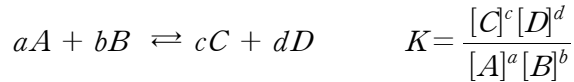


2025학년도 연세대학교 미래캠퍼스 논술시험 문제

[창의인재/의예과 화학]

【문제 1】 아래 제시문을 읽고 문제에 답하시오. (20점)

(가) 일정한 온도에서 어떤 반응이 평형 상태에 있을 때, 반응물의 농도 곱과 생성물의 농도 곱의 비는 일정하다. 이를 화학 평형 법칙이라 하고 아래 식과 같이 나타낼 수 있다. 한 화학 반응의 평형 상수는 온도가 일정하면 일정한 값을 나타내며, 온도가 변하면 그 값도 변한다.



(K는 평형상수, [A],[B],[C],[D]는 평형상태에서의 각물질의 농도)

(나) 다전자 원자에서 전자는 가려막기 효과 때문에 양성자수에 따른 핵전하보다 작은 핵전하를 느끼게 되는데, 이때 전자가 실제 느끼는 핵전하를 유효 핵전하라고 한다. 유효 핵전하의 증가는 최외각 전자를 원자핵 쪽으로 더 끌어 원자 반지름을 작아지게 한다.

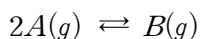
(다) 이온화 에너지는 바닥상태에 있는 기체 원자 1몰에서 전자 1몰을 떼어내어 기체 양이온으로 만드는 데 필요한 최소 에너지를 말한다. 첫 번째 전자를 떼어 내는 데 필요한 최소 에너지를 제1 이온화 에너지(E1)라고 하고, 두 번째, 세 번째 전자를 떼어 내는 데 필요한 최소 에너지를 제2 이온화 에너지(E2), 제3 이온화 에너지(E3)라고 한다.

(라) 금속 원소는 일반적으로 산화되어 양이온이 되려는 경향이 있는데, 이것을 이온화 경향이라고 한다. 이온화 경향성이 큰 금속일수록 산화되어 전자를 잃기 쉬우므로 반응성이 크다. 화학 전지는 전극과 전해질을 구성하는 물질 사이의 반응성 차이를 이용한 것으로 산화 환원 반응이 일어나면서 전자가 이동하여 전류가 흐른다. 산화 반응이 일어난 전극이 산화 전극(-극), 환원 반응이 일어나는 전극이 환원 전극(+극)이다.

<표준 환원 전위(25℃)>

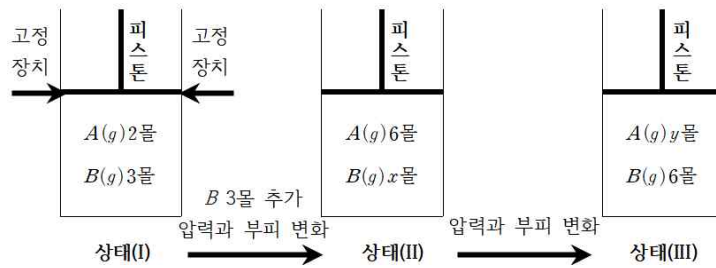
$Li^+(aq) + e^- \rightarrow Li(s)$	$E^{\circ} = -3.05$ V	$Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Zn(s)$	$E^{\circ} = -0.76$ V
$K^+(aq) + e^- \rightarrow K(s)$	$E^{\circ} = -2.92$ V	$2H_2O(l) + 2e^- \rightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$	$E^{\circ} = -0.83$ V
$Na^+(aq) + e^- \rightarrow Na(s)$	$E^{\circ} = -2.71$ V	$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$	$E^{\circ} = +0.34$ V
$Al^{3+}(aq) + 3e^- \rightarrow Al(s)$	$E^{\circ} = -1.66$ V	$Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s)$	$E^{\circ} = +0.80$ V

(문제 1-1) 다음은 기체 A가 기체 B를 생성하는 화학 반응식이다.

