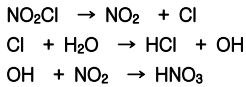


이름: _____ 학번: _____ 학과: _____
 비밀번호: _____ (4자리)

- 시험시간: 10:30 AM - 12:30 PM
- 휴대전화는 끌 것.
- 지우개, 계산기는 서로 빌려줄 수 없음.
- 답은 각 문제에 주어진 네모 안 에 적을 것. 네모 안에 빈 공간이 있는 경우는 풀이 과정을 적으라는 의미임. 빈 공간의 길이와 풀이 과정과는 상관관계가 없음. 답을 적을 때 항상 단위도 정확히 적을 것.
- 풀이에 필요한 상수나 데이터는 맨 뒤에 있음.
- 문제수: 12
- Page 수: 5
- 만점: 300점

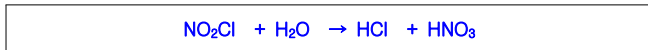
1. (6+4+6=16점) 다음과 같은 반응 메커니즘을 생각하여보자.



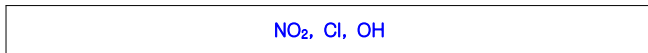
(a) 각 단일단계반응에서 분자도는 얼마인가?

단일 단계 반응	분자도
$\text{NO}_2\text{Cl} \rightarrow \text{NO}_2 + \text{Cl}$	일분자
$\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCl} + \text{OH}$	이분자
$\text{OH} + \text{NO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3$	이분자

(b) 위 반응의 전체 반응식을 쓰시오.



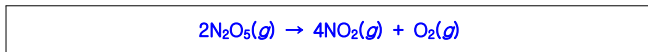
(c) 반응 중간체를 모두 쓰시오.



2. (5+18+5+10+5+10+15+10+15=83점) $\text{N}_2\text{O}_5(g)$ 는 분해되어 $\text{NO}_2(g)$ 와 $\text{O}_2(g)$ 로 된다. 이 분해반응의 활성화에너지를 알아내기 위하여 338 K와 318 K의 두 온도에서 실험을 하고 N_2O_5 의 농도를 시간에 따라 측정하였다.

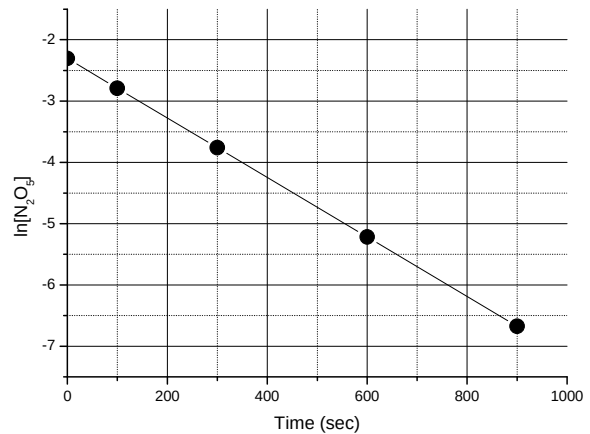
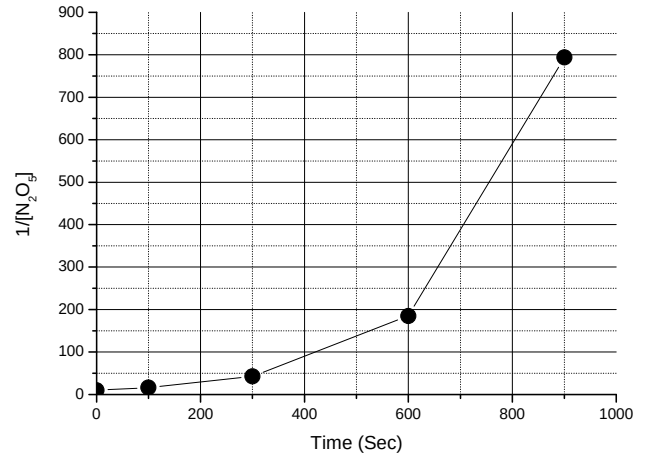
시간(s)	$[\text{N}_2\text{O}_5] \text{ (M)}$	
	T = 338 K	T = 318 K
0	1.00×10^{-1}	1.00×10^{-1}
100.	6.14×10^{-2}	9.54×10^{-2}
300.	2.33×10^{-2}	8.63×10^{-2}
600.	5.41×10^{-3}	7.43×10^{-2}
900.	1.26×10^{-3}	6.39×10^{-2}

