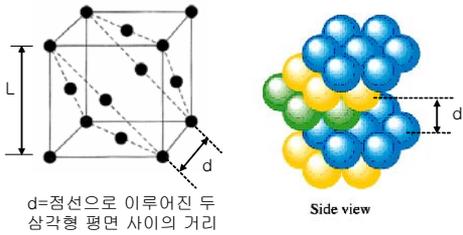


이름: _____ 학번: _____ 학과: _____

- 시험시간: 6:00 PM - 8:00 PM
- 휴대전화는 끌 것.
- 지우개, 계산기는 서로 빌려줄 수 없음.
- 답은 각 문제에 주어진 네모 안에 적을 것. 네모의 크기와 답의 길이는 상관관계가 없음.
- 각 문항에서 빈 공간이 있는 경우는 풀이 과정을 적으라는 의미임.
- 실험에 필요한 상수나 데이터는 맨 뒤에 있음.
- 문제수: 11
- Page 수: 5
- 만점: 353 점

1. 알루미늄 (Al) 은 면심입방격자 (FCC)의 결정구조를 가진다고 알려져 있다. 알루미늄 결정의 밀도와 원자반경을 정확히 구하기 위하여 X-선 회절 실험을 하였다. 다음에 답하라.

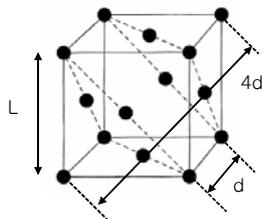
- (a) Bragg의 식을 써라. $n\lambda = 2d\sin\theta$
- (b) 파장 (λ)이 1.54 Å인 X-선을 사용하여 알루미늄 결정에 대하여 X-선 회절 실험을 하니 $\theta = 26.1^\circ$ 에서 다음 그림의 두 면 사이에서의 간섭에 의한 X-선 신호가 측정 되었다. d는 얼마인가. (n=1 이라고 가정하고 Bragg의 식을 적용하면 됨. 왼쪽 그림은 FCC의 단위세포를 나타낸 것임. 왼쪽 그림과 오른쪽 그림의 d는 동일한 것 임.)



$$d = \frac{n\lambda}{2\sin\theta} = \frac{(1)(1.54 \text{ \AA})}{2\sin(26.1^\circ)} = 1.75 \text{ \AA}$$

$d = 1.75 \text{ \AA}$

(c) 알루미늄 결정의 단위세포에서 한 변의 길이 (L) 는?



단위세포에서 대각선의 길이는 4d 이므로

$(4d)^2 = 3L^2$
따라서

$$L = \sqrt{\frac{(4d)^2}{3}} = \frac{4d}{\sqrt{3}} = \frac{4 \times (1.75 \text{ \AA})}{\sqrt{3}} = 4.04 \text{ \AA}$$

$L = 4.04 \text{ \AA}$

(d) 알루미늄 결정의 단위세포 안에는 알루미늄 원자가 몇 개 있는가?

4 개

(e) 알루미늄 결정의 밀도는?

단위세포의 부피
 $= L^3 = (4.04 \text{ \AA})^3 = (4.04 \times 10^{-8} \text{ cm})^3 = 6.59 \times 10^{-23} \text{ cm}^3$

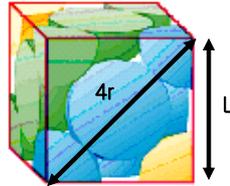
단위세포안의 알루미늄의 질량

$$= 4 \times \frac{26.98g}{6.022 \times 10^{23}} = 1.792 \times 10^{-22}g$$

$$\text{밀도} = \frac{1.792 \times 10^{-22}g}{6.59 \times 10^{-23}cm^3} = 2.72 \text{ g/cm}^3$$

$\text{밀도} = 2.72 \text{ g/cm}^3$

(f) 알루미늄의 원자반경 (r) 은? (알루미늄 원자들끼리는 서로 접촉하여 있다.)



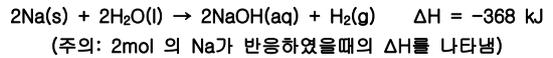
왼쪽 그림으로부터

$(4r)^2 = 2L^2$

$$r = \sqrt{\frac{2L^2}{16}} = \frac{\sqrt{2}}{4} \times 4.04 \text{ \AA} = 1.43 \text{ \AA}$$

$r = 1.43 \text{ \AA}$

2. 5.00 g 의 소듐 (Na) 조각을 물 50.0 g 과 얼음 50.0 g 이 섞여있는 얼음을 (물과 얼음의 온도는 모두 0 °C) 에 조심스럽게 넣었다. 소듐은 물과 반응하여 다음과 같이 NaOH와 H₂를 만든다. (10x4=40점)



얼음은 모두 녹을 것인지, 최종 온도는 얼마일지를 다음의 순서에 의하여 풀여라.