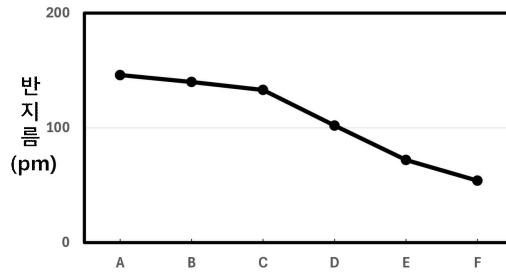


<그림 1>에서 상태(I)은 특정 온도(T), 압력(P), 부피(V)에서 기체 A와 B가 평형을 이루고 있는 상태를 나타내며, (II)와 (III)은 순차적으로 조건을 달리해서 도달한 평형상태를 나타낸

것이다. 제시문 (가)를 활용하여 상태(I), (II), (III)의 부피에 대한 크기를 비교하시오. (단, 온도와 대기압은 일정하다. 피스톤의 질량과 마찰력은 무시한다.) (5점)



<그림 1>



<그림 2>

(문제 1-2) 위 <그림 2>는 주기율표에서 2주기에서 3주기까지 비활성 기체를 제외한 연속하는 원소 A~F가 비활성 기체의 전자 배치를 갖는 이온이 되었을 때 이온 반지름의 경향성을 나타낸 것이다. <그림 2>를 답안지에 그리고 원소 A~F의 원자 반지름의 경향성을 표시하고 그 이유를 설명하시오. 그리고 원소 A~F 중 제2 이온화 에너지가 급격히 증가하는 원소를 선택하고, 원소 C와 D로 구성된 화합물의 고체와 액체 상태에서의 전기 전도성을 판단하시오. (6점)

(문제 1-3) 아연(Zn(s))판을 황산아연 수용액에 넣고 구리(Cu(s))판을 황산구리 수용액에 넣어 염다리로 연결한 다니엘 전지에서 염다리 물질로 칼륨(K) 또는 나트륨(Na) 염을 주로 사용하고 은(Ag) 염을 사용하지 않은 이유와 사용했을 때 나타나는 현상을 제시문 (라)의 표준 환원 전위를 바탕으로 설명하시오. (5점)

(문제 1-4) 알칼리 전지의 산화 전극은 아연(Zn(s))분말과 전해질인 수산화 칼륨(KOH)의 혼합물이고, 환원 전극은 이산화망가니즈(MnO₂)와 탄소의 혼합물로 구성되어 있다. 그리고 두 전극은 모두 전지의 내부에 있으며 격리 판으로 분리되어 있다. 제시문 (라)를 참고하여 각 전극에서의 화학 반응을 완성하고 전체 반응식을 쓰시오. (4점)

[출제의도]

고등학교 화학 I, 화학 II에서 주요 개념인 화학 평형 및 이동, 원소의 주기적 성질, 산화 환원 반응 및 화학 전지의 원리 등을 교육과정 수준에서 이해하고 적용할 수 있는 지를 묻는 문제로 출제함

[문제 1-1]

화학 평형 및 화학 평형의 이동에 대한 이해도를 평가한다.

[문제 1-2]

원소의 주기적 성질 및 이온 결합 화합물의 특징에 대한 이해도를 평가한다.

[문제 1-3]

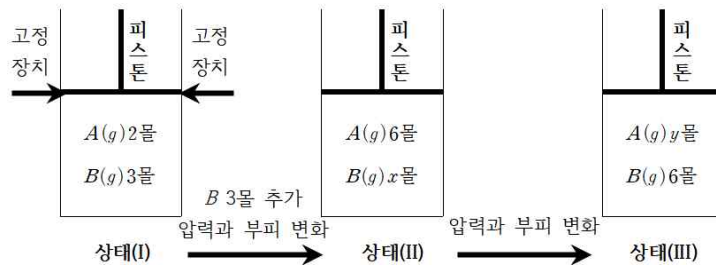
산화·환원 반응식, 금속의 반응성과 표준 환원 전위에 대한 이해도를 평가한다.

