

수능특강

과학탐구영역 | 화학Ⅱ

정답과 해설

01 기체

수능 2점 테스트

- 01 ⑤ 02 ④ 03 ② 04 ⑤ 05 ⑤ 06 ②
07 ③ 08 ② 09 ② 10 ① 11 ④ 12 ①

본문 11~13쪽

01 기체의 압력

- Ⓐ 대기압이 1 atm일 때 76 cm의 수은 기둥이 밑면에 작용하는 압력은 대기압과 같으며 1 atm이다.
 Ⓡ 유리관의 단면적이나 크기에 관계없이 1 atm에서 수은 기둥의 높이는 76 cm이다.
 Ⓣ 수은 기둥이 밑면에 작용하는 압력은 대기압과 같으므로 대기압이 1 atm보다 작아지면 수은 기둥의 높이는 낮아진다.

02 기체의 성질

- ⓧ 혼합 기체에서 각 기체의 부피는 용기의 부피와 같다.
 Ⓣ 기체 분자 수는 기체의 질량을 분자량으로 나눈 값에 비례하므로 기체 분자 수는 $B(g) > A(g)$ 이다.
 Ⓤ 혼합 기체에서 기체의 부분 압력은 몰 분율에 비례하므로 부분 압력은 $B(g) > A(g)$ 이다.

03 보일·샤를 법칙

- $PV = nRT$ 에서 $T \propto \frac{PV}{n}$ 이고, $B(g)$ 의 양(mol)이 $A(g)$ 의 2배이므로 $T : \textcircled{1} = \frac{PV}{n} : \frac{PV}{2n}$ 이다. 따라서 $\textcircled{1}$ 은 $\frac{T}{2}$ 이다. 물질의 양(mol) $n \propto \frac{PV}{T}$ 이므로 $n : \textcircled{2} = \frac{PV}{T} : \frac{2P \times 2V}{T}$ 이며 $\textcircled{2}$ 은 $4n$ 이다.

04 보일·샤를 법칙

- ⓧ (가)에서 외부 압력($P_{\text{외부 압력}}$)은 $A(g)$ 의 압력(P_A)과 수은 기둥에 의한 압력($P_{\text{수은}}$)의 합과 같다. $P_{\text{외부 압력}} = P_A + P_{\text{수은}}$ 이므로 $P_A = 76 - 19 = 57(\text{cmHg})$ 이다.
 Ⓣ 수은 기둥의 높이가 같아지기 위해서는 $A(g)$ 가 있는 쪽의 수은 기둥이 9.5 cm 낮아져야 하며 J자관의 단면적이 1 cm^2 이므로 (나)에서 $A(g)$ 의 부피는 66.5 cm^3 이다.
 Ⓤ 일정량의 기체의 온도는 기체의 압력과 부피의 곱에 비례하므로 $T : xT = 57 \text{ cmHg} \times 57 \text{ cm}^3 : 76 \text{ cmHg} \times 66.5 \text{ cm}^3$ 이다. 따라서 $x = \frac{14}{9}$ 이다.

05 부분 압력 법칙

- ⓧ 기체의 부분 압력은 혼합 기체의 전체 압력에 기체의 몰 분율을 곱한 값이므로 $A(g)$ 의 부분 압력은 $P \text{ atm} \times \frac{2}{3} = \frac{2}{3}P \text{ atm}$ 이다.
 Ⓡ 혼합 기체의 부피가 같으므로 기체의 밀도는 질량에 비례한다. A 의 분자량을 M_A , B 의 분자량을 M_B 라고 하면, $2M_A + M_B : 3M_A + 2M_B = 7 : 13$ 이고 $\frac{M_B}{M_A} = 5$ 이다.
 Ⓢ $PV = nRT$ 에서 $T \propto \frac{PV}{n}$ 이므로 압력과 부피가 같을 때 기체의 온도는 기체의 양(mol)에 반비례한다. 따라서

$$\begin{aligned} \text{(나)에서 전체 기체의 온도(K)} &= \frac{1}{\frac{5}{3}} = \frac{3}{5} \text{이다.} \\ \text{(가)에서 전체 기체의 온도(K)} &= \frac{1}{3} \end{aligned}$$

06 이상 기체 방정식

- ⓧ 외부 압력이 일정하므로 실린더 속에 들어 있는 $H_2(g)$ 와 $He(g)$ 의 압력은 같다.
 Ⓣ $PV = nRT$ 에서 $n = \frac{PV}{RT}$ 이다. $x : y = \frac{V}{T} : \frac{\frac{2V}{3}}{\frac{2}{3}T} = \frac{4}{3}x$ 이다.
 Ⓤ $PV = nRT$ 에서 기체의 압력과 온도가 같을 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례한다. $y = \frac{4}{3}x$ 이므로 $T \text{ K}$ 에서 $He(g)$ 의 부피는 $\frac{4}{3}V \text{ L}$ 이다.

