



**T.C.**

**PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ  
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**KMUH 453 KİMYA MÜHENDİSLİĞİ LABORATUARI II**

**KESİKLİ REAKTÖR DENEY FÖYÜ**

## İÇİNDEKİLER

<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>3</b>
<b>2. KURAMSAL TEMELLER</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1 Tepkimeler Hakkında Genel Bilgiler</b> .....	<b>4</b>
<b>2.2 Reaktörler Hakkında Genel Bilgiler</b> .....	<b>4</b>
<b>2.3 Reaksiyon Hızı ve Reaksiyon Hız Sabiti</b> .....	<b>5</b>
<b>3. MATERYAL VE METOT</b> .....	<b>6</b>
<b>3.1 Deney Sistemi</b> .....	<b>6</b>
<b>3.2 Reaktörün Deneye Hazırlanması</b> .....	<b>7</b>
<b>3.3 Deneyin Yapılışı</b> .....	<b>7</b>
<b>4. DENEY VERİLERİNİN SUNUMU</b> .....	<b>9</b>
<b>5. SORULAR</b> .....	<b>10</b>

## 1. GİRİŞ

Bu deney föyü Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü müfredatında 8. Dönem'de bulunan Kesikli Reaktör Deneyi için öğrencilerin deney öncesi hazırlıklarında yardımcı olmak için hazırlanmıştır.

Kesikli reaktör deneyinde; deneysel çalışmalarda kullanılacak kimyasallar hakkında dikkat edilmesi gereken özelliklerin öğrenilmesi, çözelti derişimi hesaplama ve hazırlama konularının pekiştirilmesi, reaktör sisteminin öğrenilmesi ve son olarak da deney verilerinin değerlendirilerek reaksiyon hız ifadesinin geliştirilmesi, sıcaklığın reaksiyon hızına etkisinin incelenmesi ve t zaman sonra dönüşüm oranlarının belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu kapsamda, sabunlaşma reaksiyonu kesikli reaktörde farklı sıcaklıklarda gerçekleştirilecektir. Deney süresince sodyum hidroksit sarfiyatları not edilecek ve belirli hesaplamalar yapılacaktır.

Dersi alan öğrencilerin sadece bu föydeki bilgiler ile sınırlı kalmayıp deney için gerekli olabilecek kaynak araştırmasını yapması beklenmektedir.

## 2. KURAMSAL TEMELLER

Bu bölümde tepkimeler ve reaktörler hakkında kısaca bilgiler verilmiştir. Daha önce Giriş Bölümünde de ifade edildiği gibi bu deneyden sorumlu olan öğrencilerin daha önceden almış olduğu derslerden ve kaynaklardan araştırmalar yaparak bu bölümü daha da kapsamlı hale getirmesi beklenmektedir.

### 2.1 Tepkimeler Hakkında Genel Bilgiler

Bir ya da birden fazla maddenin yeni bileşik/bileşiklere dönüşmesi işlemi “kimyasal tepkime” olarak adlandırılır. Tepkimeler; fazlara göre sıvı faz tepkimeler, gaz faz tepkimeler, gaz-sıvı tepkimeler, gaz-katı tepkimeler, heterojen tepkime ve homojen tepkime olarak, ilerleme yönüne göre tersinir tepkimeler ve tersinmez tepkimeler gibi farklı birçok adlandırmalarla sınıflandırılabilir. Termodinamik olarak tepkimeler çevreye ısı vermesi veya çevreden ısı alması durumuna göre ekzoterm tepkime ve endoterm tepkime olarak incelenir.

### 2.2 Reaktörler Hakkında Genel Bilgiler

Reaktör veya tepkime kabı tepkimelerin gerçekleştiği kaplara verilen özel bir isimdir. Tepkimenin türüne, geometrik şekline, akış rejimine, ısı transferi şekline ve besleme şekline vb. göre reaktörler çeşitlenmektedir.

Örneğin; kimyasal bir tepkime gerçekleştiriliyorsa kimyasal reaktör, biyokimyasal bir tepkime gerçekleştiriliyorsa biyoreaktör, tank şeklinde ise tank reaktör borusal tipte ise borusal reaktör, piston akış hidrodinamiğine sahipse piston akışlı reaktör, türbülent akış hidrodinamiğine sahipse türbülent akışlı reaktör olarak adlandırılmaktadır.

Reaktör özelliklerine göre kütle ve enerji denklemlerinin türü de değişkenlik gösterir. Sürekli karışmalı tam karışmanın sağlandığı bir tank reaktörün kütle denkliği cebirsel bir eşitlikle ifade edilirken ideal piston akışlı reaktörün kütle denkliği birinci mertebeden diferansiyel bir denklem ile ifade edilir.