[문제 1-4]

화학 전지의 작동 원리에 대한 이해도를 평가한다.

[문항해설]

[1-1]



<그림 1>

	A	B
그림 (I)	2 mol	3 mol
그림 (II)	6 mol	x (x = 4)
그림 (III)	y (y = 2)	6 mol

$K = \frac{[B]}{[A]^2}$ 온도가 일정하기 때문에 그림 (I), (II), (III)에서 K는 일정.

$$\text{상태(I)} \quad K = \frac{\left[\frac{3}{V_1}\right]}{\left[\frac{2}{V_1}\right]^2} \quad V_1 = \frac{4K}{3}, \quad \text{상태(II)} \quad K = \frac{\left[\frac{4}{V_2}\right]}{\left[\frac{6}{V_2}\right]^2} \quad V_2 = 9K,$$

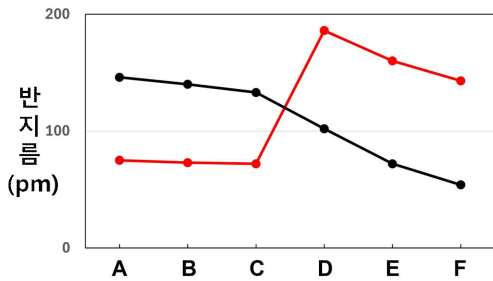
$$\text{상태(III)} \quad K = \frac{\left[\frac{6}{V_3}\right]}{\left[\frac{2}{V_3}\right]^2} \quad V_3 = \frac{2K}{3}$$

$$V_1 : V_2 : V_3 = \frac{4K}{3} : 9K : \frac{2K}{3}$$

$$V_1 : V_2 : V_3 = 4 : 27 : 2$$

부피의 크기 상태(III) < 상태(I) < 상태(II)

[1-2]

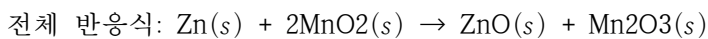
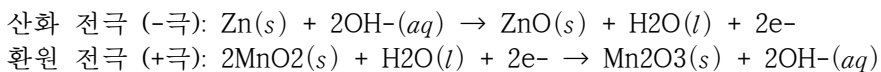


- A, B, C 원소는 비활성 기체보다 앞선 원자 번호를 갖고 있으며 D, E, F 비활성 기체보다 높은 원자 번호를 갖고 있다. 따라서 비활성 기체와 같은 전자 배치를 갖기 위해서 A, B, C 원소는 음이온이 되어야 하며, D, E, F 원소는 양이온이 되어야 한다. A, B, C 원소는 그림 2 의 A, B, C 원소보다 아래에 위치하고 D, E, F 원소 위에 위치하도록 해야 한다.
- 제 2 이온화 에너지가 급격히 증가하는 원소는 : D
- C와 D로 구성된 물질은 이온 결합성 물질로 고체 상태에서 전기 전도성이 없으며 액체 상태에서 전기 전도성을 나타낸다.

[1-3]

- 다니엘 전지에서 Zn 전극은 산화 반응을 통해 Zn^{2+} 이온이 수용액 속에 증가하며, Cu 전극은 환원 반응을 통해 전극으로 석출되며, 따라서 반응이 진행될수록 수용액 속의 Cu^{2+} 이온이 줄어든다. 반응이 지속될 때 이온의 불균형이 일어나게 되는데 이때 염다리를 통해 양이온은 Cu 전극으로 음이온은 Zn 전극으로 이동하게 된다. 염다리에 K, Na 염을 사용할 경우 K^+ 또는 Na^+ 가 Cu 전극으로 이동하지만, 환원 전위가 Cu^{2+} 크기 때문에 먼저 환원된다.
- Ag 염을 사용할 경우 Ag^+ 이온의 환원 전위가 Cu^{2+} 이온의 환원 전위보다 크기 때문에 Ag 금속이 Cu 전극 표면에 석출된다.
- 시간이 지날수록 전지의 전위차가 증가한다.

