

2024학년도 연세대학교 미래캠퍼스 논술시험 문제

[창의인재/의예과 화학]

【문제 1】 아래 제시문을 읽고 문제에 답하시오. (20점)

(가) 한 분자의 쌍극자와 이웃한 분자의 쌍극자 사이에 작용하는 정전기적 인력을 쌍극자·쌍극자 힘이라고 한다. 분자 내에서 전자가 이동하여 전하가 한쪽 방향으로 치우치는 것을 편극, 편극으로 형성된 쌍극자를 순간 쌍극자라고 한다. 순간 쌍극자는 이웃한 분자의 전하 분포에 영향을 미쳐 또 다른 쌍극자인 유발 쌍극자를 형성한다. 이러한 순간 쌍극자와 유발 쌍극자 사이에 상호 작용하는 힘을 분산력이라고 한다. 전기 음성도가 큰 F, O, N 원자에 결합한 H 원자와 이웃한 분자의 F, O, N 원자 사이에 작용하는 정전기적 인력을 수소 결합이라고 한다.

(나) 일정한 온도에서 어떤 반응이 화학 평형 상태에 있을 때 반응물의 농도 곱에 대한 생성물의 농도 곱의 비는 항상 일정하며 이것을 화학 평형 법칙이라고 하고, 일반적으로 아래와 같이 나타낸다. 이때 K 를 평형 상수라고 하고, 이 식을 평형 상수식이라고 한다. 평형 상수는 온도가 일정할 때 농도나 기체의 압력에 관계없이 항상 일정하다.



$$K = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b} = \text{일정}$$

[A], [B], [C], [D]: 평형상태에서 각 물질의 몰 농도

(다) 기체의 압력은 기체 분자가 용기 벽면에 충돌하여 나타나므로 기체 분자의 수가 많을수록 기체의 압력이 커진다. 즉, 온도와 부피가 일정할 때 기체의 압력은 몰수에 비례한다. 따라서 기체 A가 들어 있는 일정한 부피의 용기에 기체 B를 더 넣으면 기체 B의 압력만큼 전체 압력이 커진다.

$$P_T = P_A + P_B$$

이때 P_T 는 혼합 기체의 전체 압력이고, P_A 와 P_B 는 혼합 기체에서 기체 A와 기체 B가 각각 차지하는 압력으로 부분 압력이라고 한다. 혼합 기체에서 각 성분 기체의 몰수를 전체 기체의 몰수로 나눈 값을 각 기체의 몰분율(χ_A)이라 하며, 각 기체의 부분 압력은 그 기체의 몰분율에 비례한다.

【문제 1-1】 다음 표는 화합물의 기준 끓는점에 대한 자료이다.

화합물	O ₂	CH ₃ OH	PH ₃	Cl ₂
기준 끓는점(K)	a	b	c	d

a 와 b , a 와 d , b 와 c 의 크기를 각각 비교하고, 그 이유를 제시문 (가)를 참고하여 서술하시오. (단, H, C, O, P, Cl의 원자량은 각각 1, 12, 16, 31, 35이다.) (6점)

【문제 1-2】 다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 농도로 정의되는 평형상수(K)이다.

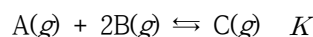
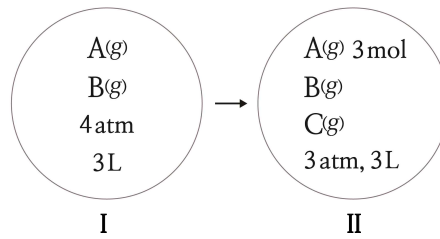
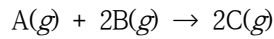


그림 I 은 온도 T 에서 강철 용기에 $A(g)$ 와 $B(g)$ 를 넣은 초기 상태를 나타낸 것이고, 그림 II는 반응이 진행되어 평형에 도달한 상태를 나타낸 것이다. 그림 II 에서 $A(g)$ 몰분율은 0.5이다.

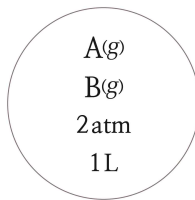


제시문 (나)와 (다)를 참고하여 그림 II에서 $C(g)$ 의 부분 압력과 평형상수(K)를 구하고, 그 과정을 서술하십시오. (단, 온도는 T 로 일정하다.) (7점)

[문제 1-3] 다음은 $A(g)$ 와 $B(g)$ 가 반응하여 $C(g)$ 가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



그림은 온도 T 에서 강철 용기에 $A(g)$ 와 $B(g)$ 를 넣은 초기 상태를 나타낸 것이다.