(a) 위 분해반응의 균형잡힌 화학반응식을 쓰시오.



(b) T = 338 K의 데이터를 이용하여 다음의 빈칸에 $\frac{1}{[\text{N}_2\text{O}_5]}$ 값과 $\ln [\text{N}_2\text{O}_5]$ 값을 계산하여 적어 넣고 주어진 그래프 용지 위에 $\frac{1}{[\text{N}_2\text{O}_5]}$ 대 시간, $\ln [\text{N}_2\text{O}_5]$ 대 시간을 ● 로 표시하시오. 점들 사이는 직선으로 연결하시오.

시간(s)	T = 338 K		
	$[\text{N}_2\text{O}_5] \text{ (M)}$	$\frac{1}{[\text{N}_2\text{O}_5]}$	$\ln [\text{N}_2\text{O}_5]$
0	1.00×10^{-1}	10.0	-2.303
100.	6.14×10^{-2}	16.3	-2.7903
300.	2.33×10^{-2}	42.9	-3.7593
600.	5.41×10^{-3}	184	-5.220
900.	1.26×10^{-3}	794	-6.677



(c) 위 반응의 속도식 (미분 속도식)을 적으시오. (속도상수는 k로 표시할 것)

$$-\frac{\Delta [\text{N}_2\text{O}_5]}{\Delta t} = k[\text{N}_2\text{O}_5] \quad \text{또는} \quad -\frac{d[\text{N}_2\text{O}_5]}{dt} = k[\text{N}_2\text{O}_5]$$

(d) T = 338 K에서 위 반응의 속도 상수를 구하시오.

일차 반응이므로
 속도 상수 = k = - 기울기
 $= -(-6.677 - (-2.303))/900 \text{ s}$
 $= 4.86 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$

속도 상수: $4.86 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$

(e) T = 318 K에서 위 반응의 속도 상수를 구하시오. (아래의 표에 $\frac{1}{[\text{N}_2\text{O}_5]}$ 값과 $\ln [\text{N}_2\text{O}_5]$ 값 중 속도상수를 구하는 데 필요한 계산 값을 채워 넣고 속도 상수를 구할 것)

시간(s)	T = 318 K		
	$[\text{N}_2\text{O}_5] \text{ (M)}$	$\frac{1}{[\text{N}_2\text{O}_5]}$	$\ln [\text{N}_2\text{O}_5]$
0	1.00×10^{-1}		-2.303
100.	9.54×10^{-2}		-2.350
300.	8.63×10^{-2}		-2.450
600.	7.43×10^{-2}		-2.600
900.	6.39×10^{-2}		-2.750

일차 반응이므로

$$\begin{aligned} \text{속도 상수} &= k = - \text{기울기} \\ &= -(-2.700 - (-2.303))/900 \text{ s} \\ &= 4.97 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1} \end{aligned}$$

$$\text{속도 상수: } 4.97 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$$

(f) 화학반응이 일어나기 위해서는 분자들 사이의 충돌이 일어나야 한다. 이러한 이론을 충돌이론이라고 한다. Arrhenius는 반응의 속도상수(k)와 활성화에너지(Activation Energy, E_a) 그리고 온도(T)와의 관계가 다음과 같다는 것을 알아내었다.

$$k = A \exp(-E_a/RT)$$

이를 Arrhenius의 식이라고 한다. 여기서 A는 Frequency Factor(빈도인자)라고 하는 상수이다.