07 이상 기체 방정식

- $PV = nRT$ 이므로 $P = \frac{nR}{V}T$ 이다. 부피가 일정할 때 기체의 온도에 따른 압력 그래프에서 기울기는 기체의 양(mol)에 비례한다.
 Ⓣ 부피가 일정할 때 기체의 압력은 기체의 절대 온도에 비례하므로 $2t \text{ K}$ 에서 $X(g)$ 의 압력은 $4a \text{ atm}$ 이다.
 Ⓤ 그래프에서의 기울기는 $X(g)$ 가 $Y(g)$ 의 2배이므로 기체의 양(mol)은 $X(g) > Y(g)$ 이다.
 Ⓥ 부피와 온도가 일정할 때 기체의 압력은 기체의 양(mol)에 비례하므로 X 의 분자량을 M_X , Y 의 분자량을 M_Y , $X(g)$ 와 $Y(g)$ 의 질량을 w 라고 하면 $t \text{ K}$ 에서 $X(g)$ 의 압력 : $Y(g)$ 의 압력 = $\frac{w}{M_X} : \frac{w}{M_Y}$ 이다. 따라서 $2a : a = \frac{1}{M_X} : \frac{1}{M_Y}$ 이고 M_X 는 M_Y 의 $\frac{1}{2}$ 배이다.

08 부분 압력 법칙

$PV = \frac{w}{M}RT$ 에서 $M = \frac{wRT}{PV}$ 이므로 A의 분자량(M_A)은 $= \frac{0.3 \times 25}{0.25 \times 1} = 30$ 이다. 혼합 기체의 전체 압력이 1 atm이므로 B(g)의 부분 압력은 0.75 atm이고, B의 질량(w)은 $\frac{MPV}{RT} = \frac{60 \times 0.75 \times 1}{25} = 1.8$ 이다. 따라서 $\frac{x}{A\text{의 분자량}} = \frac{1.8}{30} = \frac{3}{50}$ 이다.

09 이상 기체 방정식

온도가 일정할 때 기체의 양(mol)은 압력과 부피의 곱에 비례하므로 A(g) x g을 a mol, B(g) $2x$ g을 b mol이라고 하면 실린더 속 기체의 몰비는 (가) : (나) = $1 \times 1 : 3 \times 0.5 = a : \frac{a}{2} + b$ 이고 $b = a$ 이다. 분자량은 분자 1 mol의 질량(g)에서 단위를 제거

한 값이므로 $\frac{A\text{의 분자량}}{B\text{의 분자량}} = \frac{\frac{x}{a}}{\frac{2x}{a}} = \frac{1}{2}$ 이다.

10 보일·샤를 법칙

$PV = nRT$ 에서 $V \propto \frac{n}{P} \times T$ 이므로 (가)~(다)에서의 부피비 (가) : (나) : (다) = $\frac{1}{2a} \times b : \frac{1}{a} \times b : \frac{1}{a} \times 2b = 1 : 2 : 4$ 이다.

11 이상 기체 방정식

$PV = \frac{w}{M}RT$ 이므로 온도가 같을 때 기체의 질량은 기체의 압력과 부피와 분자량의 곱에 비례한다. 따라서 A(g)~C(g)의 질량비 $a : b : c = 4x : 16x : 40x = 1 : 4 : 10$ 이다.

12 이상 기체 방정식

(가)와 (나)에서 기체의 질량은 같고 기체의 부피비는 (가) : (나) = $1 : \frac{1}{2}$ 이므로 기체의 밀도($\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$)비는 (가) : (나) = $\frac{1}{1} : \frac{1}{\frac{1}{2}} = 1 : 2$ 이다.

(나)와 (다)에서 기체의 질량은 같고 기체의 몰비는 (가) : (나) = $1 : 2$ 이며, 기체의 몰 질량 = $\frac{\text{질량(g)}}{\text{기체의 양(mol)}}$ 이므로 $\frac{B\text{의 분자량}}{A\text{의 분자량}} = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{1}} = \frac{1}{2}$ 이다.

※ $PV = nRT$ 에서 압력이 일정할 때 $T \propto \frac{V}{n}$ 이므로 (가)에서 A(g)의 양(mol)을 n 이라고 하면 생성된 B(g)의 양(mol)은 $2n$ 이므로 $T_1 : T_2 = \frac{V}{n} : \frac{2}{2n} = \frac{1}{1} : \frac{2}{2} = 4 : 1$ 이다.

수능 3점 테스트

본문 14~20쪽

- | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|
| 01 ② | 02 ⑤ | 03 ④ | 04 ④ | 05 ⑤ | 06 ④ |
| 07 ③ | 08 ⑤ | 09 ③ | 10 ① | 11 ⑤ | 12 ④ |
| 13 ③ | 14 ③ | | | | |

01 이상 기체 방정식

$PV = nRT$ 에서 $P = \frac{RT}{M} \times \frac{w}{V} = \frac{RT}{M} \times \text{밀도}(d)$ 이다. 밀도에 따른 압력 그래프에서 온도가 변하지 않으면 그래프의 기울기가 일정하다. 따라서 H₂와 He의 온도는 각각 일정하다.

※ H₂의 온도는 일정하므로 온도는 (나)에서와 (다)에서가 같다.
※ 기체의 양과 온도가 일정할 때 기체의 부피는 압력에 반비례하므로 $\frac{\text{(다)에서의 부피}}{\text{(나)에서의 부피}} = 2$ 이다.

◎ $P = \frac{RT}{M} \times d$ 이므로 $T \propto \frac{PM}{d}$ 이다. 밀도가 d 로 같으므로 (가)에서의 온도(K) = $\frac{2 \times \text{He의 분자량}}{1 \times \text{H}_2\text{의 분자량}} = 4$ 이다.

