



GAZİ ÜNİVERSİTESİ KİMYA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

2019-2020 BAHAR DÖNEMİ (UZAKTAN EĞİTİM
DÖNEMİ)
KM482 KİMYA MÜHENDİSLİĞİ LABORATUVARI III

GAZ ABSORPSİYONU DENEYİ

Prof. Dr. Özkan Murat DOĞAN
Arş. Gör. İrem KOÇYİĞİT ÇAPOĞLU

mdogan@gazi.edu.tr
iremkozyigit@gazi.edu.tr

İÇERİK

- **Deneyin Amacı**
- **Teori**
 - Gaz Absorpsiyonu
 - Dolgulu Kolon Çalışma Prensibi
 - Dolgu Maddeleri
- **Metot**
- **Deneysel**
 - Deneysel Yöntem
 - Örneklerin Analizi
 - Deneysel Veri
- **Kaynaklar**

GAZ ABSORPSİYONU

Deneyin amacı:

- İki fazlı ve ters akışlı dolgulu absorpsiyon kolonunda havaya karışmış bulunan karbondioksitin kostik soda çözeltisinden oluşan sıvı faza absorbe edildiğinin gösterilmesi.
- Gaz fazı toplu kütle transfer katsayısının (K_{OG}) belirlenmesidir.

TEORİ

Gaz absorpsiyonu, inert bir bileşen ile gaz karışımı halinde bulunan çözünen bir maddenin, inert bir sıvı ile absorbe edildiği bir işlemdir.

Burada inert bileşen olarak ifade edilen, faz değiştirmeyen yani diğer faza geçemeyen veya diğer faza geçen miktarı ihmal edilebilecek kadar küçük olan bileşendir.

Gaz absorpsiyonu işlemi için sürekli temas sağlayan dolgulu kolon ya da çok kademeli temas sağlayan raflı kolon kullanılabilir. Pratikte absorpsiyon işlemlerinde gaz-sıvı temas yüzeyini artırmak için sıklıkla kullanılan ekipmanlardan biri dolgulu kolonlardır.

TEORİ

Örnekler:

1. H_2S ve CO_2 'nin polietilen glikol dimetil eterler (DEPG) ile uzaklaştırılması
2. Baca gazından SO_2 'nin alkali çözelti ile giderimi
3. Yanma ürünü olan CO_2 'nin alkanolamin çözeltileri ile diğer yanma ürünlerinden ayrılması

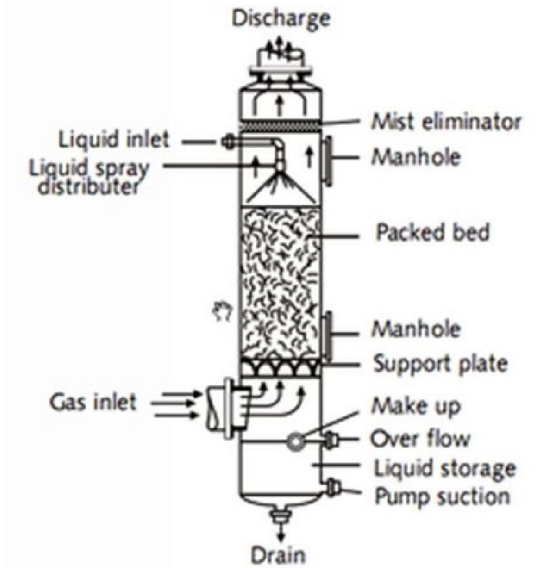
TEORİ

Dolgulu Kolon Çalışma Prensibi

Dolgulu kolonun üst bölgesinden homojen olarak beslenen sıvı akımı, dolgu maddelerinin yüzeyi boyunca yer çekiminin etkisi ile aşağı doğru akarken, dolgulu kolonun alt bölgesinden gönderilen gaz akımı, dolgu maddelerinin boşluklarından yukarı doğru hareket eder ve böylece gaz ve sıvı akımları birbirleri ile temas eder. Bu sayede, etkin bir kütle transferi alanı sağlanmış olur.