(a) 발생하는 열량은?

$$\text{Na } 5.00 \text{ g} = \frac{5.00g}{22.99g/mol} = 0.217 \text{ mol}$$

위 반응식으로부터

발생하는 열량 = 368kJ/2mol x 0.217 mol = 39.9 kJ

39.9 kJ

(b) 얼음이 모두 녹기 위하여 필요한 열량은?

$$\text{얼음 } 50.0 \text{ g} = \frac{50.0g}{(2 \times 1.008 + 16.00)g/mol} = 2.77 \text{ mol}$$

0 °C 얼음을 모두 녹이기 위하여 필요한 열량
 = 2.77 mol x 6.02 kJ/mol
 = 16.7 kJ

16.7 kJ

(c) 발생하여 사라진 H₂ 기체의 질량은?

(a)에서 Na의 mol수는 0.217 mol.

따라서 발생한 H₂의 g 수 = 0.217 mol/2 x 2.016 g/mol = 0.219 g

0.219 g

(d) 최종 혼합물의 열용량을 4.18 J/g·°C 라고 하면 최종 온도는? (주의, 수소 기체는 사라졌음)

최종 혼합물의 질량 = (5.00 + 50.0 + 50.0 - 0.219) g = 104.8 g

열용을 모두 녹이고 남은 열량 = 39.9 kJ - 16.7 kJ = 23.2 kJ

$$q = \Delta T \times C \times m$$

$$\Delta T = q / (C \times m) = 23.2 \text{ kJ} / (4.18 \text{ J/g}\cdot\text{°C} \times 104.8 \text{ g}) = 53.0 \text{ °C}$$

따라서 최종 온도는 53.0 °C.

53.0 °C

3. 물-프로판올(CH₂CH₂CH₂OH) 의 몇 가지 조성이 다른 용액의 증기압을 측정하여 45 °C에서 다음의 자료를 얻었다.

χ _{H₂O} (물의 몰분율)	증기압 (torr)
0	74.0
0.15	77.3
0.37	80.2
0.54	81.6
0.69	80.6
0.83	78.2
1.00	71.9

(a) 45 °C에서 순수한 물의 증기압은?

71.9 torr

(b) 45 °C에서 순수한 프로판올의 증기압은?

74.0 torr

(c) 물-프로판올 용액이 이상 용액이라고 하면 χ_{프로판올} (프로판올의 몰분율) = 0.400 일 때 용액의 증기압은?

$$P_{\text{total}} = \chi_{\text{프로판올}} P^{\circ}_{\text{프로판올}} + \chi_{\text{물}} P^{\circ}_{\text{물}}$$

$$= 0.400 \times 74.0 \text{ torr} + 0.600 \times 71.9 \text{ torr} = 72.7 \text{ torr}$$

72.7 torr

(d) 물과 프로판올 사이의 인력은 순수한 물 사이 또는 순수한 프로판올 사이의 인력 보다 크다, 작은가, 같은가?

작다.

(e) 물-프로판올 용액의 용해열 (ΔH_{soln})은 음, 양, 0 중 어느 것인가?

양

(f) 물-프로판올 용액, 물, 프로판올 세 가지 중에서 끓는점의 온도의 순서가

답: e

맞는 것은? 다음에서 골라라.

- a. 물-프로판올 > 프로판올 > 물
- b. 물-프로판올 > 물 > 프로판올
- c. 프로판올 > 물-프로판올 > 물
- d. 프로판올 > 물 > 물-프로판올
- e. 물 > 프로판올 > 물-프로판올
- f. 물 > 물-프로판올 > 프로판올

4. MgCl₂와 NaCl로 이루어진 고체 혼합물이 있다. 이 고체 혼합물 0.500 g 을 물에 녹여 1.000 L의 수용액을 만든 후 20.0 °C 에서 삼투압을 측정하였더니 0.3950 atm 이었다. 고체 혼합물 속의 MgCl₂의 질량 백분율은 얼마인가 계산하여 보자. (이상용액으로 가정하라)

(a) 용액 속에 존재하는 용질의 총 mol 수는 얼마 인가?

$$\Pi = MRT$$

$$M = \frac{\Pi}{RT}$$

$$= \frac{0.3950 \text{ atm}}{0.08206 \text{ Latm}/(\text{molK}) \times (273.15 + 20.0) \text{ K}} = 1.642 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

즉, 1.000 L 용액 속에 존재하는 용질의 총 mol 수는 1.642 x 10⁻² mol.