제시문 (다)를 참고하여 A의 몰분율(χ_A)을 달리하여 반응을 완결 시켰을 때, χ_A 에 따른 C의 부분 압력(P_C)의 그래프를 그리고, 최대 P_C 값과 그때의 χ_A 값을 표시하십시오. (단, 온도는 T 로 일정하고, χ_A 는 $0 \leq \chi_A \leq 1$ 이다.) (7점)

[출제의도]

[문제 1-1]

분자 간 상호 작용을 이해하고, 분자 간 상호 작용의 크기와 끓는점의 관계에 대한 이해도를 평가한다.

[문제 1-2]

평형에 대한 이해도를 평가한다.

[문제 1-3]

몰분율에 대한 이해도를 평가한다.

[문항해설]

하위 문항	채점 기준	배점
1-1	-a와 b의 크기 및 이유 제시	2
	-a와 d의 크기 및 이유 제시	2
	-b와 c의 크기 및 이유 제시	2
1-2	-A(g), B(g), C(g)의 초기 및 평형상태에서의 몰수 제시	3
	-C(g)의 부분 압력 제시	2
	-평형상수 제시	2
1-3	그래프의 전체적인 모양: $\chi_A = 1/3$ 일 때 P_C 의 최댓값, $4/3 \text{ atm}$ 표시	3
	$\chi_A \leq 1/3$ 일 때, $P_C = 4\chi_A$ 식으로 직선을 그림	2
	$\chi_A \geq 1/3$ 일 때, $P_C = 2(1-\chi_A)$ 식으로 직선을 그림	2

[예시답안]

[문제 1-1] 다음 표는 화합물의 기준 끓는점에 대한 자료이다.

화합물	O ₂	CH ₃ OH	PH ₃	Cl ₂
기준 끓는점(K)	a	b	c	d

a와 b, a와 d, b와 c의 크기를 각각 비교하고, 그 이유를 제시문 (가)를 참고하여 서술하시오. (단, H, C, O, P, Cl의 원자량은 각각 1, 12, 16, 31, 35이다.) (6점)

(평가 기준)

a(O₂) < b(CH₃OH): O₂와 CH₃OH의 분자량이 같아서 분산력이 유사하다. CH₃OH는 분자 간 수소 결합을 할 수 있어 O₂보다 분자 간 힘이 세다. (+2)

a(O₂) < d(Cl₂): Cl₂의 분자량이 O₂의 분자량보다 커서 Cl₂의 분산력이 O₂의 분산력보다 크다. (+2)

b(CH₃OH) > c(PH₃): PH₃와 CH₃OH의 분자량이 유사하여 분산력이 유사하다. PH₃는 쌍극자-쌍극자 힘을 CH₃OH는 쌍극자-쌍극자 힘과 분자 간 수소 결합을 할 수 있다. (+2)

[문제 1-2] 다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식과 농도로 정의되는 평형 상수(K)이다.

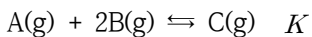
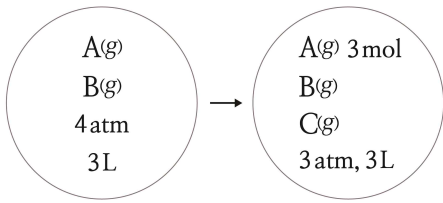


그림 I 은 온도 T에서 강철 용기에 A(g)와 B(g)를 넣은 초기 상태를 나타낸 것이고, 그림 II 는 반응이 진행되어 평형에 도달한 상태를 나타낸 것이다. 그림 II 에서 A(g) 몰분율은 0.5이다.



I

II

제시문 (나)와 (다)를 참고하여 그림 II에서 C(g)의 부분 압력과 평형상수(K)를 구하고, 그 과정을 서술 하시오. (단, 온도는 T로 일정하다.) (7점)

(평가 기준)

(7점)

평형에서 전체 몰: 6몰, 초기 전체 몰수: 8몰

	$A(g)$	$+ 2B(g)$	\rightleftharpoons	$C(g)$	
초기(몰):	3+x	3+x		0	(+1)
변화량(몰):	-x	-2x		+x	
평형(몰):	3	3-x		x	
	3	2		1	(+2)

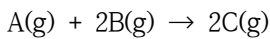
$$2(3+x) = 8, 3+x = 4, x = 1$$

$$P_c = X_c \times P_{tot} = 1/6 \times 3atm = 1/2 = 0.5 atm (+2)$$

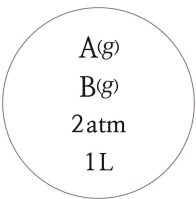
$$[A] = 3/3, [B] = 2/3, [C] = 1/3$$

$$K = \frac{[C]}{[A][B]^2} = \frac{(1/3)}{(1)(2/3)^2} = \frac{3}{4} (+2)$$

[문제 1-3] 다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)가 생성되는 반응의 화학 반응식이다.



