

이름: _____ 학번: _____ 학과: _____

- 시험시간: 10:30 PM - 12:30 PM
- 휴대전화는 끌 것.
- 지우개, 계산기는 서로 빌려줄 수 없음.
- 답은 각 문제에 주어진 네모 안 에 적을 것. 네모의 크기와 답의 길이는 상관관계가 없음.
- 각 문항에서 빈 공간이 있는 경우는 풀이 과정을 적으라는 의미임. 빈 공간의 길이와 풀이과정과는 상관관계가 없음.
- 실험에 필요한 상수나 데이터는 맨 뒤에 있음.
- 문제수: 8
- Page 수: 5
- 만점: 126 점

1. (10 + 5 + 5 = 20점) 다음의 [제시문]을 읽고 [물음]에 답하여라.

[제시문]

(가) 분자 A와 분자 B가 반응하여 분자 C를 만드는 화학반응은 다음과 같이 표현할 수 있다.



위의 반응은 어떤 조건에서 성공적으로 일어날까 생각해보자. 먼저 두 분자 A와 B가 서로 만나야 반응이 일어날 것이라는 것은 쉽게 예측할 수 있다. 즉, A와 B가 서로 충돌하여야 반응이 일어날 수 있을 것이다. 그러나 실험에 의하면 A와 B가 충돌한다고 하여 모두 반응이 일어나는 것은 아니라는 것이 알려져 있다. 그 이유는 그림 1에서처럼 반응이 일어나기 위하여서는 전이상태라고 하는 중간단계를 거쳐야 하는데 전이상태의 에너지 준위는 반응물의 에너지 준위보다 E_a (활성화에너지) 만큼 더 높다. 반응이 완결되기 위하여서는 두 분자 A와 B가 충돌할 때 두 분자의 운동에너지의 합이 적어도 E_a 보다 커야 전이상태를 넘어 생성물이 생성될 수 있다.

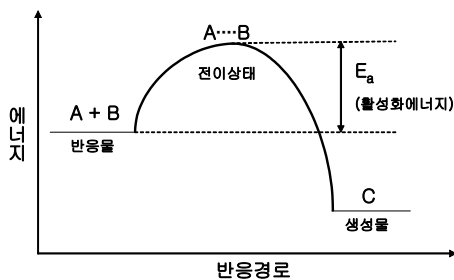


그림 1

(나) 기체분자운동론은 “일정 온도에서 기체 분자가 충돌할 때 충돌하는 기체 분자의 운동에너지의 합은 그림 2와 같이 분포를 하게 된다.”고 기술하고 있다. 그림 2는 낮은 온도(T_1)와 높은 온도(T_2)에서의 운동에너지의 분포를 보여주고 있다.

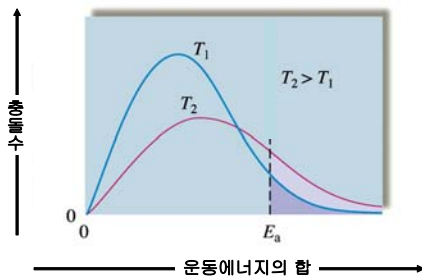


그림 2

(다) $A+B \rightarrow C$ 의 화학반응에서 반응속도는 단위 시간당 생성물 C가 생성되는 양으로 정의될 수 있다.

[물음 1] 기체 분자 A와 B 사이에 반응이 일어나 기체 분자 C가 생성되는 $A(g) + B(g) \rightarrow C(g)$ 의 화학 반응이 있다고 하자. $A(g) + B(g) \rightarrow C(g)$ 의 반응속도가 (1) 온도가 증가함에 따라, (2) A와 B의 농도가 증가함에 따라

어떻게 변할지 예측하고 그 이유를 [제시문]을 바탕으로 논리적으로 설명하여라.(서술형으로 쓸 것)

(1)

예측:

설명:

(2)

예측:

설명:

[물음 2] 실험에 의하면 A와 B가 충돌하고 그 때 A와 B의 운동에너지의 합이 E_a (활성화에너지)보다 커도 반응이 일어나지 않는 경우가 있다는 것이 밝혀졌다. 그 이유를 설명하여라.