Arrhenius의 식을 이용하여, 두 온도(T_1 , T_2)에서 속도상수(k_1 , k_2)를 알면 반응의 활성화에너지(E_a)를 알 수 있다. E_a 를 구하는 식(T_1 , T_2 , k_1 , k_2 를 포함)을 유도하여라.

$$\begin{aligned} k &= A e^{-\frac{E_a}{RT}} \\ \ln(k) &= -\frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T}\right) + \ln(A) \\ \ln(k_1) &= -\frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_1}\right) + \ln(A) \\ \ln(k_2) &= -\frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_2}\right) + \ln(A) \\ \ln(k_1) - \ln(k_2) &= -\frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right) = \ln\left(\frac{k_1}{k_2}\right) \\ E_a &= \frac{R \ln\left(\frac{k_1}{k_2}\right)}{\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)} \end{aligned}$$

(g) 위 반응의 활성화에너지를 구하시오.

$$\begin{aligned} E_a &= \frac{R \ln\left(\frac{k_1}{k_2}\right)}{\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)} \\ &= \frac{8.314 \text{ J/K} \cdot \text{mol} \times \ln\left(\frac{4.86 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}}{4.97 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}}\right)}{\left(\frac{1}{318 \text{ K}} - \frac{1}{338 \text{ K}}\right)} \\ &= 102 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$E_a: 102 \text{ kJ/mol}$$

(h) Arrhenius 식에서 A는 A는 Frequency Factor(빈도인자)라고 하는 것으로서 초당 충돌수(collision frequency, z)와 입체인자(steric factor, p)를 곱한 값($A=zp$)이다. 즉, 이는 유효충돌수를 나타내는 것이다. 위 반응에 대하여 입체인자를 1.00×10^{-3} 이라고 하면 $T = 338 \text{ K}$ 에서 초당 충돌수는 얼마인가?

$$\begin{aligned} k &= A e^{-\frac{E_a}{RT}} \\ A &= k e^{\frac{E_a}{RT}} \\ &= 4.86 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1} \times e^{\frac{107 \times 10^3 \text{ J/mol}}{8.314 \text{ J/K} \cdot \text{mol} \times 338 \text{ K}}} \\ &= 1.67 \times 10^{14} \text{ s}^{-1} \\ A &= zp \\ z &= \frac{A}{p} = \frac{1.67 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}}{1.00 \times 10^{-3}} = 1.67 \times 10^{17} \text{ s}^{-1} \end{aligned}$$

$$\text{초당 충돌수: } 1.67 \times 10^{17} \text{ s}^{-1}$$

(i) 절대온도 T에서 기체 분자의 제곱평균근 속도(root mean square velocity, u_{rms})는 $\sqrt{\frac{3RT}{M}}$ (M:분자량)로 주어진다. 이를 이용하여 $T = 338 \text{ K}$ 에서의 N_2O_5 기체의 평균 운동에너지를 구하고 N_2O_5 분해반응의 활성화에너지는 평균 운동에너지의 몇 배인지 결정하시오.

몰 당 평균운동에너지

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} M u_{rms}^2 \\ &= \frac{1}{2} M \frac{3RT}{M} \\ &= \frac{3}{2} RT \\ &= \frac{3}{2} \times 8.314 \text{ J/K} \cdot \text{mol} \times 338 \text{ K} \\ &= 4.22 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

활성화에너지 $E_a = 107 \text{ kJ/mol}$

$$(107 \text{ kJ/mol}) / (4.22 \text{ kJ/mol}) = 24.2$$

따라서 활성화에너지는 평균운동에너지의 24.2 배

답: 24.2 배

3. (12+15=27점) 900 °C에서 다음 반응의 $K_p = 1.04$ 이다.