02 이상 기체 방정식과 기체의 밀도

(1) I과 II에서 용기 속에 들어 있는 기체의 질량(밀도 × 부피)은 각각 d g과 $12d$ g이다. I에는 A(g)만 존재하므로 d 는 w 이고 $x = 12w - 2w = 10w$ 이다.

(2) 온도가 일정할 때 기체의 양(mol)은 기체의 압력과 부피의 곱에 비례하므로 I과 II에서 용기 속에 들어 있는 기체의 몰비는 I : II = 1 : 6이다. A(g) w g을 n mol이라고 하면 II에는 A(g) $2n$ mol, B(g) $4n$ mol이 들어 있으므로 기체의 양(mol)은 B(g)가 A(g)의 2배이다.

◎ 기체의 분자량은 분자 1 mol의 질량(g)에서 단위를 제거한

값이므로 II에서 $\frac{A\text{의 분자량}}{B\text{의 분자량}} = \frac{\frac{2w}{2n}}{\frac{10w}{4n}} = \frac{2}{5}$ 이다.

03 기체의 부분 압력

◎ $PV = nRT$ 에서 $n = \frac{PV}{RT}$ 이므로 (나)에서 $n_{\text{전체}} = \frac{PV}{RT} =$

$\frac{1 \text{ atm} \times 10 \text{ L}}{25 \text{ atm} \cdot \text{L/mol}} = 0.4 \text{ mol}$ 이다. (나)에서 $B(g)$ 는 0.25 mol 이므로 $A(g)$ 는 0.15 mol 이고, A 의 분자량은 4이므로 $x = 4 \times 0.15 = 0.6$ 이다.

※ 기체의 온도가 같을 때 $n \propto PV$ 이다. 기체의 부피는 (가)와 (나)의 2배이고, (가)와 (나)에서 $B(g)$ 의 부분 압력이 같으므로 (가)에서 $B(g)$ 의 양은 0.5 mol 이다. 따라서 $y = 20 \times 0.5 = 10$ 이다.

$$\textcircled{(가)} \text{에서 } n_{\text{전체}} = n_A + n_B = 1.4 \text{ mol} \text{이므로 } P = \frac{nRT}{V}$$

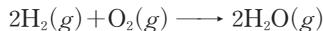
$$= \frac{1.4 \text{ mol} \times 25 \text{ atm} \cdot \text{L/mol}}{20 \text{ L}} = \frac{7}{4} \text{ atm} \text{이다.}$$

[P에 대한 다른 풀이]

기체의 부분 압력은 기체의 전체 압력과 몰 분율의 곱이므로 (나)에서 A 와 B 의 부분 압력(P_A, P_B)은 각각 $\frac{3}{8}, \frac{5}{8}$ 이다. $B(g)$ 의 부분 압력은 (가)에서와 (나)에서가 같고, 온도가 일정할 때 기체의 압력 $P \propto \frac{n}{V}$ 이므로 (가)에서 A 와 B 의 부분 압력(P_A, P_B)은 각각 $\frac{9}{8}, \frac{5}{8}$ 이다. 따라서 (가)에서의 전체 압력인 $P = \frac{9}{8} + \frac{5}{8} = \frac{7}{4}$ 이다.

04 아보가드로 법칙과 기체의 부분 압력

$H_2(g)$ 와 $O_2(g)$ 가 반응하여 $H_2O(g)$ 가 생성되는 반응은 다음과 같다.



반응 과정에서 $O_2(g)$ 가 모두 반응했으므로 반응 전 $H_2(g)$ 과 $O_2(g)$ 의 양(mol)을 각각 a, b 라고 하면 반응 전후 물질의 양(mol)은 다음과 같다.

	$2H_2(g)$	$+ O_2(g)$	\longrightarrow	$2H_2O(g)$
반응 전(mol)	a	b		
반응(mol)	$-2b$	$-b$	$+2b$	
반응 후(mol)	$a-2b$	0	$2b$	

온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 기체의 양에 비례하므로 $a+b : (a-2b)+2b = 9 : 8$ 이므로 $a=8b$ 이다. 반응 후 남은 $H_2(g)$ 의 양이 $0.3 \text{ mol} (=0.6 \text{ g})$ 이므로 $a-2b=0.3$ 이고, $a=0.4, b=0.05$ 이다. 반응 전 $H_2(g)$ 와 $O_2(g)$, 반응 후 $H_2O(g)$ 의 양(mol)이 각각 $0.4, 0.05, 0.1$ 이므로 x 는 0.8 이다. 혼합 기체의 부분 압력은 혼합 기체의 전체 압력에 각 기체의 몰 분율을 곱한

$$\text{값이므로 } \frac{(\text{나})\text{에서 } H_2O(g)\text{의 부분 압력}}{(\text{가})\text{에서 } O_2(g)\text{의 부분 압력}} \times x = \frac{\frac{1}{4}}{\frac{1}{9}} \times 0.8 = 1.8$$

이다.

05 보일·샤를 법칙

① 진공 상태에서 Hg 기둥을 57 cm만큼 밀어 올릴 수 있는 압력을 57 cmHg라고 한다.

② (나)에서와 (다)에서 기체의 양, 온도, 부피가 모두 동일하므로 기체의 압력도 동일하다. (다)에서 $A(g)$ 의 압력은 대기압(76 cmHg) + $A(g)$ 가 밀어 올린 수은 기둥의 압력(19 cmHg)이므로 (나)에서 $A(g)$ 의 압력 = 76 cmHg + 19 cmHg = 95 cmHg이다.

