği, saf suya damlatılan mürekkebin zamanla bütün suya eşit şekilde dağılmasıdır. Başlangıçta suyun yalnızca belirli bir bölgesinde yoğunlaşan boya molekülleri, zaman geçtikçe moleküler hareketler sonucunda homojen şekilde yayılır. Aynı şekilde, tuz çözeltisinin saf suya konulmasıyla iyonların yavaş yavaş tüm çözeltiye dağılması da difüzyona tipik bir örnektir.

Difüzyon süreci, üç temel unsurla ilişkilidir:

1. **Konsantrasyon gradyanı** (itici kuvvet),
2. **Moleküllerin termal hareketleri**,
3. **Difüzyon katsayısı (D)**, yani yayılma hızını belirleyen parametre.

Kütle transferi yüksek konsantrasyon noktasından düşük konsantrasyon noktasına doğru olur.

Konsantrasyon kütleli ya da molar birimlerle ifade edilebilir. Kütleli akı; birim zamanda birim alandan geçen kütle miktarını ($\text{kg/m}^2\text{s}$) ve molar akı da birim zamanda birim alandan geçen mol miktarını ($\text{mol/m}^2\text{s}$) ifade eder. Kütle transferinde, bir maddenin difüzyonla olan transfer akısının o maddenin konsantrasyon gradyanı ile orantılı olduğu ve bu orantı katsayısının difüzyon katsayısı olduğu ifade edilir. Bu Fick yasasının 1. Difüzyon yasası ile açıklanır. İki bileşenli sistemler için A'nın B içindeki difüzyon katsayısı D_{AB} olarak gösterildiğinde, A bileşeni için Fick 'in 1. Yasası şu şekilde ifade edilir:

$$J_A = -CD_{AB} \frac{dX_A}{dy}$$

Burada J_A A bileşeninin y yönünde dik açıyla birim alanda sahip olduğu difüzyon akısı, C konsantrasyon ve $\frac{dX_A}{dy}$ ise y yönünde mol kesri gradyanıdır. J için mol/cm^2 ; C için mol/cm^3 , t

için saniye birimleri kullanılırsa, difüzyon katsayısının cm^2/s olması gerektiği bulunur.

Eşitlikteki eksi işareti kütle transferinin azalan konsantrasyon yönünde olduğu gösterir. i

bileşenli bir karışım için J_i ve N_i arasındaki ilişki aşağıdaki gibi gösterilebilir:

-i bileşenin sabit referans sistemine göre molar akısı=yığın akış içindeki -i + bileşenin akısı +

-i bileşenin molar ortalama hızı göre difüzyon akısı.

$$N_i = X_i + \sum_{j=1}^n N_j + J^* i$$

Bu sonuçtan yararlanarak A bileşenin sabit referans sistemine göre akısı, molar birimler

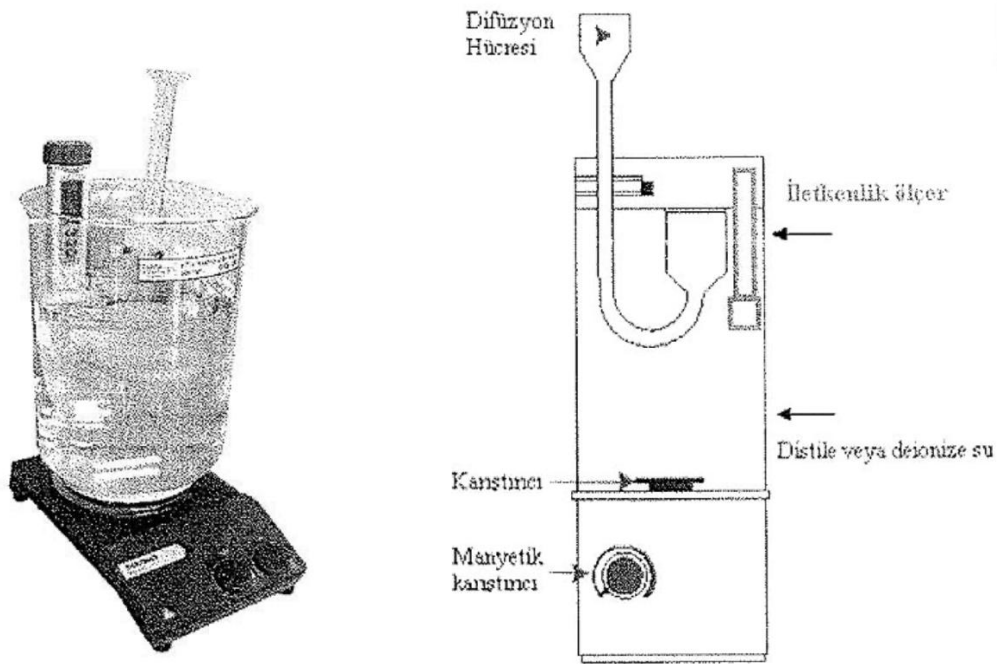
kullanılarak düzenlenebilir.