- Packed Column Flooding: <https://youtu.be/EPpnxvc8vTc>
- Packed Column Demonstration: <https://youtu.be/AzK7K601cAE>

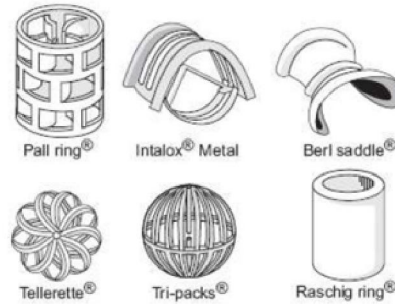
Packed Column



TEORİ

Dolgu Maddeleri

Dolgulu kolonlarda sıvı ve gaz fazları arasındaki ara yüzey miktarını arttırmak için çeşitli dolgu maddeleri geliştirilmiştir. Raschig halkaları, Pall halkaları, Intalox saddle, Berl saddle, Lessing halkaları geleneksel dolgu maddelerine örnek olarak gösterilebilir. Yapılı dolgular (Structured packings) ise yeni nesil dolgular olarak bilinmektedir.



Structured packings



TEORİ

Absorpsiyon gibi uygulamalarda dolgu maddesi seçimi yapılırken aşağıda belirtilen hususlara dikkat etmek gerekmektedir.

- i. Sıvı ve gaz fazları arasında iyi ve yeterli temas sağlamalıdır,
- ii. Yüksek basınç düşüşlerine neden olmamalıdır,
- iii. Kullanılan sıvı ve gaz ile tepkimeye girmemelidir, inert olmalıdır,
- iv. Ağır olmamalıdır,
- v. Sağlam ve mukavemetli olmalıdır,
- vi. Dolgu maddeleri kolon boyunca eşit bir şekilde dağılmış olmalıdır,
- vii. Ucuz olmalıdır.

TEORİ

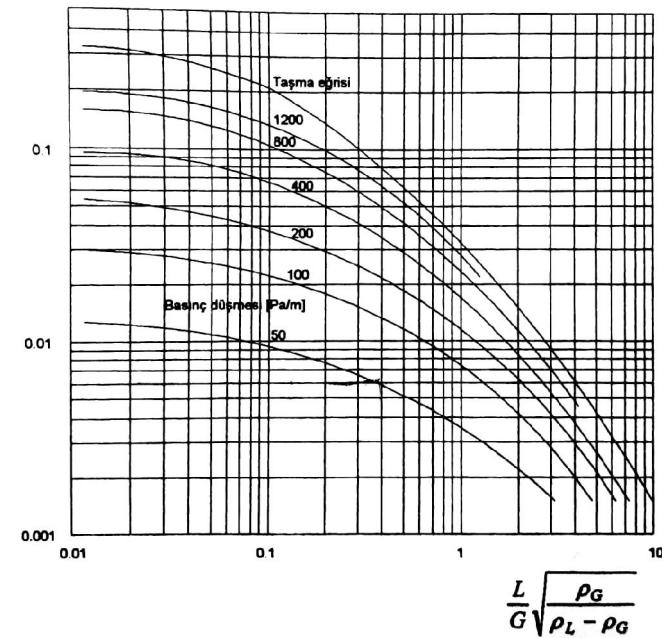
Dolgulu Kolonlarda;

- Dolgu maddesinin seçiminde şekil ve boyut önemlidir. Dolgu dağılımı kolon içerisinde iyi bir şekilde yapılamazsa sıvı dolgu maddelerinin arasından belirli bir yolu tercih ederek akmaya devam eder ve bu yollarda **kanallaşma** görülür. Bu durum duvar boyunca da görülebilir.
- Hem duvar boyunca hem de dolgu maddeleri üzerinde sıvının kanallaşması gaz ile teması azalttığından dolayı istenmez. Bunun önlenmesi için, kullanılacak dolgu maddesi büyüklüğü kolon çapının 1/8 inden küçük olmalıdır ($D_c \geq 8d_{p,p}$).
- Dolgulu kolonda gaz hızı arttırıldığında, kolon içinde bazı bölgelerde lokal olarak sıvının birikmeye başladığı görülür. Bu nokta **yükleme noktası** olarak adlandırılır. Bu noktadan itibaren artık gaz hızı arttıkça toplam sıvı tutulması da artacaktır.
- Sıvı tutulması kolon içerisinde çok fazla arttığında, biriken sıvı tüm kolon kesit alanını kaplar ve sıvı aşağı doğru akamaz. Aşağıdan gelen gazın baskısıyla, sıvı ancak gazla beraber kolonu yukarıdan terk edebilir. Bu durum **taşma** olarak nitelendirilir.

