

2001학년도 2학기 화학2 중간고사

1. (20점) 다음 네 가지의 정보가 있다.

(정보1) 내부에너지(Internal Energy, E)의 변화(ΔE)는 열(q)과 일(w)의 형태로 나타난다. ($\Delta E = q + w$)

(정보2) 열역학에서 엔탈피(Enthalpy, H)는 내부에너지(E), 부피(V), 그리고 압력(P)으로부터 다음과 같이 정의된다. ($H = E + PV$)

(정보3) 깁스자유에너지(Gibbs Free Energy, G)는 엔탈피(H), 온도(T), 그리고 엔트로피(Entropy, S)의 함수로 정의된다. ($G = H - TS$)

(정보4) 열역학 제 2 법칙은 "자발적 과정에서 우주의 엔트로피는 증가한다 ($\Delta S_{sys} + \Delta S_{sur} = \Delta S_{univ} > 0$)."

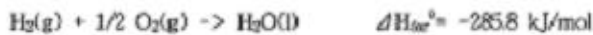
라고 기술하고 있다.

이로부터 일정한 온도(T)와 압력(P)하에서 어떤 과정이 자발적으로 일어났을 때 깁스자유에너지의 변화량(ΔG)이 음의 값을 가짐을 증명하여라.

(a) $\Delta H = q_p$ 임을 증명하여라. (q_p : 일정한 압력하에서의 열의 흡수 또는 방출량) (10점)

(b) $\Delta S_{univ} = -\Delta G/T$ 임을 증명하여라. 따라서 자발적 과정에서 $\Delta G < 0$ 임을 증명하여라. (10점)

2. (10점) 다음의 Data가 있다.



이로부터 N_2O_5 의 생성엔탈피($\Delta H_{f, N_2O_5}^\circ$)를 구하여라. (Hint: $N_2(g) + 5/2 O_2(g) \rightarrow N_2O_5(g)$)

3. (30점) $2N_2O_5(g) \rightarrow 4NO_2(g) + O_2(g)$ 의 반응은 반응차수(Reaction Order)가 $[N_2O_5]$ 에 대하여 1차이다.

(a) 이 반응의 Differential 반응법칙(Rate Law)을 써라. (속도와 농도와의 관계) (5점)

(b) (a)로부터 Integrated Rate Law를 유도하여라. (농도와 시간과의 관계) (10점)

(c) 어떤 온도에서 $[N_2O_5]$ 가 시간에 따라 다음과 같이 변화했을 때, (b)의 Integrated Rate Law를 이용하여 속도상수(k)를 구하여라. (t(시간) vs. $\ln[N_2O_5]$ 의 그래프를 그리고 구할 것) (10점)

$[N_2O_5] \text{ (M)}$	시간(sec)
0.100	0
0.0707	90
0.0500	100
0.0250	200
0.0125	300
0.00625	400

(d) 위의 반응에 대하여 N_2O_5 의 반감기를 구하여라. (답만 적어라.) (5점)

(뒷 장에 계속)

4. (20점) 화학반응이 일어나기 위해서는 분자들 사이의 충돌이 일어나야 한다. 이러한 이론을 충돌이론이라고 한다. 이 충돌이론으로부터 Arrhenius는 반응의 속도상수(k)와 활성화에너지(Activation Energy, E_a : 반응의 반응물이 생성물이 되기위하여 넘어야할 에너지 벽의 높이) 그리고 온도(T)와의 관계가 다음과 같다는 것을 알아내었다.

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

이를 Arrhenius Equation이라고 한다. 여기서 A 는 Frequency Factor라고 하는 상수이고 기체상수(R)의 값은 8.3145 J/Kmol 로 주어진다.

(a) 두 온도 T_1 과 T_2 에서의 속도상수를 각각 k_1 과 k_2 라고 할 때, Arrhenius Equation으로부터 $\ln(k_1/k_2)$ 를 E_a , T_1 , 그리고 T_2 의 함수로 표시하여라. (10점)

(b) $2\text{N}_2\text{O}_5(\text{g}) \rightarrow 4\text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ 의 반응실험에서 다음과 같은 결과를 얻었다. 실험결과와 (a)의 식으로부터 이 반응의 활성화에너지(E_a)의 값을 구하여라. (10점)

온도($^{\circ}\text{C}$)	속도상수(s^{-1})
20	2.00×10^{-5}
50	9.10×10^{-4}

5. (10점) 500°C 에서 $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NH}_3(\text{g})$ 반응의 평형상수는 6.02×10^{-2} 이다. 각 화학종의 농도가 $[\text{N}_2]_0 = 1.00 \times 10^{-3} \text{ M}$, $[\text{H}_2]_0 = 2.00 \times 10^{-3} \text{ M}$, $[\text{NH}_3]_0 = 1.00 \times 10^{-5} \text{ M}$ 일 때

(a) 반응quotient(Reaction Quotient, Q)를 구하여라. (5점)

(b) 이 때 정반응, 역반응 중 어느 반응이 자발적일까 예측하여라. (5점)

6. (10점) $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NH}_3(\text{g})$ 의 반응에서 다음의 각 경우에 평형의 위치가 어느쪽 (정반응, 역반응)으로 이동할지 예측하여라. (답만 써라.)

- (a) $\text{H}_2(\text{g})$ 첨가
- (b) $\text{N}_2(\text{g})$ 제거
- (c) $\text{NH}_3(\text{g})$ 제거
- (d) $\text{Ar}(\text{g})$ 첨가
- (e) 반응 용기의 부피를 두배로 늘릴 때
- (f) 온도를 감소시킬 때 (위의 반응은 발열 반응이다.)

7. (40점) (a) 1.00 M 의 CH_3COOH 수용액의 pH를 측정하였더니 그 값이 2.37이 나왔다. CH_3COOH 의 해리상수(K_a) 값을 구하여라. (10점)

(b) 1.00 M 의 CH_3COOH 과 1.00 M 의 CH_3COONa 로 만든 완충용액의 pH를 구하여라. (10점)

(c) 물 490 mL에 0.0100 M 의 NaOH 용액 10 mL를 넣어서 500 mL의 용액을 만들었을 때, 이 때의 pH를 구하여라. (10점)

(d) (b)의 완충용액 490 mL에 0.0100 M 의 NaOH 용액 10 mL를 넣어서 500 mL의 용액을 만들었을 때, 이때의 pH를 구하여라. (10점)

8. (20점) 비이커에 무색 무명한 HF 용액이 100 mL 있다. 여기에 케놀프탈레인을 극소량 넣었더니 용액의 색깔이 변화가 있었다. 이 용액을 NaOH 용액으로 적정하기 위하여 20.0 g의 $\text{NaOH}(\text{s})$ 를 물에 녹여서 1.00 L의 NaOH 용액을 만들었다.

(a) Na, O, H의 원자량이 각각 23.0 g/mol, 16.0 g/mol, 1.00 g/mol 이다. NaOH 용액에서 NaOH 의 농도는 얼마인가. (5점)

(b) 비이커에 있는 HF 용액에 붓개로 서서히 NaOH 용액을 첨가하니 용액의 색 변화가 없다가 NaOH 용액 200 mL를 첨가하는 순간 용액의 색깔이 빨간색으로 변하였다. HF 의 농도를 구하여라. (5점)

(c) 이 순간 (당량점)에서의 pH를 구하여라. (HF 의 해리상수: $K_a = 7.2 \times 10^{-4}$) (10점)