[1-4]



[예시답안]

[문제 1-1]

	A	B
그림 (I)	2 mol	3 mol
그림 (II)	6 mol	x ($x=4$) (1점)
그림 (III)	y ($y=2$) (1점)	6 mol

$K = \frac{[B]}{[A]^2}$ 온도가 일정하기 때문에 그림 (I), (II), (III)에서 K는 일정.

상태(I) $K = \frac{[\frac{3}{V_1}]}{[\frac{2}{V_1}]^2}$ $V_1 = \frac{4K}{3}$, 상태(III) $K = \frac{[\frac{4}{V_2}]}{[\frac{6}{V_2}]^2}$ $V_2 = 9K$,

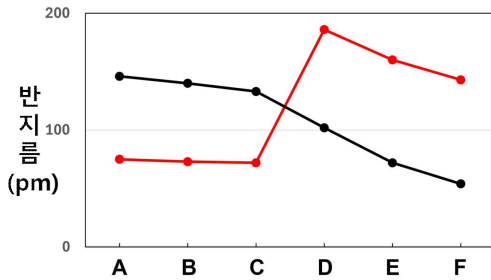
$$\text{상태(III)} \quad K = \frac{\left[\frac{6}{V_3}\right]}{\left[\frac{2}{V_3}\right]^2} \quad V_3 = \frac{2K}{3}$$

$$V_1 : V_2 : V_3 = \frac{4K}{3} : 9K : \frac{2K}{3}$$

$$V_1 : V_2 : V_3 = 4 : 27 : 2$$

부피의 크기 상태(III) < 상태(I) < 상태(II)

[문제 1-2]



A, B, C 원소는 비활성 기체보다 앞선 원자 번호를 갖고 있으며 D, E, F 비활성 기체보다 높은 원자 번호를 갖고 있다. 따라서 비활성 기체와 같은 전자 배치를 갖기 위해서 A, B, C 원소는 음이온이 되어야 하며, D, E, F 원소는 양이온이 되어야 한다. A, B, C 원소는 그림 2 의 A, B, C 원소보다 아래에 위치하고 D, E, F 원소 위에 위치하도록 해야 한다.

-제 2 이온화 에너지가 급격히 증가하는 원소는 : D

- C와 D로 구성된 물질은 이온 결합성 물질로 고체 상태에서 전기 전도성이 없으며 액체 상태에서 전기 전도성을 나타낸다.

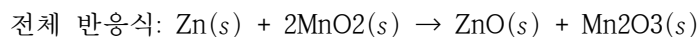
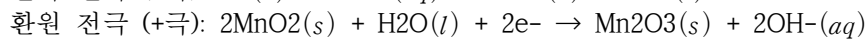
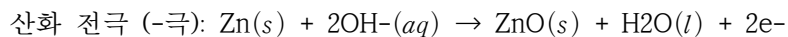
[문제 1-3]

-다니엘 전지에서 Zn 전극은 산화 반응을 통해 Zn^{2+} 이온이 수용액 속에 증가하며, Cu 전극은 환원 반응을 통해 전극으로 석출되며, 따라서 반응이 진행될수록 수용액 속의 Cu^{2+} 이온이 줄어든다. 반응이 지속될 때 이온의 불균형이 일어나게 되는데 이때 염다리를 통해 양이온은 Cu 전극으로 음이온은 Zn 전극으로 이동하게 된다. 염다리에 K, Na 염을 사용할 경우 K^+ 또는 Na^+ 가 Cu 전극으로 이동하지만, 환원 전위가 Cu^{2+} 크기 때문에 먼저 환원된다.