③ (가)에서 $A(g)$ 의 압력은 57 cmHg이고, $PV=nRT$ 에서 물질의 양이 일정할 때 $T \propto PV$ 이므로 $\frac{T_2}{T_1} = \frac{95 \times 1}{57 \times 1} = \frac{5}{3}$ 이다.

06 기체의 부분 압력

※ $PV=nRT$ 에서 기체의 온도가 일정할 때 $PV \propto n$ 이므로 (가)와 (나)에 존재하는 기체의 몰비는 (가) : (나) = 1 : 3이다.

④ (가)에서 $A(g)$ 의 몰 분율이 $\frac{5}{6}$ 이므로 $A(g), B(g)$ 의 양(mol)을 각각 $5n, n$ 이라고 하면 (나)에 존재하는 기체의 양(mol)은 $18n$ 이고, $A(g)$ 의 양(mol)은 $10n$ 이다. 기체의 부분 압력은 혼합 기체의 전체 압력에 각 기체의 몰 분율을 곱한 값이므로 $A(g)$ 의 부분 압력 $P_A = \frac{3}{2}P \text{ atm} \times \frac{10}{18} = \frac{5}{6}P \text{ atm}$ 이다.

⑤ (나)에 존재하는 기체의 양(mol)은 $18n$ 이고, $A(g), B(g)$ 의 양(mol)은 각각 $10n, 3n$ 이므로 $C(g)$ 의 양(mol)은 $5n$ 이다. 분자량은 분자 1 mol의 질량(g)에서 단위를 제거한 값이므로

$$\frac{B\text{의 분자량}}{C\text{의 분자량}} = \frac{\frac{3}{4}}{\frac{5}{4}} = \frac{3}{5}$$

07 보일·샤를 법칙

$PV=nRT$ 에서 기체의 온도가 일정할 때 $PV \propto n$ 이므로 (다)를 통해 $A(g) \sim C(g)$ 의 몰비가 $A : B : C = 2.5 : 2 : 1.5 = 5 : 4 : 3$ 임을 알 수 있다.

$$\textcircled{(다)} P \propto \frac{n}{V} \text{이므로 } \frac{P_2}{P_1} = \frac{\frac{3}{5}}{\frac{1}{1}} = \frac{3}{5}$$

⑥ 기체의 온도와 압력이 같을 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례한다. (나)에서 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 압력이 같으므로 $\frac{V_2}{V_1} = \frac{4}{5}$ 이다.

※ 분자량은 분자 1 mol의 질량(g)에서 단위를 제거한 값이므로

$$\frac{C\text{의 분자량}}{B\text{의 분자량}} = \frac{\frac{3w}{4}}{\frac{2w}{4}} = 2$$

08 이상 기체 방정식

Ⓐ 온도가 일정할 때 $PV=nRT$ 에서 $P \propto \frac{n}{V}$ 이므로 기체의 압력비는 용기 I : 용기 II = $\frac{3.5}{1} : \frac{1}{2} = 7 : 1$ 이다.

Ⓑ 수은 기둥을 누르는 기체의 압력은 (가)에서는 용기 II에 있는 기체, (나)에서는 용기 I, II에 있는 기체로부터 기인한다. 또한 $P \propto \frac{n}{V}$ 이고, 외부 압력이 76 cmHg로 일정하므로 (가)에서 수은 기둥을 누르는 기체의 압력은 76 cmHg - h cmHg, (나)에서 수은 기둥을 누르는 기체의 압력은 76 cmHg + h cmHg이다. 따라서 (가)와 (나)에서 수은 기둥을 누르는 기체의 압력비는 (가) : (나) = $\frac{w}{2} : \frac{4.5w}{3} = 76 \text{ cmHg} - h \text{ cmHg} : 76 \text{ cmHg} + h \text{ cmHg}$ 이므로 $h = 38$ 이다.

Ⓒ $PV=nRT$ 에서 $PV=\frac{w}{M}RT$ 이므로 $M=\frac{wRT}{PV}$ 이다. (가)의 용기 II 속의 A(g)의 질량은 w g이고, 압력은 76 cmHg - 38 cmHg = 38 cmHg = 0.5 atm이다. 따라서 A의 분자량 = $\frac{w \text{ g} \times 25 \text{ atm} \cdot \text{L/mol}}{0.5 \text{ atm} \times 2 \text{ L}} = 25w$ 이다.

09 보일·샤를 법칙

대기압이 76 cmHg이므로 B₂(g)의 압력 = 밀어 올린 수은 기둥의 압력(38 cmHg) + 대기압(76 cmHg) = 114 cmHg이다. 또한 A₂B(g)의 압력 = B₂(g)의 압력(114 cmHg) - 수은 기둥의 압력(38 cmHg) = 38 cmHg이다. $PV=nRT$ 에서 부피와 온도가 같을 때 $P \propto n$ 이므로 A₂B(g)의 양(mol) : B₂(g)의 양(mol) = 38 cmHg : 114 cmHg = 1 : 3이다. 또한 기체의 분자량 = $\frac{\text{기체의 질량(g)}}{\text{기체의 양(mol)}}$ 이므로 A₂B의 분자량 : B₂의 분자량 = $\frac{11w}{1} : \frac{24w}{3} = 11 : 8$ 이다. A의 원자량을 M_A, B의 원자량을 M_B라고 하면 $2M_A + M_B : 2M_B = 11 : 8$ 이므로 $7M_B = 8M_A$ 이다. 따라서 $\frac{M_B}{M_A} = \frac{8}{7}$ 이다.