Reaktör tasarımı ve reaksiyon kinetiği, Kimya Mühendisliği Eğitimi'nin en temel konularından olup diğer mühendislik alanlarından ayıran en temel farklardan biridir. Üretimin temel amaçlarından biri en iyi üretimi gerçekleştirmektir. En iyi üretim ifadesi ürün kalitesinden ürün miktarına kadar birçok özelliği içinde bulundurur. Birçok ürünün iyi kalitede ve uygun maliyetle üretilmesinde kullanılan en temel ve önemli ekipman reaktör olduğu için reaktörün

tasarımının iyi yapılması çok önemlidir. Reaktör tasarımı, reaktör işletim koşullarının belirlenmesi reaksiyonun kinetiği ile termodinamik özelliklerine bağlıdır.

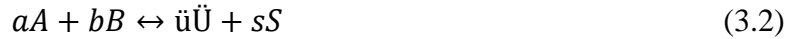
### 2.3 Reaksiyon Hızı ve Reaksiyon Hız Sabiti

Reaksiyon hızı, birim zamanda birim hacimde madde miktarındaki değişim olarak tanımlanabilir. Bu tanıma göre madde miktarındaki değişim giren madde için dönüşüm/kaybolma/harcama hızı olarak, ürün madde için oluşum hızı olarak ifade edilebilir.

Sabit hacimli kesikli bir reaktörde gerçekleşen bir tepkimenin hızını herhangi bir i bileşeni için Eşitlik 3.1'deki gibi ifade edebiliriz.

$$r_i = \frac{1}{V} \left( \frac{dN_i}{dt} \right) = \frac{dC_i}{dt} \quad (3.1)$$

A ve B girdi bileşeni, Ü ve S çıkış bileşeni olan bir tepkimeyi göz önüne alırsak;



Bu tepkimenin hız ifadesi üstel kinetik modele uyması koşuluyla en genel olarak;

$$-r_i = k_1 C_A^a C_B^b - k_2 C_{\ddot{u}\ddot{u}} C_S^s \quad (3.3)$$

olarak yazılabilir. Eşitlik 3.3 tepkimenin tersinir veya tersinmez olmasına göre ve stokiyometrik olmasına veya olmamasına göre değişiklik gösterir. Bu eşitlikte a,...s üsleri tepkime mertebesi,  $k_1$  ve  $k_2$  de sırasıyla ileri yönlü tepkime hızının ve geri yönlü tepkimenin hız sabitini göstermektedir.

Tepkimenin sıcaklığa bağlılığı tepkime hız sabiti ile tanımlanır. Arrhenius Modeli'ne göre tepkime hız sabiti Eşitlik 3.4'teki gibi ifade edilebilir.

$$k = A_0 e^{-Ea/RT} \quad (3.4)$$

Tepkimenin hız sabiti, T mutlak sıcaklık,  $A_0$  frekans faktörü, E aktivasyon enerjisi olmak üzere bu parametrelere bağlıdır. Eşitlik 3.4'te eşitliğin her iki tarafın logaritması alınırsa;