그림은 온도 T에서 강철 용기에 A(g)와 B(g)를 넣은 초기 상태를 나타낸 것이다.



제시문 (다)를 참고하여 A의 몰분율(χ_A)을 달리하여 반응을 완결 시켰을 때, χ_A 에 따른 C의 부분 압력(PC)의 그래프를 그리고, 최대 PC값과 그때의 χ_A 값을 표시하십시오. (단, 온도는 T로 일정하고, χ_A 는 $0 \leq \chi_A \leq 1$ 이다.) (7점)

(평가 기준)

(7점)

$\chi_A = 1/3$ 일 때 PC가 최대값을 가짐.

$\chi_A \leq 1/3$ 일 때, A의 양에 따라 C의 생성량이 결정됨.

$$PV = nRT, n = PV/RT = 2/RT$$

	$A(g)$	$+ 2B(g)$	\rightarrow	$2C(g)$
초기(몰)	$2\chi_A/RT$	$2(1-\chi_A)/RT$		0
변화량(몰)	$-2\chi_A/RT$	$-4\chi_A/RT$		$+4\chi_A/RT$

[문제 2] 아래 제시문을 읽고 문제에 답하시오.(20점)

- (가) 용액의 농도는 화학 반응에서의 양적 관계를 다룰 때 중요하다. 화학 반응은 수용액에서 많이 일어나며, 물질들은 일정한 입자 수의 비로 반응하므로 화학에서는 용질의 양을 몰로 나타낸 몰 농도를 사용하는 것이 편리하다. 몰 농도는 용액 1L속에 녹아 있는 용질의 양(mol)이며, 단위로는 M 또는 mol/L를 사용한다. 또한 일상생활에 가장 많이 접하는 농도는 퍼센트 농도이다. 퍼센트 농도는 용액 100g속에 녹아 있는 용질의 질량(g)을 뜻한다.
- (나) 화학 반응이 일어날 때 반응 전후 물질을 이루는 각 원자의 산화수를 비교하면 산화 환원 반응을 쉽게 파악할 수 있다. 화학 반응 전후 산화수가 증가하거나 감소하는 원자가 있다면 그 반응은 산화 환원 반응이다. 여기서 산화수가 증가하는 원자를 포함하는 물질은 산화된 것이고, 산화수가 감소하는 원자를 포함하는 물질은 환원된 것이다. 산화 환원 반응을 화학 반응식으로 나타내면 산화제와 환원제의 양적 관계를 알 수 있다. 산화와 환원은 항상 동시에 일어나고 증가한 산화수와 감소한 산화수는 항상 같으므로 이 관계를 이용하여 산화 환원 반응식을 완성할 수 있다.
- (다) 연료 전지는 연료를 공급하여 화학 에너지를 전기 에너지로 전환하는 장치이다. 연료 전지가 산화 환원 반응을 이용하여 전기 에너지를 얻는 것은 일반적인 화학 전지와 같지만, 반응물이 외부에서 지속적으로 공급된다는 점이 다르다. 대표적인 연료 전지에는 우주 왕복선에서 전력 공급원으로 사용된 수소 연료 전지가 있다. 수소 연료 전지는 수소 기체를 연료로, 공기 중의 산소를 산화제로 이용한다.
- (라) 화학 전지는 산화 환원 반응을 이용하여 전기 에너지를 얻을 수 있지만, 반대로 외부에서 전기 에너지를 공급하여 산화 환원을 일으킬 수도 있다. 이처럼 전기 에너지를 이용하여 산화 환원 반응을 일으켜 물질을 분해하는 과정을 전기 분해라고 한다.

[문제 2-1] 다음은 제시문(가)와 (나)에 관련된 실험이다.

<자료>

$\text{Cu}(s)$ 와 $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 가 반응하여 $\text{CuSO}_4(aq)$, $\text{H}_2\text{O}(l)$, $\text{SO}_2(g)$ 가 생성되었다.

<실험과정>

㉠ 98% $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ x mL를 피펫으로 정확히 취하여 300mL 정도의 증류수가 담긴 비커에 조금씩 넣으며 저어준 후, 1L 부피 플라스크에 모두 옮겨 표시선까지 증류수를 채워 y M의 $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 1L를 만든다.