10 기체의 부분 압력

Ⓐ 기체의 부분 압력은 혼합 기체의 전체 압력에 각 기체의 몰 분율을 곱한 값이므로 A(g)의 부분 압력 = $1 \text{ atm} \times \frac{1}{3} = \frac{1}{3} \text{ atm}$ 이다.

Ⓑ (나)에서 A(g)의 몰 분율이 $\frac{1}{3}$ 이므로 B(g)의 몰 분율은 $\frac{2}{3}$ 이다. 기체의 부분 압력은 혼합 기체의 전체 압력에 각 기체의 몰 분율을 곱한 값과 같으므로 (나)에서 B(g)의 부분 압력을 $\frac{2}{3} \text{ atm}$

이다. $PV=nRT$ 에서 기체의 양(mol)이 일정할 때 $P \propto \frac{T}{V}$

이므로 (가)에서의 B(g) 압력 : (나)에서의 B(g) 부분 압력 = $P : \frac{2}{3}$

$$= \frac{T}{1} : \frac{\frac{4}{2}}{2} \text{이다. 따라서 } P = \frac{16}{3} \text{이다.}$$

ⓧ (나)에서 A(g)의 부분 압력이 $\frac{1}{3} \text{ atm}$ 이고, $PV=nRT$ 에서 기체의 양(mol)이 일정할 때 $P \propto \frac{T}{V}$ 이므로 (가)에서의 A(g) 압력 : (나)에서의 A(g) 부분 압력 = $P_{(가), A} : \frac{1}{3} = \frac{T}{2} : \frac{4}{2}$ 이다. 따라서 $P_{(가), A} = \frac{4}{3} \text{ atm}$ 이다. (가)의 실린더에서 A(g)의 압력은 대기압(1 atm) + 추의 압력이므로 추 1개에 해당하는 압력은 $\frac{1}{3} \text{ atm}$ 이다.

11 보일 법칙

Ⓐ (가)에서 실린더 속 A(g)의 양(mol) + (나)에서 용기 속 A(g)의 양(mol) = (나)의 실린더와 용기 속 A(g)의 양(mol)이고, $PV=nRT$ 에서 온도가 일정할 때 기체의 양(mol) $n \propto PV$ 이므로 $P \text{ atm} \times 2 \text{ L} + 0.25 \text{ atm} \times 3 \text{ L} = 0.75 \text{ atm} \times 5 \text{ L}$ 이다. 따라서 $P = 1.5$ 이다.

Ⓑ 온도가 일정할 때 기체의 양(mol) $n \propto PV$ 이므로 (가)에서 실린더 속 A(g)의 양(mol) = $\frac{1.5 \times 2}{0.25 \times 3} = 4$ 이다.

Ⓒ $PV=nRT$ 에서 기체의 양(mol)과 온도가 일정할 때 기체의 부피 $V \propto \frac{1}{P}$ 이므로 (나)에서 고정 장치를 푼 후의 전체 부피 : (나)에서 고정 장치를 풀기 전 전체 부피 = $V_{(나), \text{고정 장치를 푼 후}} : V_{(나), \text{고정 장치를 풀기 전}} = \frac{1}{1} : \frac{1}{0.75} = 1 : \frac{1}{0.75}$ 이다. 따라서 $V_{(나), \text{고정 장치를 푼 후}} = 3.75$ 이다. 따라서 실린더의 부피는 전체 기체의 부피(3.75 L)에서 용기의 부피(3 L)를 뺀 0.75 L이다.

12 이상 기체 방정식과 기체의 부분 압력

ⓧ 반응이 완결된 후 C₂H₄(g)이 존재하므로 반응 전 C₂H₄(g)의 양을 a mol라고 하면 C₂H₄(g)의 연소 반응의 양적 관계는 다음과 같다.



반응 전(mol)	a	x		
반응(mol)	$-\frac{1}{3}x$	$-x$	$+\frac{2}{3}x$	$+\frac{2}{3}x$
반응 후(mol)	$a - \frac{1}{3}x$	0	$\frac{2}{3}x$	$\frac{2}{3}x$

반응 후 $C_2H_4(g)$ 의 부분 압력은 $\frac{1}{3} \text{ atm}$ 이므로 반응 후 $C_2H_4(g)$ 의 양은 $\frac{2}{3}x \text{ mol}$ 이고, a 는 x 이다.

④ $PV = nRT$ 에서 $P \propto \frac{nT}{V}$ 이므로 $P : 3$ (반응 전 $C_2H_4(g)$ 의 부분 압력) = $\frac{x \times T}{2} : \frac{x \times T}{1}$ 이다. 따라서 $P = \frac{3}{2}$ 이다.

⑤ $PV = nRT$ 에서 $T \propto \frac{PV}{n}$ 이므로 (반응 전 $O_2(g)$ 의 절대 온도) : (반응 후 전체 기체의 절대 온도) = $T : yT = \frac{\frac{3}{2} \times 2}{x} : \frac{1 \times 4}{2x}$ 이고, $y = \frac{2}{3}$ 이다.