[물음 3] $A+B \rightarrow C$ 의 화학반응에서 반응속도는 결국

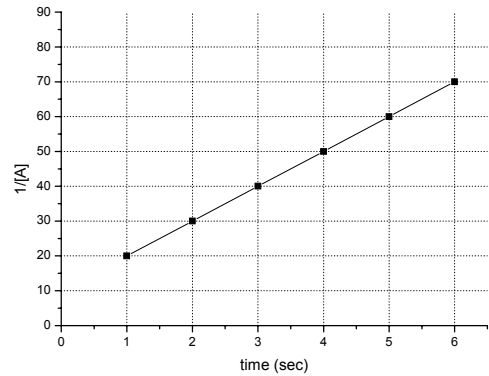
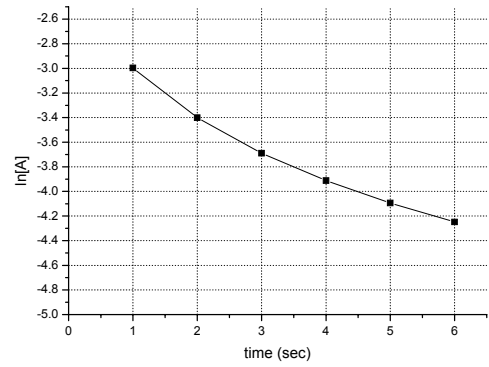
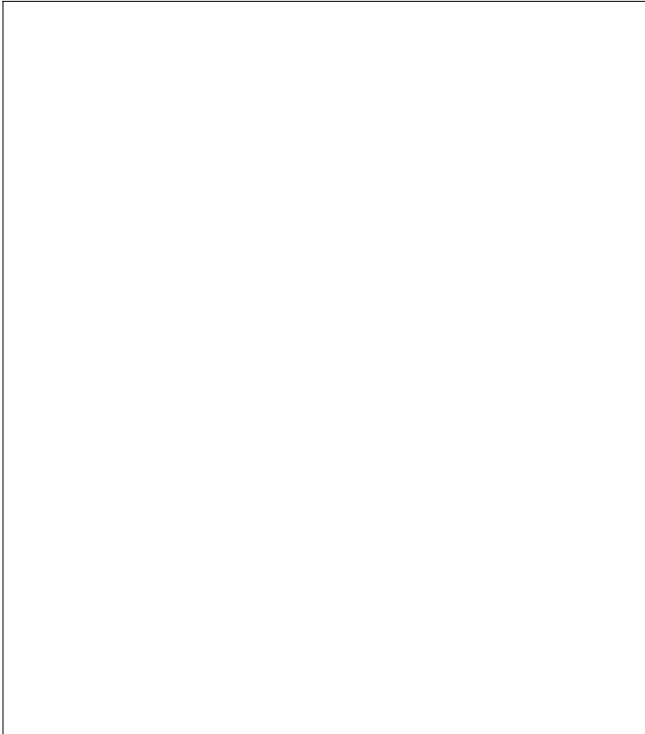
$$\frac{\Delta[C]}{\Delta t} = k[A]^n[B]^m$$

로 쓸 수 있다. k는 속도상수이고 $[A]^n[B]^m$ 는 반응물의 농도가 속도에 기여하는 정도이다. 속도상수는 [제시문]과 [물음 2]의 답으로부터 유도할 수 있는데 다음과 같은 관계식을 가지고 있다.

$$\ln(k) = -\frac{E_a}{RT} + \ln(z) + \ln(p)$$

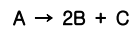
여기서 R은 기체상수, T는 절대온도, z는 단위시간당 충돌수, p는 [물음 2]에 대한 요인(parameter)이다. 위의 식으로부터 Arrhenius 식을 유도하여라.

그리고 [제시문]의 그림 2와 Arrhenius 식을 연관지어 $e^{-\frac{E_a}{RT}}$ 가 무엇을 의미하는 지 정확하게 기술하여라.



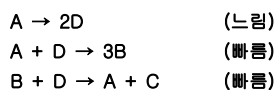
(a) $A \rightarrow 2B + C$ 반응의 속도상수를 k라고 하자. 반응이 메커니즘 I을 따른다고 하면 속도식(미분속도식)은 어떻게 쓸 수 있는 가? 또 미분속도식으로부터 적분속도식을 유도하여라.

2. (5 + 5 + 5 + 3 = 18점)

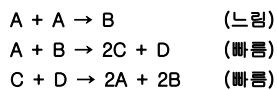


의 반응에 대하여 다음의 두 가지 반응 메커니즘이 제안되어 있다.