-Ag 염을 사용할 경우 Ag^+ 이온의 환원 전위가 Cu^{2+} 이온의 환원 전위보다 크기 때문에 Ag 금속이 Cu 전극 표면에 석출된다.

-시간이 지날수록 전지의 전위차가 증가한다.

[문제 1-4]



【문제 2】 아래 제시문을 읽고 문제에 답하시오.(20점)

(가) 물은, 물 분자끼리 매우 적은 양이지만 양성자(H⁺)를 주고 받아 $H_2O(l) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + OH^-(aq)$ 와 같이 평형을 이루며, 쇠렌센(Sørensen, S. P. L., 1868~1939)은 H₃O⁺의 농도를 편리하게 나타내기 위해 pH(수소 이온 농도 지수)를 제안하였다. 브뢴스테드(Brønsted, J. N., 1879~1947)와 로리(Lowry, T.M., 1874~1936)는 다른 물질에 양성자(H⁺)를 주는 물질을 산, 다른 물질로부터 양성자를 받는 물질을 염기라고 정의하였다. 산의 수소 이온과 염기의 수산화 이온이 만나 물을 생성하는 반응을 중화 반응이라고 하며 중화 반응을 통해 산이나 염기의 농도를 알아내는 방법을 중화 적정이라고 한다.

(나) 산이나 염기를 가해도 용액의 pH가 크게 변하지 않는 용액을 완충 용액이라고 한다. 완충 용액은 약산과 그 약산의 짝염기를 갖는 염이나 약염기와 그 약염기의 짝산으로 된 염을 용해하여 만들며, 완충 용액이 일정한 pH를 유지하는 까닭은 공통 이온 효과 때문이다.

(다) 순수한 용매에 비휘발성 용질을 녹이면, 순수한 용매보다 더 높은 온도로 가열해야 증기압이 외부 압력과 같아져서 끓게 되고 용질 분자가 용매 입자 사이의 인력을 방해하므로 순수한 용매의 어는점보다 낮아진다. 즉 비휘발성 용질이 녹아 있는 용액의 끓는점이 순수한 용매의 끓는점보다 높아지는데, 이때 용액의 끓는점(T_b')과 순수한 용매의 끓는점(T_b)의 차이를 끓는점 오름(ΔT_b) 이라고 하고, 용액의 어는점(T_f')과 순수한 용매의 어는점(T_f)의 차이를 어는점 내림(ΔT_f) 이라고 한다. 용액의 끓는점 오름과 어는점 내림은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\Delta T_b = T_b' - T_b = K_b \times m$$

$$\Delta T_f = T_f - T_f' = K_f \times m$$

이때, K_b 는 농도가 1m인 용액에서의 끓는점 오름으로, 몰랄 오름 상수, K_f 는 농도가 1m인 용액에서의 어는점 내림으로, 몰랄 내림 상수라고 한다.

(라) 반투막을 사이에 두고 농도가 묽은 용액의 용매 분자가 농도가 진한 용액쪽으로 이동하는 현상을 삼투 현상이라고 한다. 이때 양쪽 액면의 높이가 같아지려면 외부에서 진한 용액 쪽에 압력을 가해 주어야 하는데 이때 필요한 압력을 삼투압(π)이라고 한다. 묽은 용액의 삼투압(π)은 용매나 용질의 종류와 관계없이 용액의 몰 농도(C)와 절대온도(T)에 비례하는데 이것을 반트호프 법칙이라고 한다.

$$\pi = CRT \quad [R(\text{기체상수}) = 0.082 \text{ atm}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K}), \quad T(\text{K}) = 273 + t(^{\circ}\text{C})]$$