낮은 온도(영하 200.0 °C)에서 드라이아이스(고체 CO_2), 산화칼슘($\text{CaO}(s)$), 탄산칼슘($\text{CaCO}_3(s)$)을 50.0 L 용기에 넣고, 900.0 °C로 순식간에 가열하여 드라이아이스가 CO_2 기체로 순식간에 변화하였다고 하자. 다음 표는 넣어준 산화칼슘($\text{CaO}(s)$), 탄산칼슘($\text{CaCO}_3(s)$)의 질량과 용기에서 드라이아이스가 기체로 변화했을 때의 압력이다.

실험	CaCO_3	CaO	P_{CO_2}
1	655 g	95.0 g	2.55 atm
2	780 g	1.00 g	1.04 atm
3	0.14 g	5000. g	1.04 atm
4	715 g	813 g	0.211 atm

(a) 위 용기를 900.0 °C에 상당 시간 놔둔 후 평형에 도달하게 하였다. 그리고 순식간에 다시 영하 200.0 °C로 온도를 낮추었다. 이 때 드라이아이스(고체 CO_2), 산화칼슘($\text{CaO}(s)$), 탄산칼슘($\text{CaCO}_3(s)$) 양은 처음 넣어준 양과 비교하였을 때 증가, 감소, 변화 없음 중 어느 것인지 답하시오.

실험	CaCO_3	CaO	P_{CO_2}
1	증가	감소	감소
2	변화 없음	변화 없음	변화 없음
3	변화 없음	변화 없음	변화 없음
4	감소	증가	증가

(b) (a) 문제 실험 1에서 최종 CaO(s)의 질량은 얼마인가?

평형에 도달하였을 때 $P_{CO_2} = 1.04 \text{ atm}$
따라서 CO_2 의 압력은 $2.55 - 1.04 = 1.51 \text{ atm}$ 만큼 압력 감소
즉 CO_2 는

$$n = \frac{RT}{PV} = \frac{(0.08206 \text{ L} \cdot \text{atm} / \text{K} \cdot \text{mol}) \times (900.0 + 273) \text{ K}}{1.51 \text{ atm} \times 50.0 \text{ L}} = 1.27 \text{ mol}$$

만큼 감소

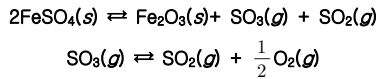
따라서 CaO도 1.27 mol 만큼 감소

CaO의 분자량 = $40.078 + 15.999 = 56.077 \text{ (g/mol)}$
CaO의 감소량 = $56.077 \text{ g/mol} \times 1.27 \text{ mol} = 71.2 \text{ g}$

최종 CaO의 질량 = $95.0 - 71.2 \text{ g} = 23.8 \text{ g}$

최종 CaO의 질량: 23.8 g

4. (15점) 황산 철(II) 시료($FeSO_4(s)$)를 진공 용기 속에 넣고 920 K로 가열하였더니 다음 두 반응이 일어났다.



평형에 도달한 후 전체 압력은 0.836 atm 이었고, 산소의 부분 압력은 0.0275 atm 이었다. 두 반응에 대한 K_p 를 구하시오. (힌트: 첫 반응이 먼저 다 일어난 후, 그 다음에 평형에 도달했다고 생각하면 됨)

첫 번째 반응은 같은 양의 $SO_3(g)$ 와 $SO_2(g)$ 를 발생시킨다. 이 때 각각의 부분 압력을 P atm 이라고 하자.

두 번째 반응에서



처음 압력	P	P	0
평형 압력	P-2x	P+2x	x

산소의 부분 압력이 0.0275 atm 이므로 $x = 0.0275$

전체 압력이 0.836 atm 이므로

$$0.836 = (P-2x) + (P+2x) + x = 2P+x = 2P+0.0275 = 0.836$$

$$\text{따라서 } P = (0.836 - 0.0275) / 2 = 0.404$$

$2FeSO_4(s) \rightleftharpoons Fe_2O_3(s) + SO_3(g) + SO_2(g)$ 에 대한 K_p 는
 $K_p = (P-2x)(P+2x) = P^2 - 4x^2 = 0.404^2 - 4 \times 0.0275^2 = 0.160$