13 보일·샤를 법칙과 기체의 분자량

① $PV = nRT$ 에서 두 기체의 온도가 같다면 기체의 양(mol) $n \propto PV$ 이므로 (나)에서 $A(g)$ 의 양(mol) : $B(g)$ 의 양(mol) = 3 : 2이다. 기체의 양(mol)은 (가)에서와 (나)에서가 같으므로 (가)에서 분자 수 비는 $A(g) : B(g) = 3 : 2$ 이다.

② 물질의 분자량은 분자 1 mol의 질량(g)에서 단위를 제거한

$$\text{값이므로 } \frac{B\text{의 분자량}}{A\text{의 분자량}} = \frac{\frac{4w}{2}}{\frac{3w}{3}} = 2 \text{이다.}$$

③ $PV = nRT$ 에서 $T \propto \frac{PV}{n}$ 이므로 $T_1 : T_2 = \frac{1}{3} : \frac{1}{2} = 2 : 3$ 이다.

14 이상 기체 방정식과 기체의 부분 압력

① $PV = nRT$ 에서 온도가 일정할 때 $n \propto PV$ 이므로 (가) 과정에서 용기 I에 들어 있는 $B(g)$ 의 양(mol) : (가) 과정에서 용기 II에 들어 있는 $A(g)$ 의 양(mol) = $n_{\text{용기 I}, B(g)} : 3 = 4 \times V : 3 \times 2V$ 이다. 따라서 용기 I에 들어 있는 $B(g)$ 의 양은 2 mol이다. (다) 과정 후 $A(g)$ 가 용기에 남아 있으므로 (나)에서는 $B(g)$ 가 모두 반응하고, 이때의 양적 관계는 다음과 같다.

(나) 과정	$A(g) + 2B(g) \longrightarrow cC(g)$
반응 전(mol)	3
반응(mol)	-1
반응 후(mol)	2

(다) 과정	$A(g) + 2B(g) \longrightarrow cC(g)$
반응 전(mol)	2
반응(mol)	-1
반응 후(mol)	1

$PV = nRT$ 에서 온도가 일정할 때 $n \propto PV$ 이므로 (다) 과정 후 $A(g)$ 의 양(mol)은 다음과 같이 구할 수 있다.

(가) 과정에서 용기 II에 들어 있는 $A(g)$ 의 양(mol) : (다) 과정 후 $A(g)$ 의 양(mol) = 3 : $n_{(\text{다}) \text{ 과정 후}, A(g)} = 3 \times 2V : 0.4 \times 5V$ 이다. 따라서 (다) 과정 후 $A(g)$ 의 양은 1 mol이고, 이때의 양적 관계는 다음과 같다.

(다) 과정	$A(g) + 2B(g) \longrightarrow cC(g)$
반응 전(mol)	2
반응(mol)	-1
반응 후(mol)	1

(다) 과정	$A(g) + 2B(g) \longrightarrow cC(g)$
반응 전(mol)	x
반응(mol)	-2
반응 후(mol)	0

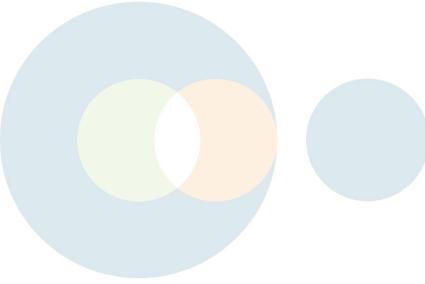
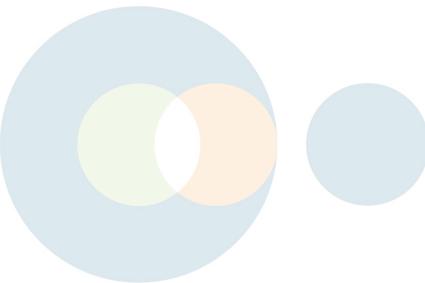
이를 통해 $x=2$ 임을 알 수 있다.

☒ (나) 과정 후 C의 몰 분율은 용기 II에서와 용기 III에서가 같았다는 것을 이용하면 $\frac{c}{c+2} = \frac{1}{x+1}$ 이고, $c=1$ 이다.

④ $PV = nRT$ 에서 온도가 일정할 때 $P \propto \frac{n}{V}$ 이므로 (다) 과정 후 $C(g)$ 의 부분 압력은 다음과 같이 구할 수 있다.

(가) 과정에서 용기 II에 들어 있는 $A(g)$ 의 압력 : (다) 과정 후 $C(g)$ 의 부분 압력 = 3 : $P_{(\text{다}) \text{ 과정 후}, C(g)} = \frac{3}{2V} : \frac{3}{5V}$

따라서 (다) 과정 이후 $C(g)$ 의 부분 압력은 $\frac{6}{5} \text{ atm}$ 이다.



02 액체와 고체

수능 2점 테스트

본문 34~36쪽

- 01 ④ 02 ④ 03 ③ 04 ② 05 ① 06 ③
07 ⑤ 08 ① 09 ⑤ 10 ⑤ 11 ④ 12 ③

01 H₂O의 밀도와 수소 결합

물이 얼 때 수소 원자와 이웃한 분자의 산소 원자가 강한 정전기적 인력인 수소 결합을 형성한다. 이때 빈 공간이 있는 결정을 형성하여 부피가 증가하고 밀도가 감소하여 얼음이 물 위에 뜬다.