(문제 2-1) 0.03 M인 염산(HCl) 70 mL을 0.015 M의 수산화 바륨(Ba(OH)₂) 수용액을 이용하여 중화 적정을 하고자 한다. 중화 적정 과정에서 pH가 2인 용액이 되었을 때 사용된 수산화 바륨(Ba(OH)₂) 용액의 양은 얼마인가? 그리고 중화점에 도달될 때 사용된 수산화 바륨(Ba(OH)₂) 수용액의 양은 얼마인가? 염산을 대신해서 같은 농도의 아세트산(CH₃COOH) 수용액 70 mL를 같은 방법으로 중화 적정을 할 때 중화점에서의 pH는 얼마인가? (단, 수산화 바륨은 100% 이온화된다. 아세트산의 $K_a = 2 \times 10^{-5}$, $\log 5 = 0.7$, $\log 3 = 0.5$) (8점)

(문제 2-2) 혈액의 완충 작용에서 가장 중요한 물질은 탄산수소 이온(HCO₃⁻), 인산이 수소 이온(H₂PO₄⁻), 그리고 인산수소 이온(HPO₄²⁻)이다. 혈액에 녹아 있는 이산화탄소(CO₂)에서 시작한 탄산수소 이온(HCO₃⁻)의 이온화 평형과 인산이 수소 이온(H₂PO₄⁻)의 이온화 평형 화학식을 각각 나타내시오. 호흡이 증가할 때 우리 몸에서 일어나는 pH의 변화를 화학 반응식을 활용하여 르사틀리에 원리를 바탕으로 논리적으로 설명하시오. (4점)

(문제 2-3) 탄산수소 이온(HCO₃⁻)의 이온화 평형 화학식을 바탕으로 0.1 M 탄산(H₂CO₃) 수용액에서 탄산수소 이온(HCO₃⁻) 농도와 pH값을 구하시오. (단, 온도는 일정하다. $K_a = 4 \times 10^{-7}$, $\log 2 = 0.3$) (2점)

(문제 2-4) 물에 비전해질 비휘발성 A물질(분자량: 44, 밀도: 0.011 g/mL)을 첨가하여, 어는점이 -0.465°C 인 용액을 만들려고 한다. 200g의 물에 넣어야 할 A물질의 질량과 이 용액의 끓는점을 구하고, 이 용액 10 mL를 취하여 1 L로 묽혔을 때, 25°C 에서 이 용액의 삼투압을 구하시오. (단, 물의 몰랄 오름 상수는 $0.52^{\circ}\text{C}/m$, 몰랄 내림 상수는 $1.86^{\circ}\text{C}/m$ 이다. 온도에 상관없이 물의 밀도는 1.0 g/mL이다. 용액은 라울 법칙을 따른다.) (6점)

[출제의도]

- 2-1. 중화 적정과 염의 가수 분해에 대한 이해를 바탕으로 몰수, 몰 농도, pH 정량적인 계산을 할 수 있다.
- 2-2. 생체 내 완충 용액을 화학 반응식으로 표현할 수 있다. 산염기 평형 개념을 적용하여 완충 용액 실생활 예시를 과학적으로 설명할 수 있다.
- 2-3. 약산의 이온화 상수를 이용하여 농도와 pH를 계산할 수 있다.
- 2-4. 묽은 용액의 총괄성에서 필요한 몰랄 농도, 몰 농도, 어는점 내림, 끓는점 오름, 삼투압에 대해 전체적으로 이해하고, 정량적인 계산을 할 수 있다.

[예시답안]

(문제 2-1)

0.03 M인 염산(HCl) 70 mL을 0.015 M의 수산화 바륨(Ba(OH)₂) 수용액을 이용하여 중화 적정을 하고자 한다. 중화 적정 과정에서 pH가 2인 용액이 되었을 때 사용된 수산화 바륨(Ba(OH)₂) 용액의 양은 얼마인가? 그리고 중화점에 도달할 때 사용된 수산화 바륨(Ba(OH)₂) 수용액의 양은 얼마인가? 염산을 대신해서 같은 농도의 아세트산(CH₃COOH) 수용액 70 mL를 같은 방법으로 중화 적정을 할 때 중화점에서의 pH는 얼마인가? (단, 수산화 바륨은 100% 이온화된다. 아세트산의 $K_a = 2 \times 10^{-5}$, $\log 5 = 0.7$, $\log 3 = 0.5$) (8점)