$$\ln k = \frac{-Ea}{R} \frac{1}{T} + \ln A_0 \quad (3.5)$$

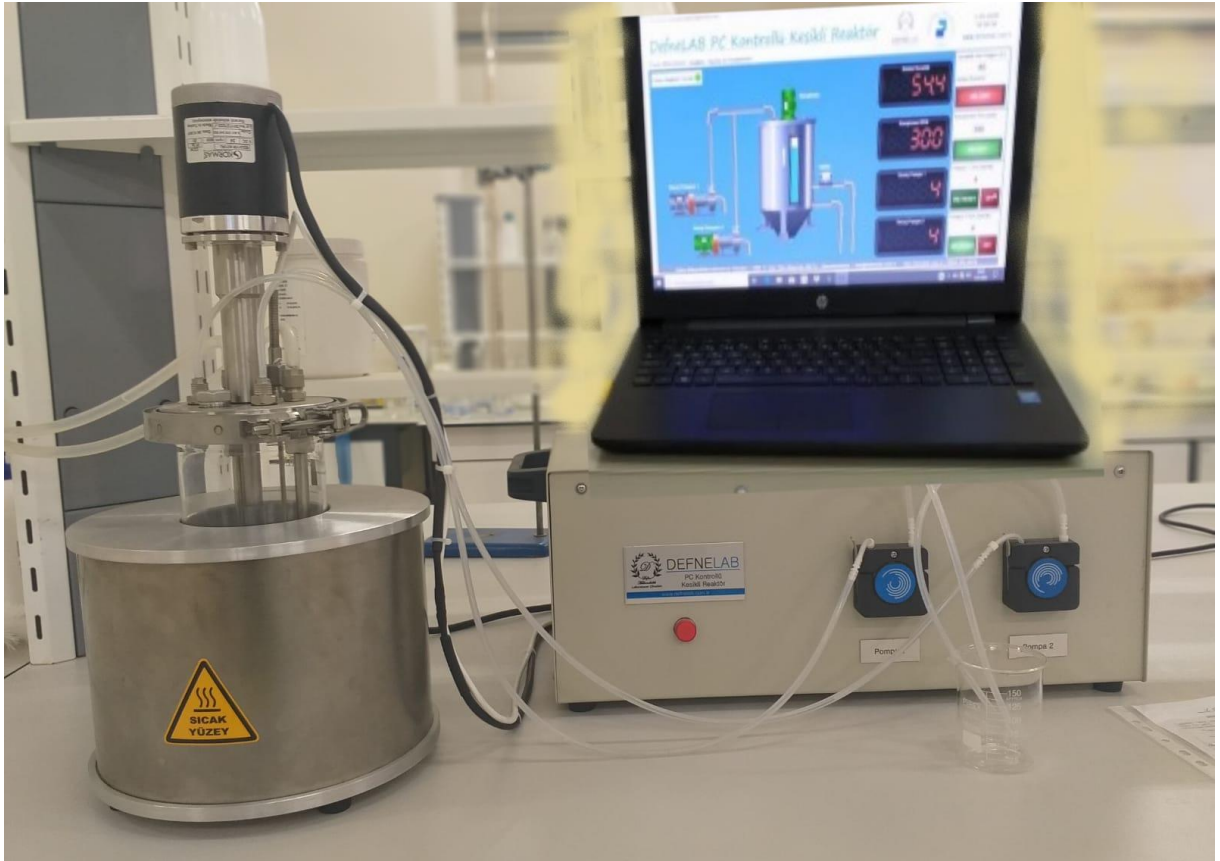
Eşitlik 3.5 elde edilir. Eşitlik 3.5 göz önünde bulundurularak yapılacak olan deneylerle de tepkime hız sabiti bulunabilir.

### 3. MATERYAL VE METOT

Bu bölümde deney sistemi ve deneyin yapılışı anlatılmaktadır.

#### 3.1 Deney Sistemi

Kesikli Reaktör Sistemi; reaktör, bilgisayar ve üzerinde pompaların da bulunduğu PLC sisteminden oluşmaktadır. Yapılacak uygulamada kullanılacak olan kesikli reaktör sistemi; 1 L hacmine sahip cam reaktör, ısıtma amacıyla kullanılan ceket, soğutma amacıyla kullanılan serpantin, reaktör içinde karıştırmayı sağlayan karıştırıcı ve sıcaklık ölçümünde kullanılan termočiftten oluşmaktadır. Şekil 2.1 de kesikli reaktör deney sistemi gösterilmektedir.



Şekil 2.1: Deney sistemi

Ekran üzerindeki etiketler;

- Heater:** Elektrikli ısıtıcı % güç indikatörü/ kontrolü
- Emergency Shutdown:** Önceden kararlaştırılmış acil durum senaryosunu gerçekleştirir.
- Monitor:** PC arayüzü ile PLC arasındaki haberleşmeyi başlatır.
- Download:** Ekranda kullanıcı tarafından girilen değerleri PLC'ye gönderir.

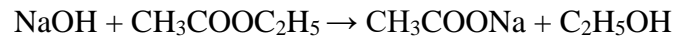
<b>Upload:</b>	PLC içinde güncel olan değerleri görüntüler.
<b>VFC-1:</b>	1 numaralı peristaltik pompanın akış (mL/dakika) kontrolü
<b>VFC-2:</b>	2 numaralı peristaltik pompanın akış (mL/dakika) kontrolü
<b>TI-1:</b>	Reaktör içi sıcaklık (°C) indikatörü
<b>TI-2:</b>	Sirkülasyon suyu sıcaklığı (°C) indiktörü