02 분자 사이의 힘

- ⓧ 4°C에서 물의 밀도는 1 g/mL로 클립보다 밀도가 작다. 따라서 클립이 물 위에 떠 있는 이유는 밀도 차이에 의한 현상이 아니다.
 ⑨ 표면 장력은 액체의 표면적을 단위 면적만큼 증가시키는 데 필요한 에너지로 표면 장력이 큰 물은 표면적을 최소화하려는 경향이 있다. 클립이 물보다 밀도가 크지만 물의 표면 장력에 의해 물에 가라앉지 않고 떠 있을 수 있다.
 ⑩ 물방울의 표면에 있는 물 분자들은 물방울 중심 방향으로 더 큰 힘을 받으면서 구형을 이룬다. 물은 강한 표면 장력에 의해 상대적으로 표면 장력이 작은 액체에 비해 더욱 둥근 방울을 만든다.

03 분자 사이의 힘

- ⑦ 분산력은 모든 분자 사이에 작용하는 힘이다.
 ⓧ 공유 결합은 원자 사이의 결합이다.
 ⑨ HBr는 분자를 구성하는 입자 사이 결합의 쌍극자 모멘트 합이 0이 아닌 쌍극자이므로 HBr(l)의 분자 사이에는 쌍극자·쌍극자 힘이 존재한다.

04 H₂O의 밀도와 단위 부피당 분자 수

H₂O(l)이 H₂O(s)이 될 때 수소 원자와 이웃한 분자의 산소 원자가 강한 정전기적 인력인 수소 결합을 통해 빈 공간이 있는 결정을 형성하므로 부피가 증가한다.

- ⓧ (가)는 물 분자들이 결정을 형성하였으므로 H₂O(s)이다.
 ⑨ 결합 A는 물 분자 사이의 결합인 수소 결합이다.
 ⓧ 밀도 = $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이고, H₂O(s)은 결정을 형성하며 부피가 증가하였기 때문에 밀도는 (나)(H₂O(l)) > (가)(H₂O(s))이다.

05 탄소 화합물의 분자 사이의 힘

- ⑦ 분산력은 모든 분자 사이에 작용하는 분자 사이의 힘이다.
 ⓧ 쌍극자·쌍극자 힘은 극성 분자 사이에 작용하는 힘이다. CH₄은 분자 내 결합의 쌍극자 모멘트 합이 0인 무극성 분자이므로 CH₄(l)에서는 쌍극자·쌍극자 힘이 작용하지 않는다.
 ⓧ 수소 결합은 F, O, N 원자에 결합된 H 원자를 갖는 분자 사이에 존재하는 결합이므로 CH₂O(l)에는 수소 결합이 존재하지 않는다.

06 증기 압력

- ⑦ 충분한 시간이 흐른 후인 (나)는 H₂O(l)의 증발 속도와 H₂O(g)의 응축 속도가 같아 각 물질의 총량이 변하지 않는 동적 평형 상태이다.
 ⑨ 단한 용기에서 액체 표면의 증발 속도와 증기의 응축 속도가 같아져 동적 평형 상태가 되면 증기의 양이 일정하게 유지된다. 이때의 압력을 증기 압력이라고 하므로 50°C에서 H₂O(l)의 증기 압력은 92.0 mmHg이다.
 ⓧ 액체의 온도가 높아지면 분자의 평균 운동 에너지가 증가하고 액체 표면의 증발 속도가 증가한다. 따라서 80°C에서 H₂O(l)의 증기 압력은 50°C의 증기 압력인 92.0 mmHg보다 크다.

07 증기 압력 곡선

- ⑦ 증기 압력 그래프의 t°C, 500 mmHg에 해당하는 영역에서 (가)는 기체 상이 (나)는 액체 상이 각각 안정한 상이다. 따라서 (나)는 A이고, (가)는 B이다.
 ⑨ 기준 끓는점은 증기 압력 곡선에서 760 mmHg에 해당하는 온도이므로 기준 끓는점은 (나)(A) > (가)(B)이다.
 ⑨ 분자 사이의 인력이 클수록 같은 온도에서 증기 압력이 작다. t°C에서 증기 압력은 B > A이므로 분자 사이의 인력은 A(l) > B(l)이다.

08 증기 압력

- ⑦ 100°C, 1 atm은 B의 증기 압력 곡선 상의 점이고, 분자 사이의 인력은 B(l) > A(l)이므로 1 atm에서 A(l)는 100°C보다 낮은 온도에서 끓는점에 도달한다. 따라서 100°C, 1 atm에서 A의 안정한 상은 기체이다.
 ⓧ 기준 끓는점은 증기 압력 곡선에서 1 atm에 해당하는 온도이고, 분자 사이의 인력이 B(l) > A(l)이므로 기준 끓는점은 B(l) > A(l)이다.
 ⓧ 온도에 따른 증기 압력 곡선이 교차하지 않고, 분자 사이의 인력이 B(l) > A(l)이므로 50°C에서의 증기 압력은 A(l) > B(l)이다.

09 물의 상변화

- Ⓐ $t_2^\circ\text{C}$ 는 물의 끓는점보다 높은 온도이므로 $t_2^\circ\text{C}$ 에서 H_2O 의 안정한 상은 기체이다.
- Ⓑ 비열은 물질 1 g을 1°C 올리는 데 필요한 열량이므로 그래프에서 기울기의 역수에 비례한다. 따라서 비열은 $\text{H}_2\text{O}(l) > \text{H}_2\text{O}(g)$ 이다.
- Ⓒ $t_1^\circ\text{C}$ 는 물이 끓는점에 도달하기 전 온도이고, 물은 증기 압력이 1 atm에 도달했을 때 끓으므로 $t_1^\circ\text{C}$ 에서 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 증기 압력은 1 atm보다 작다.