TEORİ

- Taşma hızı dolgu kolonlarda kullanılacak olan gazın hızına bir limit getirdiğinden dolayı taşma hızını hesaplamak gerekmektedir.
- Bu hesaplama şekildeki görülen grafik halinde gösterilmiş olan korelasyon ile yapılabilir. Bu grafikte en yukarıdaki eğri taşma haline karşılık gelmektedir.

$$\frac{G^2 C_f \mu_L^{0.1} J}{\rho_G (\rho_L - \rho_G) g_c}$$



METOT

Metot

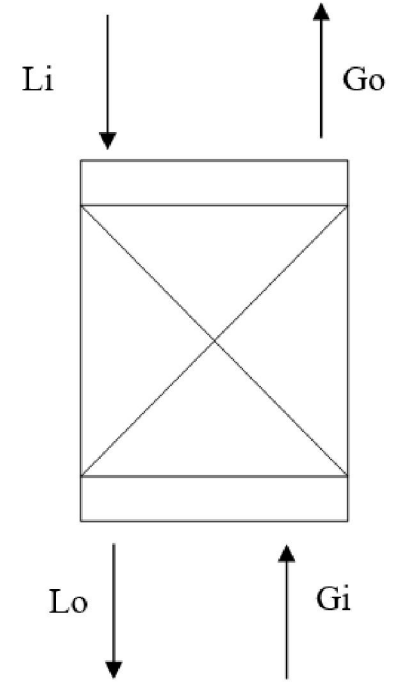
Yatışkın durumda, gaz fazdan absorplanan gazın transferi, sıvı faza transfer olana eşittir. Şekildeki gibi kolona giren ve çıkan sıvı fazın hacimsel akış hızlarını sırasıyla L_i ve L_o , kolona giren ve çıkan toplam gazın molar akış hızlarını sırasıyla G_i ve G_o ve kolona giren ve çıkan gaz karışımı içindeki karbondioksit mol kesrini ise sırasıyla y_i ve y_o ile gösterirsek; havanın çözeltide çözünmediği (inert bileşen) durum için, gaz fazından uzaklaşan karbondioksit miktarı

$$G_i - G_o \text{ (gmol/saniye)} \quad (1)$$

sıvı faza absorbe edilen karbondioksit ise;

$$L_o C_{No} - L_i C_{Ni} \text{ (gmol/saniye)} \quad (2)$$

olarak yazılır.



METOT

Hava-karbondioksit-kostik çözeltisi sisteminde sıvı akış hızı kolon boyunca değişmemekle birlikte ($L_o = L_i$), gaz akış hızı, karbondioksit uzaklaşması ve kolon boyunca basınç düşmesinden dolayı değişmektedir ($G_o = G_i$). Gaz fazı akış hızındaki değişikliğin belirlenmesinde madde denkliğinden elde edilen aşağıdaki eşitlik kullanılabilir.

$$G_o (1 - y_o) = G_i (1 - y_i) \quad (3)$$

Gaz fazı toplu kütle transfer katsayısının (K_{OG}) belirlenmesi için, dolgulu kolonlar için verilen eşitlikten yararlanılabilir.

METOT

Bu eşitlikte y^* ve y sırası ile kolonun herhangi bir noktasında sıvı ile dengede olan gazın mol kesri ve yağın fazın mol kesri, A kolonun kesit alanı, H dolgu maddesinin yüksekliği ve a da dolgu maddesinin birim hacimdeki yüzey alanıdır.

Seyreltik gaz karışımı için eşitlik aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$H = \frac{d[Gy]}{K_{OG} aA(y^* - y)} \quad (4)$$

$$K_{OG} = \frac{Gdy}{HaA(y^* - y)} \quad (5)$$

METOT

Eş. 4'ün sağ tarafındaki teriminin integralini almak zor olduğundan, K_{OG} daha basit fakat daha az hassasiyet ile aşağıdaki eşitlikten belirlenebilir;

$$N = K_{OG} a_{AH} \frac{(P_i - P_o)}{\ln\left(\frac{P_i}{P_o}\right)} \quad (6)$$

Burada; N: absorpsiyon hızı (gmol/saniye)'dir.