### 3.2 Reaktörün Deneye Hazırlanması

1. Borosilikat reaktörü kelepçe ile yakaya sabitleyin. Sıcaklık sensörü ve karıştırıcı bıçak ile temas etmeyecek şekilde yerleştirildiğinden emin olun.
2. Su giriş ve çıkışlarını uygun hortumlar ile sağlayın.
3. Elektrik girişini doğru kaynağa (220 V) yerleştirin ve kasanın üzerinde bulunan güç düğmesi anahtarını 1 konumuna getirin.
4. Proses kontrol yazılımının yüklendiği bilgisayarı ve proses kontrol yazılımını açın ve aşağıdaki adımları takip ederek yazılımı devreye alın.
5. Kullanıcı üzerindeki “File” sekmesinden eğer yeni bir proje açacaksanız “New”, eğer var olan bir projeyi açacaksanız “Open” seçeneğini tıklayın.
6. Eğer yeni bir proje açacaksanız bu projeye bir isim vererek, eklemek istediğiniz yorumları ara yüze ekleyebilirsiniz.
7. Bu aşamalardan sonra, kullanıcı ara yüzü ortaya çıkmalıdır ve reaktörün kontrolü bilgisayar ara yüzü sayesinde tamamen kullanıcının elindedir.

### 3.3 Deneyin Yapılışı

Bu çalışma için seçilen reaksiyon etil asetatın sodyum hidroksitle gerçekleştirdiği sabunlaşma reaksiyonudur ve izotermal işlem için seçilen bir reaksiyondur. Reaksiyon denklemi aşağıdaki gibidir.



Sodyum hidroksit + Etil asetat → Sodyum asetat + Etil alkol

1. Reaktördeki toplam çözelti hacmi 800 mL ve girenlerin reaktördeki her iki girenin ilk derişimleri ( $C_{A0}$  ve  $C_{B0}$ ) 1 M olacak şekilde hazırlanır ve etil asetat çözeltisi reaktör tankına doldurulur.

2. Reaktördeki sodyum hidroksit çözeltisinin zamanla değişen derişimini ( $C_A$ ) bulmak için titrasyon işlemleri yapılır. Bunun için deneye başlamadan önce ayrı bir 0.5 M derişimli sodyum hidroksit çözeltisi hazırlanır ve bürete doldurulur.
3. Soğuk su girişi açılarak sıcaklık denetim kabı suyla doldurulur.
4. Reaksiyon sıcaklığı sırasıyla 30 °C ve 50°C'ye ayarlanır.
5. Karıştırıcı 400 rpm hızda ayarlanır ve çalıştırılır.
6. Sıcaklık ayarlanan değere geldiğinde önceden hazırlanan NaOH çözeltisi reaktöre eklenir ve tepkime başlamış olur.
7. Önceden hazırlanmış 1 M derişimli HCl ( $V_{HCl}$ ) çözeltisinden 10 mL erlen içersine konur.
8. Belli zaman periyotlarında karıştırıcı durdurulup reaktörün içinden 10 mL örnek alınır ve içinde HCl çözeltisi bulunan erlene eklenir. Örnek eklendikten sonra birkaç damla fenolftalein indikatörü eklenir ve 0.5 M NaOH ( $V_{NaOH}$ ) ile titre edilir. Yapılan NaOH sarfiyatı (S) not edilir.

#### 4. DENEY VERİLERİNİN SUNUMU

Deney verileri aşağıdaki tablo 2.1'e not edilir.

**Tablo 2.1:** Deney verileri

Sıcaklık T (°C)	Zaman (dk)	Harcanan NaOH Sarfiyat (S) (mL)	Sıcaklık T (°C)	Zaman (dk)	Harcanan NaOH Sarfiyat (S) (mL)
30 °C	10		50 °C	10	
	20			20	
	30			30	
	40			40	
	50			50	
	60			60	

Reaktör Hacmi = 800 mL

## 5. SORULAR

- 1) Kesikli reaktör nedir? Çalışma prensibini açıklayınız.
- 2) Dönüşüm oranı nedir? Nasıl hesaplanır? Dönüşüm oranının en yüksek değeri nedir?
- 3) Reaksiyon hızı ve reaksiyon hız sabitini açıklayınız.
- 4) Reaksiyon hızı ve reaksiyon hız sabiti hangi parametrelerin fonksiyonudur?
- 5) Reaktörler işletim türlerine göre nasıl sınıflandırılır?
- 6) İzotermal işletim ve adyabatik işletim nedir? Açıklayınız.
- 7) MSDS/GBF nedir? Neden önemlidir?
- 8) Eşmolar ne demektir?
- 9) Kesikli reaktörde 1. ve 2. dereceden gerçekleşen eş molar bir tepkime için hız denklemini yazınız ve reaksiyon hız sabitini türetiniz.