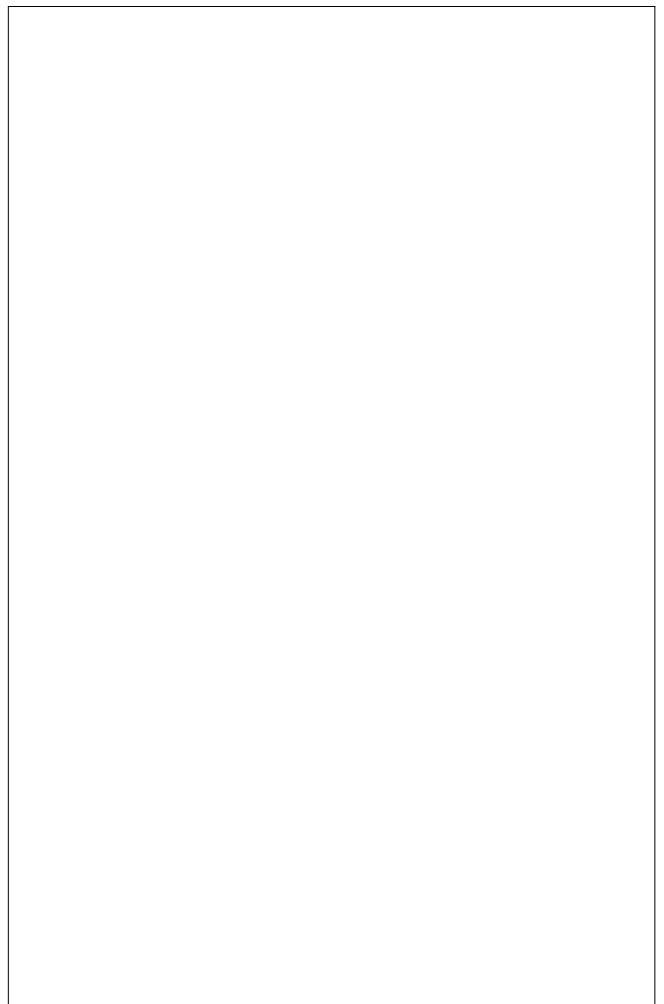
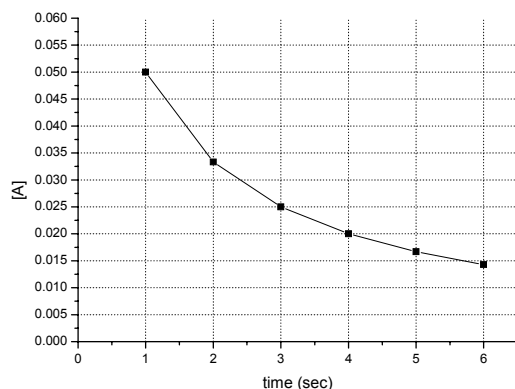
메커니즘 I:



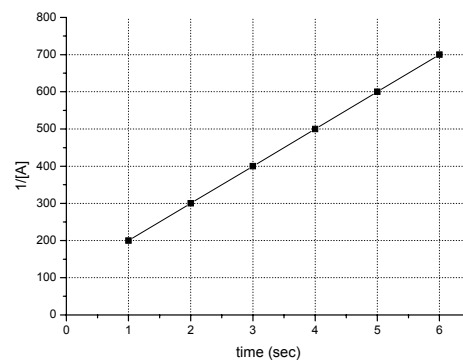
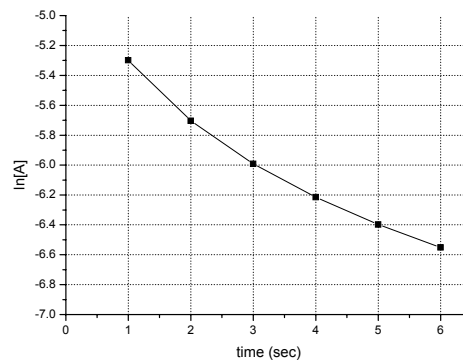
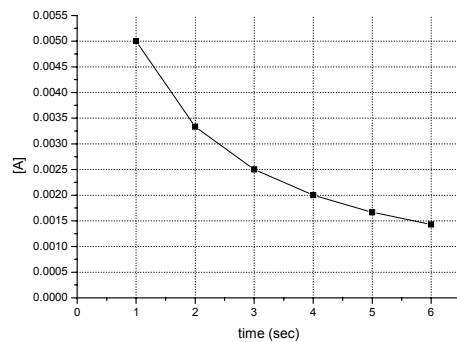
메커니즘 II:



반응 메커니즘을 알아내기 위하여 반응 실험을 하였고 다음은 그 결과를 세 가지 방법으로 도시한 것이다. (농도 단위는 mol/L 이다.)



(b) $A \rightarrow 2B + C$ 반응의 속도상수를 k 라고 하자. 반응이 메커니즘 II 을 따른다고 하면 속도식(미분속도식)은 어떻게 쓸 수 있는 가? 또 미분속도식으로부터 적분속도식을 유도하여라.