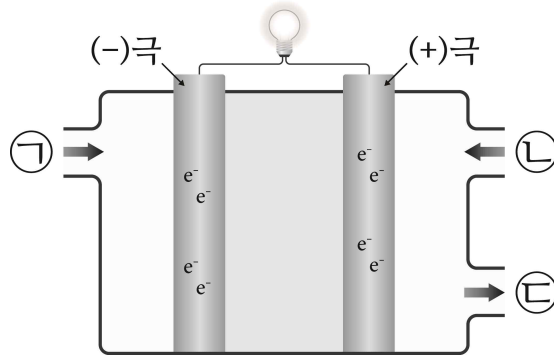
㉡ ㉠에서 만든 y M $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 을 100mL를 취하여 비커에 옮겨 담고, 충분한 양의 $\text{Cu}(s)$ 를 넣어 완전히 반응시킨다.

<실험결과>

반응한 $\text{Cu}(s)$ 의 질량: 0.64g

$\text{Cu}(s)$ 와 $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 가 반응하여 $\text{CuSO}_4(aq)$, $\text{H}_2\text{O}(l)$, $\text{SO}_2(g)$ 가 생성되는 반응의 산화 환원 반응식을 완결하고, x 와 y 를 각각 구하시오. 그리고 계산 과정을 서술하시오. (단, 98% $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 의 밀도는 2.0g/mL이다. H_2SO_4 의 화학식량은 98이고, Cu의 원자량은 64이다.) (9점)

[문제 2-2] 그림은 수소 연료 전지를 모형으로 나타낸 것이다.



제시문 (나)와 (다)를 참고하여 그림의 빈칸 ⊕, ⊖, ⊕에 알맞은 물질을 쓰시오. 그리고 산화 전극과 환원 전극에서 일어나는 반응을 쓰시오. (5점)

[문제 2-3] $\text{NaCl}(l)$ 을 전기 분해할 때 산화 전극과 환원 전극에서 일어나는 반응을 쓰시오. $\text{NaCl}(aq)$ 을 전기 분해할 때 산화 전극과 환원 전극에서 일어나는 반응을 쓰시오. 두 전기 분해 반응의 차이점을 기술하시오. (단, $\text{H}_2\text{O}(l)$ 가 $\text{Na}^+(aq)$ 보다 환원되기 쉽다.) (6점)

[출제의도]

(문제 2-1)

산화 환원 반응의 완결 및 용액의 농도 개념에 대한 이해도를 평가한다.

(문제 2-2)

수소 연료 전지에 대한 이해도를 평가한다.

(문제 2-3)

전기 분해에 대한 이해도를 평가한다.

[채점기준]

하위 문항	채점 기준	배점
2-1	-산화 환원 완결 반응식 제시	3
	-x 값 계산	3
	-y 값 계산	3
2-2	-①, ②, ③에 알맞은 물질 제시	3
	- 산화 전극 및 환원 전극에서 일어나는 반응 제시	2
2-3	-NaCl(l)을 전기 분해할 때 산화 전극과 환원 전극에서 일어나는 반응 제시	2
	-NaCl(aq)을 전기 분해할 때 산화 전극과 환원 전극에서 일어나는 반응 제시	2
	-위의 두 가지 전기 분해의 차이점 기술	2

[예시답안]

[문제 2-1] 다음은 제시문(가)와 (나)에 관련된 실험이다.

<자료>
 $\text{Cu}(s)$ 와 $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 가 반응하여 $\text{CuSO}_4(aq)$, $\text{H}_2\text{O}(l)$, $\text{SO}_2(g)$ 가 생성되었다.

<실험과정>
 ㉠ 98% $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ $x\text{mL}$ 를 피펫으로 정확히 취하여 300mL 정도의 증류수가 담긴 비커에 조금씩 넣으며 저어준 후, 1L 부피 플라스크에 모두 옮겨 표시선까지 증류수를 채워 $y\text{M}$ 의 $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 1L를 만든다.
 ㉡ ㉠에서 만든 $y\text{M}$ $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 을 100mL를 취하여 비커에 옮겨 담고, 충분한 양의 $\text{Cu}(s)$ 를 넣어 완전히 반응시킨다.