0.03 M인 염산(HCl) 70 mL에 포함된 (H⁺) 양(mol) : $0.03 \times 0.07 \text{ L} = 2.1 \times 10^{-3} \text{ (mol)}$

0.015 M 수산화 바륨 ((Ba(OH)₂) L에 포함된 (OH⁻) 양(mol): $0.015 \times L \times 2 \text{ (mol)}$

$2.1 \times 10^{-3} \text{ (mol)} - 0.015 \times L \times 2 \text{ (mol)} = X$

pH 2 = $-\log [\text{H}^+] = 2$

$$[\text{H}^+] = \left[\frac{X}{0.07 + L} \right] = 0.01 \text{ M}$$

L = 35 mL

중화점에서 도달하기 위해서는 두 수용액에 포함된 (H⁺) 양(mol)과 (OH⁻) 양(mol)이 같아야 함.

0.03 M인 염산(HCl) 70 mL에 포함된 (H⁺) 양(mol) : $0.03 \times 0.07 \text{ L} = 2.1 \times 10^{-3} \text{ (mol)}$

0.015 M 수산화 바륨 ((Ba(OH)₂) 포함된 (OH⁻) 양(mol): $0.015 \times L \times 2 \text{ (mol)}$

L = 70 mL

수산화 바륨 ((Ba(OH)₂) 70 mL 넣을 때 중화점

CH₃COOH는 약산이며 70 mL 넣을 때 완전히 중화되므로 $1.05 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 의 (CH₃COO)₂Ba이 생성된다.

수용액 전체 부피 140 mL [CH₃COO⁻]의 농도는 $\frac{2.1 \times 10^{-3}}{1.4 \times 10^{-1}} = 1.5 \times 10^{-2} \text{ M}$

$$[OH^-] = \sqrt{K_b C} \text{ 이므로 (C는 농도)}$$

$$pOH = -\log[OH^-] = -\frac{1}{2}\log(K_b C) = -\frac{1}{2}\log\left(\frac{K_w C}{K_a}\right)$$

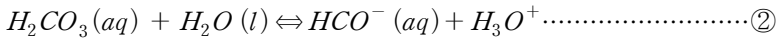
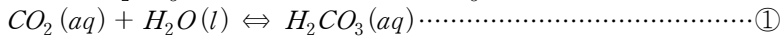
$$= -\frac{1}{2}\log\left(\frac{1.0 \times 10^{-14} \times 0.015}{2 \times 10^{-5}}\right) \approx 5.55$$

$$pH = 14 - pOH = 14 - 5.55 = 8.45$$

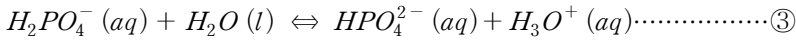
(문제 2-2)

혈액의 완충 작용에서 가장 중요한 물질은 탄산수소 이온(HCO_3^-), 인산이 수소 이온($H_2PO_4^-$), 그리고 인산수소 이온(HPO_4^{2-})이다. 혈액에 녹아 있는 이산화탄소(CO_2)에서 시작한 탄산수소 이온(HCO_3^-)의 이온화 평형과 인산이 수소 이온($H_2PO_4^-$)의 이온화 평형 화학식을 각각 나타내시오. 호흡이 증가할 때 우리 몸에서 일어나는 pH의 변화를 화학 반응식을 활용하여 르샤틀리에 원리를 바탕으로 논리적으로 설명하시오. (4점)

- 탄산(H_2CO_3)과 탄산수소 이온(HCO_3^-)에 의한 완충 작용



- 인산이 수소 이온 (과 인산수소 이온의 완충 작용)



호흡이 증가하면 CO_2 의 배출이 증가하여 1번 식의 역반응이 가속화되 탄산의 농도의 감소가 나타나고, 탄산 농도의 감소는 2번 식의 역반응을 가속화하여, H_3O^+ 이온의 농도를 감소시킨다. 따라서 우리 몸의 pH가 증가하는 현상이 나타난다. 이를 완화하기 위해서 CO_2 를 다시 흡입하여 체내의 CO_2 농도를 높여 정반응으로 반응이 진행되게 하는 방법을 사용할 수 있다.

