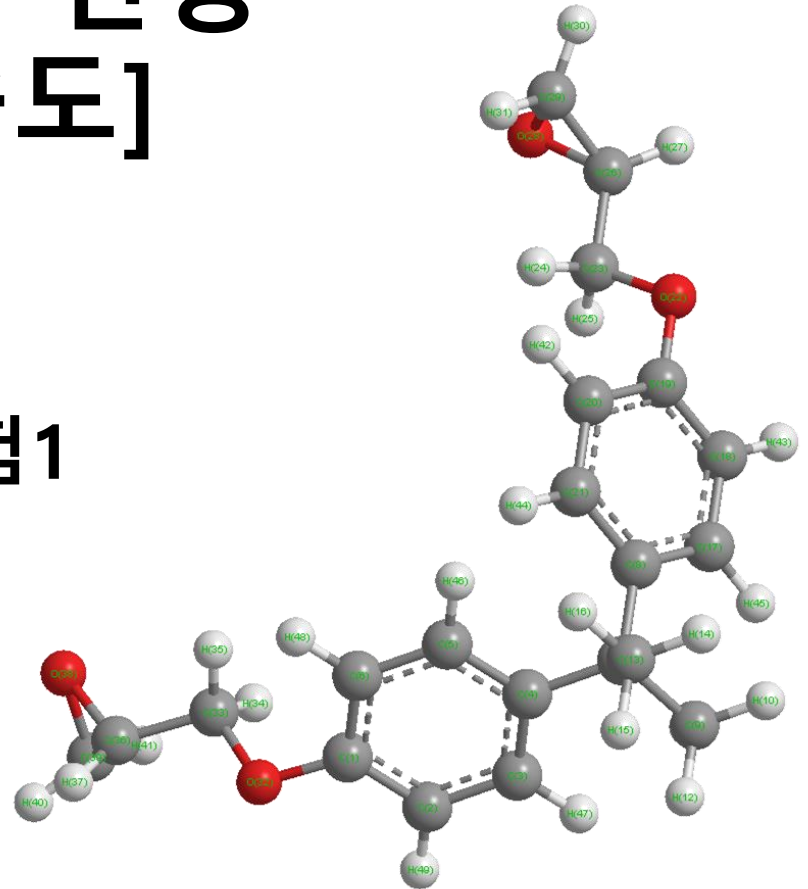




관류 흐름 반응 [반응속도]

화공실험1





관류 흐름 반응(반응속도)

➤ 실험 목표

Ethyl acetate와 NaOH의 비누화 반응에 대한 반응속도 상수와 활성화 에너지 결정

- 관류흐름반응장치 이해
- 온도 변화에 따른 반응속도 상수(k) 확인 및 비교
- 각 온도에 대한 속도상수 값으로부터 활성화 에너지 계산

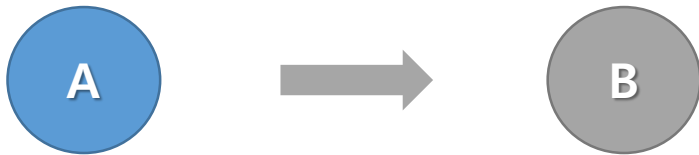


관류 흐름 반응(반응속도)

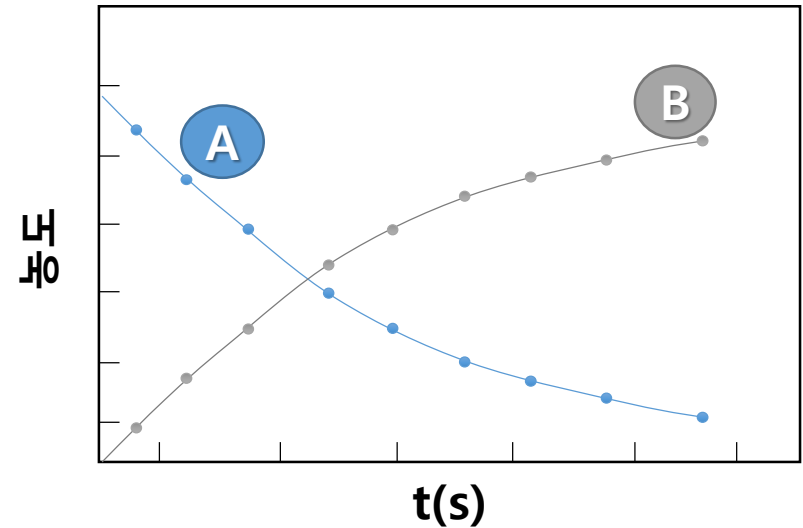
➤ 반응속도(rate of a reaction)

단위 시간당 생성물의 농도 증가 또는 단위 시간당 반응물의 농도 감소

- A 분자가 B 분자로 변환되는 간단한 반응의 진행 상황의 경우



$$\text{반응속도}(v) = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = \frac{\Delta[B]}{\Delta t}$$





관류 흐름 반응(반응속도)

➤ 반응속도

반응속도 = 농도변화/단위시간

$$A \rightarrow B \quad \text{반응속도} = - \frac{\Delta[A]}{\Delta t} = \frac{\Delta[B]}{\Delta t}$$

$$\text{반응속도} = k[A]^m$$

$$A + B \rightarrow C \quad \text{반응속도} = \frac{-\Delta[A]}{\Delta t} = \frac{-\Delta[B]}{\Delta t} = \frac{\Delta[C]}{\Delta t}$$

$$\text{반응속도} = k[A]^m[B]^n$$

➤ 반응속도에 영향을 주는 인자

반응물의 농도, 온도, 활성화 에너지, 촉매의 유무 등



관류 흐름 반응(반응속도)