Eşitlik 6 düzenlenirse;

$$K_{OG} = \frac{N \ln\left(\frac{P_i}{P_o}\right)}{a_{AH}(P_i - P_o)} \quad (7)$$

elde edilir.

DENEYSEL



Deneysel Yöntem

- Gaz absorpsiyonu deney sisteminde öncelikle sıvı tankı 0,1M kostik soda (NaOH) ile doldurulur.
- Sıvı pompası çalıştırılmadan önce tank içerisinden kostik soda numunesi alınır.
- Daha sonra kompresör çalıştırılır ve hava akış hızı hava akış ölçer yardımıyla ayarlanır.
- CO_2 tüpü üzerindeki basınç ayar vanası açılır ve CO_2 akış ölçer yardımıyla CO_2 'nin akış hızı ayarlanır.
- Kolon boyunca gaz akarken su manometresinden basınç düşüşü okunur.
- Sıvı pompası çalıştırılır ve sıvı akış ölçer yardımıyla kostik sodanın akış hızı ayarlanır.
- 5 dakika boyunca sistemin yatışkın hale gelmesi beklenir ve her bir sıvı akış hızı için kolondan çıkan sıvı akımından ve sıvı tankından 250 mL'lik erlenlere numuneler alınır.
- Sonrasında da örneklerin analizi yapılır.

DENEYSEL



DENEYSEL

Örneklerin Analizi

- **Kostik soda içinde erimiş karbondioksit miktarının belirlenmesi**
- **Gerekli Çözeltiler:**
 - Karbondioksitten arındırılmış damıtık su içinde hazırlanmış phenolphtalein indikatörü.
 - Aynı biçimde hazırlanmış Metiloranj indikatörü.
 - 1 L standart 0,2 M HCl çözeltisi.
 - 1 L ağırlıkça % 5 baryumklörür çözeltisi.

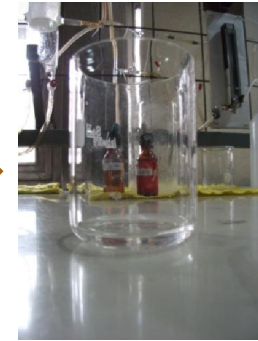
DENEYSEL

Yöntem

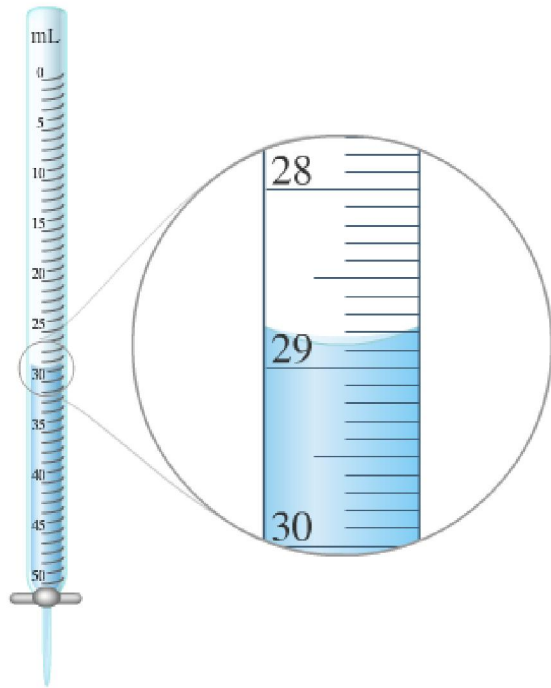
- Absorbsiyon kolonundan alınan 250 mL'lik sıvı örnekten pipetle alınan 50'şer mL'lik iki örneği iki ayrı erlene koyulur.



- Erlen 1'deki çözeltiye bir damla phenolphtalein indikatörü damlatılır ve pembe renk kaybolana kadar standart HCl ile titre edilir. Kullanılan asit miktarı T1 not edilir. Bu değer tüm hidroksiti nötralize edecek ve karbonatı bikarbonata dönüştürecek asit miktarını verecektir.