(문제 2-3)

탄산수소 이온(HCO_3^-)의 이온화 평형 화학식을 바탕으로 0.1 M 탄산(H_2CO_3) 수용액에서 탄산수소 이온(HCO_3^-) 농도와 pH값을 구하시오. (단, 온도는 일정하다. $K_a = 4 \times 10^{-7}$, $\log 2 = 0.3$) (2점)

H_2CO_3		+	H_2O		\rightleftharpoons	HCO_3^-		+	H_3O^+	
0.1										
-x						+x			+x	
0.1-x						x			x	

$$\frac{[x]^2}{[0.1-x][H_2O]} = 4 \times 10^{-7}$$

$$[0.1-x] \approx 0.1$$

$$x = \sqrt{4 \times 10^{-7} \times 0.1}$$

$$= 2 \times 10^{-4}$$

$$[HCO_3^-] = 2 \times 10^{-4}$$

$$pH = -\log[H_3O^+] = -\log[2 \times 10^{-4}]$$

$$= 4 - 0.3 = 3.7$$

(문제 2-4)

물에 비전해질 비휘발성 A물질(분자량: 44, 밀도: 0.011 g/mL)을 첨가하여, 어는점이 -0.465°C 인 용액을 만들려고 한다. 200g의 물에 넣어야 할 A물질의 질량과 이 용액의 끓는점을 구하고, 이 용액 10 mL를 취하여 1 L로 묽혔을 때, 25°C 에서 이 용액의 삼투압을 구하시오. (단, 물의 몰랄 오름 상수는 $0.52^{\circ}\text{C}/m$, 몰랄 내림 상수는 $1.86^{\circ}\text{C}/m$ 이다. 온도에 상관없이 물의 밀도는 1.0 g/mL 이다. 용액은 라울 법칙을 따른다.) (6점)

$$0.465 = K_f \times \text{몰랄농도}(m)$$

$$\text{몰랄농도}(m) = \frac{0.465}{1.86} = 0.25m$$

$$m = \frac{\text{용질의 몰수}(mol)}{\text{용매의 질량}(kg)}$$

$$\text{용질의 몰수}(mol) = m \times \text{용매의 질량}(kg) = 0.25 \times 0.2 = 0.05\text{ mol}$$

$$\text{용질의 질량}(g) = 0.05\text{ mol} \times 44\text{ (g/mol)} = 2.2\text{ g}$$

$$\begin{aligned} \text{끓는점} &= \text{물의 끓는점} + \text{끓는점 오름} (\Delta T_b) \\ &= 100^{\circ}\text{C} + (0.52^{\circ}\text{C}/m \times 0.25m) \\ &= 100.13^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

$$\text{용액의 부피 물 부피} + \text{미지시료 부피} = 200\text{ mL} + 2.2\text{g}/0.011\text{ (g/mL)} = 400\text{ mL}$$

$$\text{용액의 몰농도} = (0.05\text{ mol}/0.4\text{ L}) = 0.125\text{ M}$$

10mL를 1L로 희석 하였을 때 농도는 0.00125M

$$\begin{aligned} \text{삼투압}(\pi) &= 0.00125\text{ (mol/L)} \times 0.082\text{ atm}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K}) \times 298\text{ K} \\ &= 0.0305\text{ atm} \approx 0.031\text{ atm} = 23.2\text{ mmHg} \end{aligned}$$