➤ 반응속도

- **k: 속도상수(rate constant)**

- 온도와 압력에 의존
- 단위는 반응차수에 따라 다름

- **m, n: 반응차수**

- 실험에 의해 결정
- 농도 및 시간에 무관
- 화학반응식에 나오는 그 물질의 화학량론적 계수와 무관



- (m+n)은 전체 반응차수가 됨.

$$\text{반응속도} = k[A]^m[B]^n$$



관류 흐름 반응(반응속도)

➤ 속도상수(rate constant)

- $A \rightarrow$ 생성물 : 1차반응속도식(first-order reaction)

$$-\frac{d[A]}{dt} = k[A]$$

$$\ln [A] = \ln[A]_0 - kt$$

- $A \rightarrow$ 생성물 : 2차반응속도식(second-order reaction)

$$-\frac{d[A]}{dt} = k[A]^2$$

$$\frac{1}{[A]} = kt + \frac{1}{[A]_0}$$



관류 흐름 반응(반응속도)

➤ 활성화 에너지(E_a)

- Arrhenius equation

$$k = A \cdot e^{-E_a/RT}$$

$$\rightarrow \ln k = \ln A - \left(\frac{E_a}{R}\right)\left(\frac{1}{T}\right)$$

k: 속도상수

E_a : 활성화에너지(kJ/mol)

R: 기체상수(8.314J/mol ·K)

T: 절대온도(K)

A: 충돌빈도(진동인자)



관류 흐름 반응(반응속도)

➤ 비누화 반응(Saponification)

에스터(RCOOR')가 염기성 수용액에서 가수분해를 일으켜 산(RCOOH)과 알코올(R'OH)을 생성하는 반응



$$\begin{aligned}\text{반응속도} &= \frac{-\Delta[\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5]}{\Delta t} \\ &= k [\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5][\text{OH}^-]\end{aligned}$$

➤ 역적정법

시료에 일정한 시약을 가하여 반응을 끝낸 뒤, 남아 있는 시약을 다른 시약으로 적정하여 시료의 양을 간접적으로 결정하는 방법



➤ 실험 기기: 관류흐름반응장치

연속식 반응기

: 반응물질이 계속 흘러 들어오고 생성물질이 계속 흘러 나가는 방식

■ 종류

- 관형반응기(플러그흐름 반응기): 물질의 흐름이 관에서의 흐름과 같은 반응기
- 연속 교반 흐름 반응기: 회분식 반응기에 입구와 출구를 마련하고 유체를 계속 교반하면서 흐르게 하는 반응기

■ 특징

- 보조 장치가 필요하며, 생성 물질의 품질 관리가 쉽다.
- 연속식으로 많은 양을 처리할 수 있다.
- 모든 반응 물질의 반응기 내의 체류 시간이 동일하다.



기구 및 시약

	Ethyl acetate	Sodium hydroxide	Hydrochloric acid
CAS number	141-78-6	1310-73-2	7647-04-0
Chemical formula	$\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$	NaOH	HCl
Molar mass (g/mol)	88.105	39.99	36.46
Density (g/cm ³)	0.897	2.1	1.18
Melting point (°C)	-83.6	318	-27.3
Boiling point (°C)	77.1	1390	110
Solubility in water	8.3g/100ml (at 20°C)	111g/100ml (at 20°C)	miscible



실험 방법

1	실온의 온도로 반응기의 온도를 설정하고 0.1M Ethyl acetate 수용액과 0.1M NaOH 수용액을 관류흐름반응기를 통하여 반응시킨다.
2	100mL/min 유량에서 반응기로부터 약 20mL의 용액을 취한다. - A
3	A 용액 중 10mL를 100mL 비커에 취한다. - B
4	B 용액에 0.1M HCl 10mL를 섞는다. - C
5	C 용액에 p.p지시약을 몇 방울 넣은 후 0.1M NaOH 표준용액으로 적정하고 종말점까지 소비된 NaOH 표준용액의 부피를 기록한다.
6	유량을 200mL/min, 300mL/min로 변화시키고 2-5번 과정을 반복한다.
7	관류흐름반응장치의 온도를 30°C, 40°C, 50°C로 변화시켜 1-6번 과정을 반복한다.



온도 (°C)	HCl농도 (mol/L)	유량 (mL/min)	NaOH 적정량 (mL)	(a-x)농도 (mol/L)	1/[(a-x) (mol/L)]	시상수 (min)	속도상수 k
실온 (25)							

온도 (°C)	HCl농도 (mol/L)	유량 (mL/min)	NaOH 적정량 (mL)	(a-x)농도 (mol/L)	1/[(a-x) (mol/L)]	시상수 (min)	속도상수 k
30							



온도 (°C)	HCl농도 (mol/L)	유량 (mL/min)	NaOH 적정량 (mL)	(a-x)농도 (mol/L)	1/[(a-x) (mol/L)]	시상수 (min)	속도상수 k
50							



실험 결과 정리

2) Arrhenius 식의 활성화 에너지 구하기

온도 (°C)	온도 (T)	k	$\frac{1}{T}$	$\ln k$	E_a
실온(25)					
30					
40					
50					