1.642 x 10⁻² mol

(b) 고체 혼합물 속의 MgCl₂의 질량 백분율은 얼마인가?

고체 혼합물이 MgCl₂ n mol, NaCl m mol 로 이루어져 있다면



이므로

용액 속의 용질의 mol 수는

$$3n + 2m = 1.642 \times 10^{-2}$$

고체 혼합물 속에 MgCl₂ 가 w g 있었다고 하면 NaCl 은 (0.500 - w) g 존재 한다.

$$n \text{ mol} = \frac{wg}{(24.31 + 2 \times 35.45) \text{ g/mol}}$$

$$m \text{ mol} = \frac{(0.500 - w)g}{(22.99 + 35.45) \text{ g/mol}}$$

$$3n + 2m = 3 \times \frac{w}{24.31 + 2 \times 35.45} + 2 \times \frac{0.500 - w}{22.99 + 35.45} = 1.642 \times 10^{-2}$$

$$0.03151 w + 0.01711 - 0.03422 w = 0.01642$$

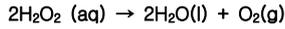
따라서 w = 0.25

즉 MgCl₂ 가 0.25 g 존재

따라서 질량 백분율 = 0.25 g / 0.500 g x 100 % = 50 %

50 %

5. 수용액 상에서 과산화수소 (H₂O₂) 의 분해 반응에 대하여 속도식을 결정하기 위하여 시간에 따른 H₂O₂의 농도를 조사하였다.

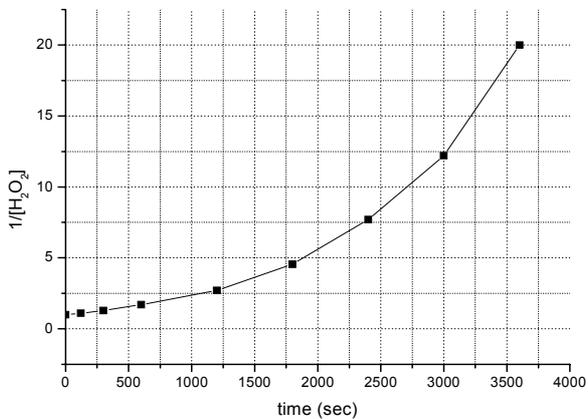
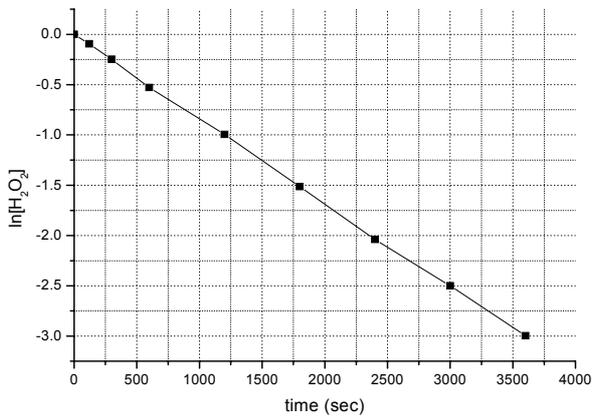


$$\text{속도 (Rate)} = -\frac{\Delta \text{H}_2\text{O}_2}{\Delta t}$$

시간 (sec)	[H ₂ O ₂] (mol/L)
0	1.00
120	0.91
300	0.78
600	0.59
1200	0.37
1800	0.22
2400	0.13
3000	0.082
3600	0.050

(a) 다음의 빈칸에 ln[H₂O₂] 값과 1/[H₂O₂] 값을 계산하여 적어 넣고 주어진 그래프 용지 위에 ln[H₂O₂] 대 시간, 1/[H₂O₂] 대 시간을 ●로 표시하여라.