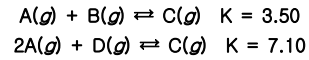
$SO_3(g) \rightleftharpoons SO_2(g) + \frac{1}{2} O_2(g)$ 에 대한 K_p 는

$$K_p = \frac{(P+2x)\sqrt{x}}{(P-2x)} = \frac{(0.404 + 2 \times 0.0275) \sqrt{0.0275}}{(0.404 - 2 \times 0.0275)} = 0.218$$

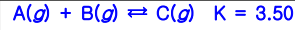
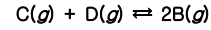
$2FeSO_4(s) \rightleftharpoons Fe_2O_3(s) + SO_3(g) + SO_2(g)$ 의 K_p : 0.160

$SO_3(g) \rightleftharpoons SO_2(g) + \frac{1}{2} O_2(g)$ 의 K_p : 0.218

5. (10+9+15=34점) 45°C에서 다음 두 반응의 평형상수는 다음과 같다.



(a) 45°C에서 다음 반응의 평형상수(K)는 얼마인가?



$$\frac{C}{AB} = 3.50 \quad (1)$$



$$\frac{C}{A^2 D} = 7.10 \quad (2)$$

$C(g) + D(g) \rightleftharpoons 2B(g)$ 의 K는

$$K = \frac{B^2}{CD} = \frac{A^2 B^2}{C^2} \times \frac{C}{A^2 D} = \left(\frac{AB}{C}\right)^2 \times \frac{C}{A^2 D} = 1/3.50^2 \times 7.10 = 0.580$$

K: 0.580

(b) 위의 세 반응에 대한 K_p 값을 구하시오.

$$K_p = K(RT)^{\Delta n}$$

$$RT = 0.08206 \text{ L} \cdot \text{atm} / \text{K} \cdot \text{mol} \times (45 + 273) \text{ K} = 26.1 \text{ (L} \cdot \text{atm/mol)}$$

$A(g) + B(g) \rightleftharpoons C(g)$ 에 대하여 $\Delta n = -1$

$$K_p = K(RT)^{\Delta n} = 3.50(26.1)^{-1} = 0.134$$

$2A(g) + D(g) \rightleftharpoons C(g)$ 에 대하여 $\Delta n = -2$

$$K_p = K(RT)^{\Delta n} = 7.10(26.1)^{-2} = 1.04 \times 10^{-2}$$

$C(g) + D(g) \rightleftharpoons 2B(g)$ 에 대하여 $\Delta n = 0$

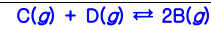
$$K_p = K(RT)^0 = 0.580(26.1)^0 = 0.580$$

$A(g) + B(g) \rightleftharpoons C(g)$ K_p : 0.134

$2A(g) + D(g) \rightleftharpoons C(g)$ K_p : 1.04×10^{-2}

$C(g) + D(g) \rightleftharpoons 2B(g)$ K_p : 0.580

(c) 처음에 C(g)와 D(g)를 1.50 atm 만큼 넣고 반응을 시켰더니 (a)의 반응이 일어났다. 평형에서 B(g)의 몰 분율을 구하시오.