DENEYSEL

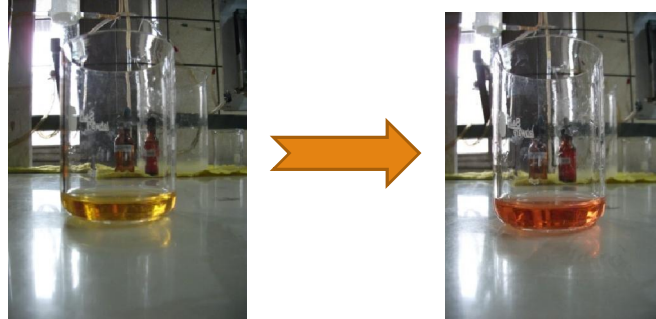


T1=29,1 mL

Örnek; phenolphtalein indikatörü damlatılıp pembe renk kayboluncaya kadar yapılan titrasyon sonucu harcanan HCl miktarı (T1)

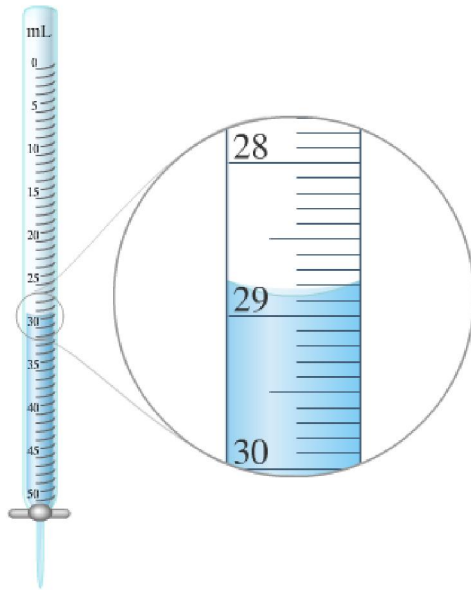
DENEYSEL

- Sonra aynı erlene 1 damla metiloranj indikatörü damlatılır ve son noktaya ulaşana dek standart asit ile titre edilir. Son noktaya ulaşıldığında kullanılan asit miktarı T2 not edilir. Bu değer $(T2 - T1)$ biçiminde tüm bikarbonatın nötrale edilmesi için gerekli asit miktarını verecektir.

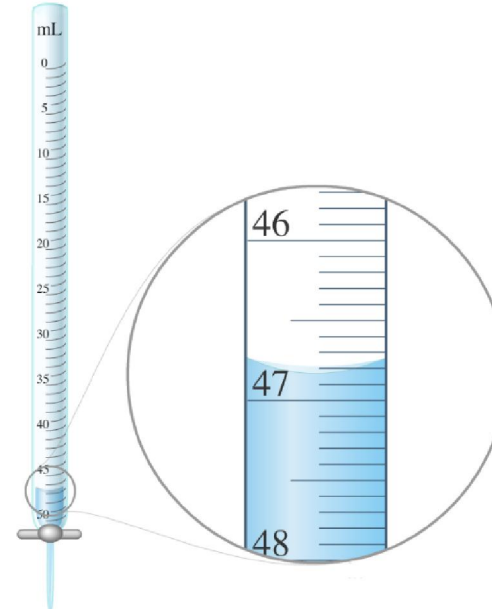


DENEYSEL

Örnek; Aynı erlene metil oranj indikatörü damlatıldıktan sonra dönüm noktasına ulaşınca kadar titre edilir. (Metil oranj indikatörü damlatıldıktan sonra dönüm noktasına ulaşınca kadar harcanan HCl miktarı, dolayısıyla $T2-T1$)