시간 (sec)	[H ₂ O ₂] (mol/L)	ln[H ₂ O ₂]	1/[H ₂ O ₂]
0	1.00	0.00	1.00
120	0.91	-0.094	1.1
300	0.78	-0.25	1.3
600	0.59	-0.53	1.7
1200	0.37	-0.99	2.7
1800	0.22	-1.51	4.5
2400	0.13	-2.04	7.7
3000	0.082	-2.50	12.2
3600	0.050	-3.00	20.0



(b) 위 반응에 설명할 수 있는 속도식 (미분속도식)을 적어라. (속도상수는 k로 표시)

$$-\frac{\Delta \text{H}_2\text{O}_2}{\Delta t} = k[\text{H}_2\text{O}_2]$$

29.8 kJ/mol

(c) 위 반응에 설명할 수 있는 적분속도식을 적어라. (속도상수는 k로 표시)

$$\ln[\text{H}_2\text{O}_2] = -kt + \ln[\text{H}_2\text{O}_2]_0 \text{ 또는 } \ln[\text{H}_2\text{O}_2] = -kt$$

(d) 속도상수 k의 값은 ? (단위도 표시)

$$k = -\text{기울기} = -\frac{-3.00 - 0}{3600\text{s} - 0\text{s}} = 8.33 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$$

$$k = 8.33 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$$

(e) 이 반응의 반감기는 몇 초인가?

$$\ln([\text{H}_2\text{O}_2]_0/2) = -kt_{1/2} + \ln[\text{H}_2\text{O}_2]_0$$

$$\ln(1/2) = -kt_{1/2}$$

$$t_{1/2} = \ln(1/2)/(-k) = 0.693/k = 0.693/(8.33 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}) = 832 \text{ s}$$

$$t_{1/2} = 832 \text{ s}$$

6. 어떤 반응 A + B → C + D 에 대한 활성화 에너지는 50.0 kJ/mol 이다. 이 반응에 대하여 촉매를 사용하여 실험하여보니 속도상수가 2.50 × 10³ 배 증가하였다. 잣음을 (frequency factor)은 촉매 사용 전후 변화가 없다고 하면 촉매사용시의 활성화 에너지는 얼마인가? (온도는 37 °C로 가정)

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

$$\frac{k_{cat}}{k} = e^{-(E_a(cat) - E_a) / RT} = 2.50 \times 10^3$$

$$\frac{-E_a(cat) + E_a}{RT} = \ln\left(\frac{k_{cat}}{k}\right)$$

$$E_a(cat) = E_a - RT \times \ln\left(\frac{k_{cat}}{k}\right)$$

$$= 50.0 \text{ kJ/mol} - 8.314 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)} \times (273 + 37)\text{K} \times \ln(2.50 \times 10^3)$$

$$= 50.0 \text{ kJ/mol} - 20.2 \text{ kJ/mol}$$

$$= 29.8 \text{ kJ/mol}$$

7. 25°C 에서 다음 반응의 평형상수는 $K = 1.10$ 이다.

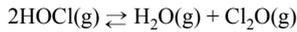


10.0 L 용기에 1.00 mol HOCl(g) 를 넣었다. 그리고 10분 후 ($t = 10$ min) 에 평형에 도달 하였다. 그 후 10 분 후 ($t = 20$ min) 에 갑자기 용기의 부피를 반으로 줄였다. 그리고 나서 다시 10 분 후 ($t = 30$ min) 에 평형에 도달 하였다. HOCl, H₂O 와 Cl₂O 의 농도의 변화를 나타내는 그래프를 그려 보자.

(a) $t = 0$ min 에서 HOCl, H₂O 와 Cl₂O 의 농도는?

$$[\text{HOCl}] = 0.100 \text{ M}, \quad [\text{H}_2\text{O}] = 0 \text{ M}, \quad [\text{Cl}_2\text{O}] = 0 \text{ M}$$

(b) $t = 10$ min 에서 HOCl, H₂O 와 Cl₂O 의 농도는?