(c) 위의 실험 결과에 따르면 $A \rightarrow 2B + C$ 반응의 반응 메커니즘은 메커니즘 I 또는 메커니즘 II 중 어느 것 이겠는가? 속도상수는 얼마인가? 또 초기 농도는 얼마인가? (답만 적어라. 단, 속도상수와 초기농도는 단위도 정확히 적어라.)

메커니즘:

속도상수:

초기농도:

(d) 위의 실험 결과에 따르면 반응 9초 후에 A의 농도는 초기농도의 몇 % 가 되겠는가? (답만 적어라)

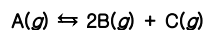
%

3. (10점)

위의 문제 2의 $A \rightarrow 2B + C$ 에 대한 반응 실험은 25 °C 에서 행한 실험 이다. 같은 실험을 90 °C 에서 하고 농도와 시간과의 관계를 다음의 세 가 지 방법으로 표시하였다. $A \rightarrow 2B + C$ 반응의 활성화 에너지는 얼마인가? (답은 유효숫자 세 자리로 적을 것)

$$E_a(\text{활성화에너지}) = \quad \text{kJ/mol}$$

4. (5 + 15 = 20점)



의 반응이 있다. 25 °C 에서 위 반응의 평형상수(K)는 26.2 이다. 25 °C 에서 다음의 실험을 하였다.

(a) 1.00 L의 용기에 B(g) 만 을 넣고 압력을 측정하였더니 6.50 atm 이었다. 반응이 평형에 도달한 후 용기 안의 전체 압력은 얼마인가?

atm

(b) (a)에서 평형에 도달한 후 C(g)를 용기 안에 주입하여 용기 안의 전체 압력이 10.50 atm 이 되도록 하였다. 시간이 흐른 후 다시 반응은 평형에 도달하였다. 평형에 도달한 후 A(g)의 압력과 용기 안의 전체 압력을 구 하여라.

$$P_A = \quad \text{atm}$$

$$\text{전체 압력} = \quad \text{atm}$$

5. (10점) 10.0 mL HCl 용액의 pH는 2.000 이다. pH 4.000의 용액을 만들기 위하여서는 얼마 만큼의 물을 첨가하여야 하는가?

mL

6. (10점) 아자이드화소듐(NaN_3)은 때때로 물에 녹여 박테리아를 죽이는 데 사용된다. 0.010 M NaN_3 용액의 PH를 계산하여라 그리고 용액 있는 모든 화학종들의 농도를 계산하여라.(물 제외) 하드라조산(HN_3)의 K_a 는 1.9×10^{-5} 이다. (힌트: $\text{N}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HN}_3 + \text{OH}^-$)

화학종 (물 제외, 6종 이하 임)	농도(M)

7. (18 + 10 = 28점) 다음과 같은 수용액 (1), (2), (3), (4)가 있다.

(1) 0.100 M KOH와 0.100 M CH₃NH₃Cl
 (2) 0.100 M KOH와 0.200 M CH₃NH₂
 (3) 0.200 M KOH와 0.100 M CH₃NH₃Cl
 (4) 0.100 M KOH와 0.200 M CH₃NH₃Cl

(a) 다음 표의 (1)을 참고로 하여 각 용액에서 물을 제외한 주된 화학종들의 농도를 M 단위로 적어라.(평형이 이루어지기 전에 완전 반응이 완결된 직후의 농도) 또한 완충용액으로 작용할 수 있는지 표시하라.(Yes, No로 표시)

용액	K ⁺	OH ⁻	CH ₃ NH ₃ ⁺	CH ₃ NH ₂	Cl ⁻	완충용액
(1)	0.100	10 ⁻⁷ (≈ 0)	0	0.100	0.100	No
(2)						
(3)						
(4)						

(b) 완충용액의 pH를 구하여라. (CH₃NH₂의 K_b = 4.38 x 10⁻⁴)

pH =

8. (10점) 산과 염기는 화학적으로 상반된 작용을 하는 것으로 생각할 수 있다.(산은 H⁺ 주개이고 염기는 H⁺ 받개 이다.) 그러므로 K_a = 1/K_b로 생각할 수 있는데, 왜 타당하지 않은가? 수용액에서 K_a와 K_b의 관계를 식을 전개하여 설명하여라. (K_a는 산 HA에 대한 K_a 이다. 그리고 K_b는 염기 A⁻에 대한 K_b 이다.)

- 상수 -

- R (기체상수) = 0.08206 L•atm/(mol•K) = 8.314 J/(mol•K)