처음 압력(atm)	1.50	1.50	0
평형 압력(atm)	1.50-x	1.50-x	2x

$$K_p = \frac{(2x)^2}{(1.50-x)^2} = 0.580$$

$$\frac{2x}{1.50-x} = 0.762$$

$$x = 0.414$$

따라서 평형에서 $P_B = 2x = 0.828 \text{ atm}$

평형에서의 전체압력은 처음의 전체압력과 변화가 없으므로 3.00 atm

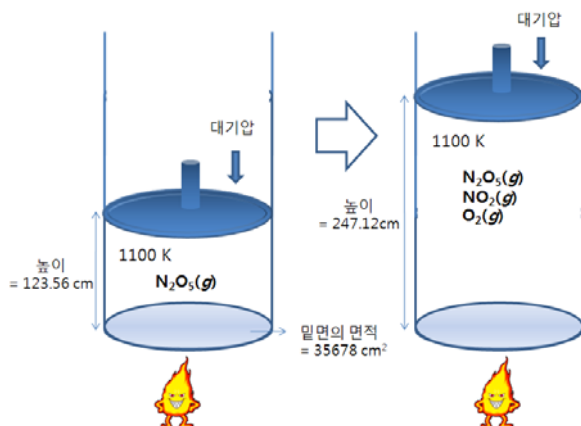
따라서 B의 몰분율은 $0.828/3.00 = 0.276$

B의 몰분율 x_B : 0.276

6. (25점) 아래와 같은 1100 K 상태의 용기에 $\text{N}_2\text{O}_5(g)$ 를 넣고 처음에 피스톤의 높이를 재어보니 123.56 cm 이었다. $\text{N}_2\text{O}_5(g)$ 는 다음과 같은 분해 반응을 일으켜



평형에 도달하였을 때 실린더 안에는 $\text{N}_2\text{O}_5(g)$, $4\text{NO}_2(g)$, $\text{O}_2(g)$ 가 모두 존재하고 피스톤의 높이는 247.12 cm 로 정확히 2배가 되었다. (피스톤의 무게는 없고 피스톤과 실린더 사이의 마찰력도 없다고 가정한다.)



위 반응의 K_p 와 평형상수(K)를 구하시오. (기체는 이상기체로 가정)

같은 온도, 압력에서 기체의 몰 수는 기체의 부피에 비례한다. 따라서 평형에 도달했을 때 전체 기체의 몰수는 처음 넣어준 N_2O_5 몰 수의 2 배가 된다.

처음 넣어준 N_2O_5 의 몰 수를 x mol 이라고 하면



처음 몰 수(mol) x 0 0
평형 몰 수(mol) $x-2y$ $4y$ y

$$\text{즉, } 2x = (x-2y) + 4y + y = x + 3y$$

$$y = \frac{1}{3}x$$

따라서 평형에서 각 기체의 몰 수는



평형 몰 수(mol) $\frac{1}{3}x$ $\frac{4}{3}x$ $\frac{1}{3}x$

평형에서 전체 압력이 1 atm 이고 각 기체의 부분압력은 몰분률에 비례하므로



평형 압력(atm) $\frac{1}{6}$ $\frac{4}{6}$ $\frac{1}{6}$

따라서

$$K_p = \frac{\left(\frac{4}{6}\right)^4 \frac{1}{6}}{\left(\frac{1}{6}\right)^2} = \frac{4^4}{6^3} = \frac{256}{216} = \frac{32}{27} = 1.19$$

$$K = K_p(RT)^{-\Delta n} = \frac{32}{27} \times (0.08206 \times 1100)^{-3} = 1.16 \times 10^{-6}$$

$$K_p: 1.19(=\frac{32}{27})$$

$$K: 1.16 \times 10^{-6}$$

7. (20점) 다음 산화물이 물에 녹을 때 산성, 염기성, 중성 용액 중 어느 것이 되겠는가? 또 그러한 성질을 띠게 만드는 것은 어떠한 화합물이 만들어지기 때문인가? (중성일 경우, 만들어지는 화합물은 빈칸으로 두어도 됨)

산화물	용액의 성질	만들어지는 화합물
CaO	염기성	Ca(OH)_2
SO ₂	산성	H_2SO_3
Cl ₂ O	산성	HClO
Li ₂ O	염기성	Li(OH)
FeCl ₃	산성	$\text{Fe(H}_2\text{O)}_6^{3+}$

8. (10점) 다음의 화합물을 물에 녹여 0.10 M 용액을 만들었을 때 pH가 낮은 것에서 높은 것의 순서로 나열 하시오.