$$N_A = (N_A + N_B) X_A - CD_{AB} \frac{dX_A}{dy}$$

Deney Düzeneği/Malzemeler

DeneySEL Yöntem

Gerekli Malzemeler: Manyetik karıştırıcı, Karıştırma kabı, Difüzyon hücresi, İletkenlik ölçer



Şekil 1. Sıvı Difüzyon Deney seti

Deneyin Yapılışı

- **Tuz çözeltisinin hazırlanması:**
Deneyde kullanılacak tuz çözeltisi, belirlenen derişimde olacak şekilde analitik terazide hassas olarak tartılan tuzun saf su içerisinde çözündürölmesiyle hazırlanır. Çözeltinin homojen olması için manyetik karıştırıcıdan yararlanılır ve çözeltide herhangi bir katı partiköl kalmadığından emin olunur.
- **Difüzyon hücresinin doldurulması:**
Hazırlanan tuz çözeltisi, difüzyon hücresine dikkatlice aktarılır. Bu işlem sırasında hücre içerisinde hava kabarcığı kalmamasına özen gösterilir; çünkü oluşabilecek hava kabarcıkları difüzyon sürecini olumsuz etkileyerek deneysel hata kaynağı oluşturabilir. Hücre tamamen doldurulduktan sonra, uygun şekilde kapatılarak sızdırmazlık sağlanır.
- **Difüzyon hücresinin yerleştirilmesi:**
Tuz çözeltisi ile doldurulmuş difüzyon hücresi, deneyde kullanılacak karıştırma kabı içerisine, tabana paralel olacak biçimde yerleştirilir. Hücresinin stabil bir şekilde konumlandırılması, deney boyunca herhangi bir hareket veya kayma olmaması açısından önemlidir.
- **Karıştırma kabının hazırlanması:**
Difüzyon hücresi yerleştirildikten sonra, karıştırma kabı saf su ile belirlenen seviyeye kadar doldurulur. Böylece, tuz çözeltisinin bulunduğu hücre ile saf suyun bulunduğu ortam arasında difüzyon gerçekleşmesi için gerekli konsantrasyon farkı oluşturulmuş olur.
- **İletkenlik ölçüm sisteminin kurulması:**
Karıştırma kabının alt kısmına yerleştirilmiş olan elektrot uçları, saf suyun iletkenlik değerlerini sürekli olarak ölçmek üzere iletkenlik ölçere bağlanır. Deney başlamadan önce cihazın kalibrasyonu yapılır ve başlangıç iletkenlik değeri (saf suyun iletkenliği) kaydedilir.
- **Difüzyon sürecinin izlenmesi:**
Deney başlatıldıktan sonra, tuz çözeltisinden saf suya iyonların geçişiyle birlikte saf suyun iletkenliği zamanla artar. Bu değişim, iletkenlik ölçer aracılığıyla sürekli veya belirli aralıklarla kaydedilir. Ölçüm aralıkları genellikle sabit zaman periyotları (örneğin her 30 saniye veya her 1 dakika) olacak şekilde belirlenir.
- **Verilerin kaydedilmesi ve deneyin tamamlanması:**
Deney belirlenen süre boyunca sürdürölür. Bu süreçte elde edilen iletkenlik verileri tablo halinde kaydedilir. Deney sonunda tüm veriler, konsantrasyon-zaman ilişkisini ortaya koymak amacıyla değerlendirilir ve uygun matematiksel modeller yardımıyla difüzyon katsayısı hesaplanır.

Tablo 1: Veri Tablosu

Zaman	İletkenlik	Zaman	İletkenlik

- Farklı molaritelerdeki ve 2 M'lık NaCl çözeltilerinin su içindeki iletkenlik katsayılarını farklı kaynaklardan bularak deneysel yöntemle elde ettiğiniz değerle karşılaştırınız.
- Sıvılar için difüzyon katsayısının hesaplanmasında kullanılan empirik korelasyonlar yardımıyla 2 M sodyum klorürün su içindeki difüzyon katsayısını hesaplayarak, deneysel yöntemle elde ettiğiniz sonuçla karşılaştırınız.
- Sıvıların difüzyonunda sıcaklığın etkisini araştırınız.

SORULAR

1. Sıvılarda çözeltili konsantrasyonunun difüzyon hızına etkisini anlatınız.
2. Fick Yasası'ndan yararlanarak iki bileşenli sistemler için $D_{AB}=D_{BA}$ olduğunu ispatlayınız.

KAYNAKLAR

GEANKOPLIS, C.J., *Transport processes—momentum, heat*, Allyn and Bacon, Boston, (1983).

GEANKOPLIS, C.J., *Transport processes and unit operations*, 2nd ed., Allyn and Bacon, Boston, (1983).

GEANKOPLIS, C.J., *Transport processes and unit operations*, 3rd ed., Prentice-Hall International, (1993).

MCCABE W.L, SMITH, J. ve HARRIOT P., *Unit Operations of Chemical Engineering*, McGraw Hill International Editions, Fifth Edition, Singapore (1993).

UYSAL, B.Z., *Kütle Transferi Esasları ve Uygulamaları*, Gazi Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 211, Ankara (1996)