initial	0.100 M	0	0
eq	0.100 - 2x	x	x

$$K = 1.10 = \frac{[\text{H}_2\text{O}][\text{Cl}_2\text{O}]}{[\text{HOCl}]^2} = \frac{x^2}{(0.100 - 2x)^2}$$

$$\frac{x}{0.100 - 2x} = \sqrt{1.10} = 1.05$$

$$x = 0.105 - 2.10x$$

$$x = 0.0339 \quad (3.39 \times 10^{-2})$$

따라서

$$[\text{HOCl}] = 0.100 - 2 \times 0.0339 = 0.032 \text{ M}$$

$$[\text{H}_2\text{O}] = 0.0339 \text{ M}$$

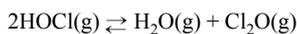
$$[\text{Cl}_2\text{O}] = 0.0339 \text{ M}$$

$$[\text{HOCl}] = 0.032 \text{ M}, \quad [\text{H}_2\text{O}] = 0.0339 \text{ M}, \quad [\text{Cl}_2\text{O}] = 0.0339 \text{ M}$$

(c) $t = 20$ min 에서 HOCl, H₂O 와 Cl₂O 의 농도는 (용기의 부피를 반으로 줄인 후)?

$$[\text{HOCl}] = 0.064 \text{ M}, \quad [\text{H}_2\text{O}] = 0.0678 \text{ M}, \quad [\text{Cl}_2\text{O}] = 0.0678 \text{ M}$$

(d) $t = 30$ min 에서 HOCl, H₂O 와 Cl₂O 의 농도는?



initial	0.064 M	0.0678 M	0.0678 M
---------	---------	----------	----------

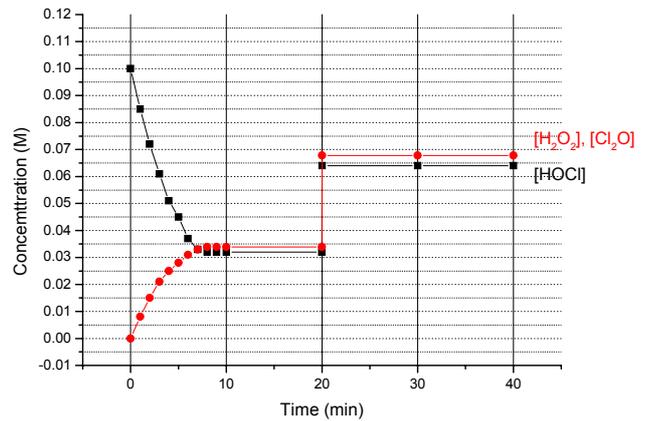
$$Q = \frac{0.0678 \times 0.0678}{0.064^2} = 1.1 = K$$

이미 평형에 도달. 따라서 평형의 이동이 없다.

(전체 압력이 증가하였으나 반응식의 양변에 기체 분자의 수의 같으므로 Le Chatelier 의 법칙에 따르면 압력에 의한 평형이동은 없다.)

$$[\text{HOCl}] = 0.064 \text{ M}, \quad [\text{H}_2\text{O}] = 0.0678 \text{ M}, \quad [\text{Cl}_2\text{O}] = 0.0678 \text{ M}$$

(e) $t = 0$ min에서 $t = 40$ min 시간 동안 HOCl, H₂O 와 Cl₂O 의 농도 변화를 다음 그래프 위에 나타내어라.



8. 다음은 평형(equilibrium)의 여러 가지 정의들이다. 그 정의들의 이름이 어떤 것인지 보기에서 골라 써라.

- A state of balance among a set of beliefs.

Reflective equilibrium

- When a chemical reaction proceeds at the same rate as its reverse reaction, with no change in the amount of each compound.

Chemical equilibrium

- When internal processes of a system cause no overall change in temperature or pressure.

Thermodynamic equilibrium

- When the sum of the forces and moments on each particle of a system is zero.

Mechanical equilibrium

- When internal processes change gradually from one equilibrium state to the next.

Quasistatic equilibrium

보기

(Physical Science) Thermodynamic equilibrium, Dynamic equilibrium, Chemical equilibrium, Mechanical equilibrium, Quasistatic equilibrium

(Mathematics) Mathematical equilibrium

(Biological Science) Punctuated equilibrium

(Economics) Economic equilibrium, Static equilibrium (economics), General equilibrium, Patterson equilibrium

(Game theory) Nash equilibrium

(Ethics) Reflective equilibrium

9. 약산인 아세트산 (CH₃COOH) 32.00 g을 충분한 양의 물에 넣어 녹였다. 평형에 이른 후 에 물 속에서 아세트산 (CH₃COOH) 의 형태로 남아 있는 양을 보니 31.00 g 이었다. 이 용액의 pH를 계산하여 보자. (K_a = 1.8 × 10⁻⁵)