HI, HF, NaF, NaI

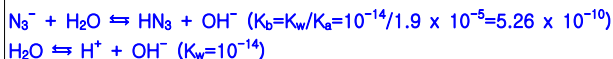
HI, HF, NaI, NaF

9. (15점) 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: $\text{N}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HN}_3 + \text{OH}^-$)

NaN_3 를 물에 녹였을 때의 주요한 화학종

Na^+ , N_3^- , H_2O

위 화학종과 관련된 화학평형



$\text{N}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HN}_3 + \text{OH}^-$
처음 농도(M) 0.010 0 ~0
평형 농도(M) 0.010 - x x x

$$K_b = \frac{[\text{HN}_3][\text{OH}^-]}{[\text{N}_3^-]} = \frac{x^2}{(0.010 - x)} \approx \frac{x^2}{0.010} = 5.26 \times 10^{-10}$$

$$x = 2.3 \times 10^{-6}$$

따라서,

$$[\text{HN}_3] = 2.3 \times 10^{-6} \text{ M}$$

$$[\text{OH}^-] = 2.3 \times 10^{-6} \text{ M}$$

$$[\text{Na}^+] = 0.010 \text{ M}$$

$$[\text{H}^+] = 10^{-14}/2.3 \times 10^{-6} = 4.4 \times 10^{-9} \text{ M}$$

$$[\text{N}_3^-] = 0.010 \text{ M}$$

화학종 (물 제외, 6종 이하 임)	농도(M)
HN_3	2.3×10^{-6}
OH^-	2.3×10^{-6}
Na^+	0.010
H^+	4.4×10^{-9}
N_3^-	0.010

10. (15점) 다음 각 반응에서 Lewis의 염기에 해당하는 것에 동그라미하여 표시하고 그 염기에서 어느 원자가 비공유(고립)전자쌍을 가지고 있는 지 쓰시오.

산-염기 반응 (화살표의 왼쪽 화합물 둘 중 염기에 표시)	비공유(고립)전자쌍을 가지고 있는 원자
$\text{B(OH)}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{B(OH)}_4^-(\text{aq}) + \text{H}^+(\text{aq})$	O
$\text{Ag}^+(\text{aq}) + 2\text{NH}_3(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+(\text{aq})$	N
$\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CN}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{HCN}(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$	C

11. (10점) HCl 용액 50 mL가 있다. 이 용액의 pH가 4.000 이다. 용액의 pH를 5.000로 만들기 위해서는 몇 mL의 물을 더 넣어야 하는가?

HCl은 강산이므로 넣어준 HCl은 모두 해리한다.
pH가 1.000 증가하므로 $[\text{H}^+]$ 는 처음의 1/10로 된다. 따라서 용액의 부피가 처음 부피의 10배가 되어야 한다. 즉, 물 450 mL를 더 넣어야 한다.

답: 450 mL

12. (30점) $K_a = 1.00 \times 10^{-6}$ 인 약산 HA 용액 50.0 mL가 있다. 이 용액의 pH가 4.000 이다. 용액의 pH를 5.000로 만들기 위해서는 몇 mL의 물을 더 넣어야 하는가?

pH = 4.000 에서
 $[\text{H}^+] = 1.00 \times 10^{-4} \text{ M}$

처음 넣어준 HA의 농도를 $[\text{HA}]_0$ 이라고 하면

	HA	$\rightleftharpoons$	H ⁺	+	A ⁻
처음 농도(M)	$[\text{HA}]_0$		~0		0
평형 농도(M)	$[\text{HA}]_0 - 1.00 \times 10^{-4}$		1.00×10^{-4}		1.00×10^{-4}

$$K_a = \frac{(1.00 \times 10^{-4})^2}{[\text{HA}]_0 - 1.00 \times 10^{-4}} = 1.00 \times 10^{-6}$$