$T1=29,1$ mL



$T2=47,2$ mL

DENEYSEL

- Erlen 2'ye (T2 - T1)'in % 10'u kadar fazla baryumklorür çözeltisi eklenerek çalkalanır. Bu işlem sonucunda örnekteki karbonat baryumkarbonat olarak çökecektir. Bu işlemden sonra çözeltiye 2 damla phenolphtalein indikatörü damlatılır ve son noktaya ulaşana dek standart asit ile titre edilir.
- Erlen 2'ye (T2 - T1)'in % 10'u kadar fazla baryumklorür çözeltisi eklenerek çalkalanır. Bu işlem sonucunda örnekteki karbonat baryumkarbonat olarak çökecektir. Bu işlemden sonra çözeltiye 2 damla phenolphtalein indikatörü damlatılır ve son noktaya ulaşana dek standart asit ile titre edilir. Son noktaya ulaşıldığında kullanılan asit miktarı T3 not edilir. Bu değer yalnızca örnekteki bulunan kostik sodayı nötralize edecek asit miktarını verecektir. Dolayısıyla (T2 - T3) karbonat ve hidroksit için gereken toplam asit miktarı ile sadece hidroksit için gerekli toplam asit miktarı arasındaki farkı verecektir.

DENEYSEL

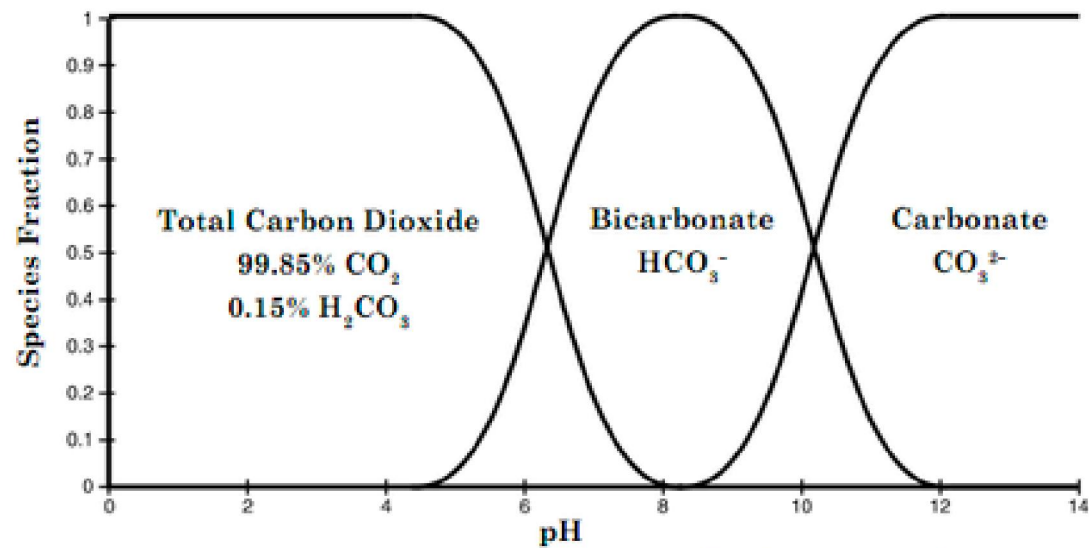


Figure 1 – Distribution of Total Carbon Dioxide, Bicarbonate, and Carbonate vs. pH

DENEYSEL VERİ

T, °C	15
P, mmHg	685
t, dk	5
a, m ² /m ³	440
ϵ	0,68
D-kolon, m	0,09
H-dolgu, m	1,2

CO ₂ akış hızı, L/dk	4
Hava akış hızı, L/dk	35
Çözelti Hacmi, mL	50

Sıvı Akış Hızı, L/dk	ΔP , mmSS	T ₁ , mL	T ₂ , mL	T ₃ , mL
2	3,5	31,6	45,6	32,5
3	7	29,5	48,5	36,5
4	9	27,4	45,3	28
5	13,5	25,1	45,4	25,7

KAYNAKLAR

1. Faust, A. S., et al., "Principles of Unit Operations", 2nd Ed., John Wiley, N. Y., (1981).
2. Perry, H. R. and D. Green, "Chemical Engineering's Handbook", 6th Ed., Mc GrawHill, N. Y., (1984).
3. Treybal, R.E., "Mass Transfer Operations", 3rd Ed., Mc Graw Hill N. Y., (1981).
4. Uysal. B., "Kütle Transferi Esasları ve Uygulamaları", 1st Ed., G. Ü. İ. F. Yayınevi. Ankara, (1996).