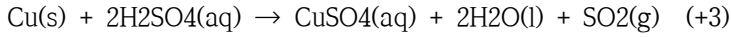
<실험결과>
 반응한 $\text{Cu}(s)$ 의 질량: 0.64g

$\text{Cu}(s)$ 와 $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 가 반응하여 $\text{CuSO}_4(aq)$, $\text{H}_2\text{O}(l)$, $\text{SO}_2(g)$ 가 생성되는 반응의 산화 환원 반응식을 완결하고, x 와 y 를 각각 구하시오. 그리고 계산 과정을 서술하시오. (단, 98% $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 의 밀도는 2.0 g/mL이다. H_2SO_4 의 화학식량은 98이고, Cu 의 원자량은 64이다.) (9점)

(평가기준)

(9점)

완결된 반응식:



반응한 Cu: 0.64 g, 0.01 mol Cu

필요한 $H_2SO_4(aq)$: 0.02 몰

$yM \times 0.1 L = 0.1y \text{ mol} = 0.02 \text{ mol}$

$y = 0.2$ (+3)

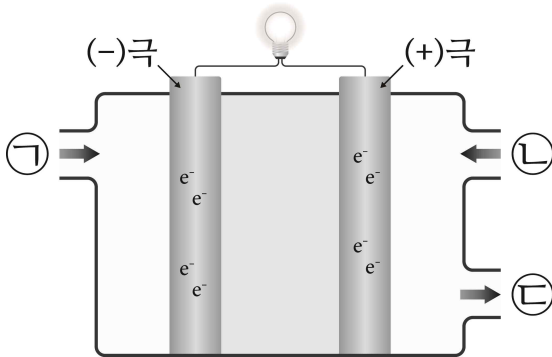
-0.2 M $H_2SO_4(aq)$ 만들기: 0.2 mol/L

$xmL \times 2.0g/mL \times 98/100 = 98x/50g$, 몰수로 변환: $98x/50g \times 1mol/98g = x/50mol$

$x/50mol = 0.2 \text{ mol}$

$x = 10$ (+3)

[문제 2-2] 그림은 수소 연료 전지를 모형으로 나타낸 것이다.



제시문 (나)와 (다)를 참고하여 그림의 빈칸 ㉠, ㉡, ㉢에 알맞은 물질을 쓰시오. 그리고 산화 전극과 환원 전극에서 일어나는 반응을 쓰시오. (5점)

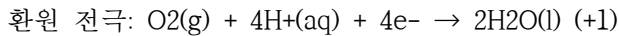
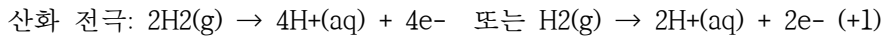
(평가기준)

(5점)

㉠: H_2 (+1)

㉡: O_2 (+1)

㉢: H_2O (+1)

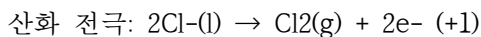
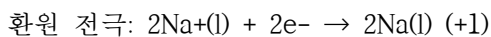


[문제 2-3] $NaCl(l)$ 을 전기 분해할 때 산화 전극과 환원 전극에서 일어나는 반응을 쓰시오. $NaCl(aq)$ 을 전기 분해할 때 산화 전극과 환원 전극에서 일어나는 반응을 쓰시오. 두 전기 분해 반응의 차이점을 기술하시오. (단, $H_2O(l)$ 가 $Na^+(aq)$ 보다 환원되기 쉽다.) (6점)

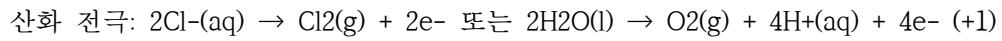
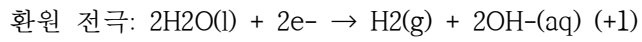
(평가기준)

(6점)

$NaCl(l)$ 의 전기 분해:



NaCl(aq)의 전기 분해:



NaCl(l)을 전기 분해할 때는 환원 전극 주변에 $\text{Na}^+(\text{l})$ 가, 산화 전극 주변에 $\text{Cl}^-(\text{l})$ 가 존재하여 이들이 각각 반응한다. NaCl(aq)을 전기 분해할 때는 환원 전극 주변에 $\text{Na}^+(\text{aq})$ 와 H_2O 가 존재한다. 이들 중 반응성이 큰 물질이 반응한다. 반응성이 큰 H_2O 가 반응하여 $\text{H}_2(\text{g})$ 가 생성된다. 산화 전극 주변에는 $\text{Cl}^-(\text{aq})$ 와 H_2O 가 존재하며, $\text{Cl}^-(\text{aq})$ 가 반응하면 $\text{Cl}_2(\text{g})$ 가 생성되고, H_2O 가 반응하면 $\text{O}_2(\text{g})$ 가 생성된다. NaCl(l)의 전기 분해는 Na를 생성하지만 NaCl(aq)의 전기 분해는 Na를 생성하지 않는다. (+2)