(a) 이 용액에서 아세트산의 해리백분율은 얼마인가?

$$\text{해리백분율} = \frac{[CH_3COOH]_0 - [CH_3COOH]_{eq}}{[CH_3COOH]_0} \times 100\%$$

$$= \frac{m_0 - m_{eq}}{m_0} \times 100\% = \frac{1.00\text{g}}{32.00\text{g}} \times 100\% = 3.13\%$$

3.13 %

(b) 아세트산의 처음 농도는 얼마인가? (아세트산 32.00 g 이 녹았을 때 아세트산의 농도)

처음 농도를 Y M 이라고 하면

	CH ₃ COOH(aq)	⇌	H ⁺ (aq)	+	CH ₃ COO ⁻ (aq)
initial	Y M		~ 0		0
eq	(Y-x) M		x M		x M

$$K_a = 1.8 \times 10^{-5} = \frac{[H^+][CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} = \frac{x^2}{Y-x} \approx \frac{x^2}{Y}$$

그런데 $x = [CH_3COO^-] = Y \times \frac{1.00}{32.00}$ 이므로

$$K_a = 1.8 \times 10^{-5} \approx \frac{x^2}{Y} = \frac{Y^2 / 32.00^2}{Y}$$

$$Y = 1.8 \times 10^{-5} \times 32.00^2 = 1.8 \times 10^{-2}$$

$$[CH_3COOH]_0 = 1.8 \times 10^{-2} \text{ M}$$

[CH₃COOH]₀ = 1.8 × 10⁻² M

(c) 평형에 이른 후 용액의 pH는?

$$[H^+] = x = Y \times \frac{1.00}{32.00} = 1.8 \times 10^{-2} \times \frac{1.00}{32.00} = 5.6 \times 10^{-4} \text{ M}$$

$$\text{pH} = -\log[H^+] = -\log(5.6 \times 10^{-4}) = 3.25$$

pH = 3.25

10. 다음 각 반응에서 Lewis의 산과 염기를 구별하라.

- a. Fe³⁺(aq) + 6H₂O(l) ⇌ Fe(H₂O)₆³⁺(aq)
- b. CN⁻(aq) + H₂O(l) ⇌ HCN(aq) + OH⁻(aq)
- c. HgI₂(s) + 2I⁻(aq) ⇌ HgI₄²⁻(aq)

		Lewis acid, base ?		Lewis acid, base ?
a	Fe ³⁺	acid	H ₂ O	base
b	CN ⁻	base	H ₂ O	acid
c	HgI ₂	acid	I ⁻	base

11. 온도에 따른 K_w 값은 다음과 같다.

온도 (°C)	K _w
0	1.14 × 10 ⁻¹⁵
25	1.00 × 10 ⁻¹⁴
35	2.09 × 10 ⁻¹⁴
40	2.92 × 10 ⁻¹⁴
50	5.47 × 10 ⁻¹⁴

(a) 물의 자체 이온화는 발열 반응인가, 흡열 반응인가?

설명:

$$H_2O(l) \rightleftharpoons H^+(aq) + OH^-(aq)$$

$$K_w = [H^+][OH^-]$$

온도가 올라감에 따라 평형이 정반응쪽으로 이동, 즉 정반응 쪽은 Le Chatelier의 법칙에 따르면 온도가 올라가는 것에 저항하는 (열을 흡수하는) 방향

따라서 흡열 반응.

답: 흡열반응

(b) 50°C에서 중성 용액의 pH는 얼마인가?

중성용액에서 [H⁺] = [OH⁻] = x

$$K_w = 5.47 \times 10^{-14} = x^2$$

$$x = [H^+] = 2.34 \times 10^{-7} \text{ M}$$

$$\text{pH} = -\log[H^+] = -\log(2.34 \times 10^{-7}) = 6.631$$

pH = 6.631

- 여러 가지 상수들 -

- Si의 원자량 = 26.98 amu
- 아보가드로의 수 (Avogadro's number), N_A = 6.022 × 10²³/mol
- Na의 원자량 = 22.99 amu
- H의 원자량 = 1.008 amu
- O의 원자량 = 16.00 amu
- 얼음의 녹음열 (ΔH_{fus}) = 6.02 kJ/mol
- R (기체상수) = 0.08206 L·atm/(mol·K) = 8.314 J/(mol·K)
- Mg의 원자량 = 24.31 amu
- Cl의 원자량 = 35.45 amu