$[\text{HA}]_0 = 1.01 \times 10^{-2} \text{ M}$

따라서 처음 넣어준 HA의 몰 수

$$= 1.01 \times 10^{-2} \text{ M} \times 50.0 \text{ mL} = 5.05 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

pH = 5.000 에서
 $[\text{H}^+] = 1.00 \times 10^{-5} \text{ M}$

이 때의 부피를 V L라고 하면

	HA	$\rightleftharpoons$	H ⁺	+	A ⁻
처음 농도(M)	$5.05 \times 10^{-4}/V$		~0		0
평형 농도(M)	$5.05 \times 10^{-4}/V - 1.00 \times 10^{-5}$		1.00×10^{-5}		1.00×10^{-5}

$$K_a = \frac{(1.00 \times 10^{-5})^2}{5.05 \times 10^{-4}/V - 1.00 \times 10^{-5}} = 1.00 \times 10^{-6}$$

$$1.00 \times 10^{-10} = 5.05 \times 10^{-10}/V - 1.00 \times 10^{-11}$$

$$1.10 \times 10^{-10} = 5.05 \times 10^{-10}/V$$

$$V = \frac{5.05}{1.10} = 4.59 \text{ L}$$

V = 4.59 L

따라서 pH = 5.000에서 전체 용액의 부피는 4.59 L = 4590 mL

이미 50.0 mL가 있으므로 4540 mL의 물을 더 넣어주어야 한다.

<5% rule 적용하며 풀기>

pH = 4.000 용액에서의 평형에서

$$K_a = \frac{(1.00 \times 10^{-4})^2}{[\text{HA}]_0 - 1.00 \times 10^{-4}} \approx \frac{(1.00 \times 10^{-4})^2}{[\text{HA}]_0} = 1.00 \times 10^{-6}$$

$[\text{HA}]_0 = 1.01 \times 10^{-2} \text{ M}$ (5% rule 만족)

따라서 처음 넣어준 HA의 몰 수

$$= 1.00 \times 10^{-2} \text{ M} \times 50.0 \text{ mL} = 5.00 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

pH = 5.000 에서

$[\text{H}^+] = 1.00 \times 10^{-5} \text{ M}$

이 때의 부피를 V L라고 하면

	HA	$\rightleftharpoons$	H ⁺	+	A ⁻
처음 농도(M)	$5.00 \times 10^{-4}/V$		~0		0
평형 농도(M)	$5.00 \times 10^{-4}/V - 1.00 \times 10^{-5}$		1.00×10^{-5}		1.00×10^{-5}

$$K_a = \frac{(1.00 \times 10^{-5})^2}{5.00 \times 10^{-4}/V - 1.00 \times 10^{-5}} \approx \frac{(1.00 \times 10^{-5})^2}{5.00 \times 10^{-4}/V} = 1.00 \times 10^{-6}$$

V = 5 L

(5 % rule 불만족: $1.00 \times 10^{-5} \text{ M} > 5.00 \times 10^{-4}/V = 1.00 \times 10^{-4} \text{ M}$ 의 5%)

$$K_a = \frac{(1.00 \times 10^{-5})^2}{5.00 \times 10^{-4}/V - 1.00 \times 10^{-5}} = 1.00 \times 10^{-6}$$

$$1.00 \times 10^{-10} = 5.00 \times 10^{-10}/V - 1.00 \times 10^{-11}$$

$$1.10 \times 10^{-10} = 5.00 \times 10^{-10}/V$$

$$V = \frac{5.00}{1.10} = 4.55 \text{ L}$$

따라서 pH = 5.000에서 전체 용액의 부피는 4.55 L = 4550 mL

이미 50.0 mL가 있으므로 4500 mL의 물을 더 넣어주어야 한다.

답: 4540 (또는 4500) mL

- 상수 -

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

- Arrhenius의 식: $k = A e^{-\frac{E_a}{RT}}$

- N₂O₅의 분자량 = 103 g/mol

- 제곱평균근 속도(root mean square velocity): $u_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$ (M:분자량)

- 이상기체 상태방정식: PV = nRT

- Ca의 원자 질량 = 40.078 amu

- O의 원자 질량 = 15.999 amu