10 고체의 분류

고체는 결정성 고체와 비결정성 고체로 분류할 수 있다. 결정성 고체는 흑연, 다이아몬드 등 고체를 이루는 원자, 이온, 분자 등이 규칙적으로 배열되어 있는 고체이며 비결정성 고체는 유리, 옛, 고무 등 고체를 이루는 원자, 이온, 분자 등이 불규칙적으로 배열되어 있는 고체이다. 공유 결합으로 형성된 결정은 원자(공유) 결정과 분자 결정으로 나눌 수 있다. A는 원자 결정으로 구성 원자들이 모두 공유 결합에 의해 그물처럼 복잡하게 배열되어 이루어진 결정이며 다이아몬드나 석영 등이 있다. B는 분자 결정으로 결정을 구성하는 입자들이 분자 사이에 작용하는 힘에 의해 규칙적으로 배열되어 있는 결정이며 드라이아이스, 얼음 등이 있다.

11 금속의 결정 구조와 금속 결정

- ⓧ $\text{Na}(s)$ 의 결정 구조는 정육면체의 8개의 꼭짓점과 세포 중심에 각각 동일한 입자가 배열된 체심 입방 구조이다.
- Ⓐ $\text{Na}(s)$ 의 단위 세포에 포함된 원자 수는 1(단위 세포의 중심에 있는 입자 수) + $(\frac{1}{8} \times 8)$ (단위 세포의 꼭짓점에 있는 입자 수) = 2이다.
- Ⓒ 금속 결합을 하는 물질인 Na은 결정 속에서 자유롭게 움직이는 자유 전자의 영향으로 전성과 연성이 있다.

12 금속 결정과 분자 결정, 이온 결정

- Ⓐ $\text{A}(s)$ 는 금속 양이온과 자유 전자 사이의 정전기적 인력으로 결합되어 이루어진 결정인 금속 결정이다.
- Ⓑ $\text{Cl}_2(s)$ 는 Cl_2 분자가 분자 사이에 작용하는 힘에 의해 규칙적으로 배열되어 있는 분자 결정이다.
- ⓧ $\text{ACl}(s)$, $\text{A}(s)$, $\text{Cl}_2(s)$ 중 전기 전도성은 금속 결정인 $\text{A}(s)$ 가 가장 크다.

수능 3점 테스트

본문 37~43쪽

- 01 ④ 02 ③ 03 ③ 04 ⑤ 05 ① 06 ②
07 ④ 08 ② 09 ④ 10 ⑤ 11 ③ 12 ⑤
13 ⑤ 14 ①

01 분자 사이의 힘

물질의 끓는점에 영향을 주는 분자 사이의 힘으로는 분산력, 쌍극자·쌍극자 힘, 수소 결합 등이 있다.

ⓧ 분산력은 일반적으로 분자량이 큰 분자가 크고, 쌍극자·쌍극자 힘은 극성 분자에서가 무극성 분자에서보다 크므로 기준 끓는점은 (다)가 (가)보다 크다. 따라서 Ⓡ은 50보다 작다.

Ⓑ 분산력은 모든 분자 사이에 작용하는 분자 간의 힘이다.

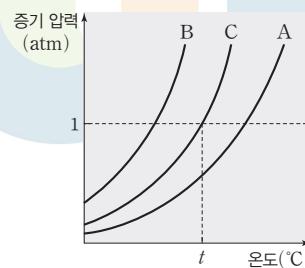
Ⓒ F, O, N 원자에 결합된 H 원자를 갖는 분자 사이에는 수소 결합이 존재하므로 (나)에는 수소 결합이 존재한다. 분자량은 (다)가 (나)보다 크므로 분산력은 (다)가 (나)보다 크다. 그럼에도 기준 끓는점이 (나)가 (다)보다 큰 주된 이유는 (나)의 수소 결합으로 설명할 수 있다.

02 비열과 기준 끓는점

물질 1 g의 온도를 1°C 올리는 데 필요한 열량을 비열이라고 한다. 가한 열량에 따른 물질의 온도 변화를 나타낸 그래프에서 직선의 기울기는 비열의 크기에 반비례하므로 끓는점에 도달하기 전까지 가열 곡선의 기울기는 $\text{A}(l) > \text{H}_2\text{O}(l)$ 이다. 또한 기준 끓는점에서는 물질이 흡수한 열량이 물질의 상태를 변화시키는 데 이용되므로 물질의 온도 변화가 없고, 기준 끓는점은 $\text{H}_2\text{O}(l) > \text{A}(l)$ 이므로 그래프의 기울기가 변하는 지점은 A(l)가 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 보다 아래에 있어야 한다. 따라서 가장 적절한 그래프는 ③이다.

03 증기 압력 곡선

주어진 자료를 이용하여 A~C의 증기 압력을 대략적으로 그려 보면 다음과 같다.



- Ⓐ 기준 끓는점은 물질의 증기 압력이 1 atm일 때의 온도이므로 A의 기준 끓는점은 $t^\circ\text{C}$ 보다 높다.

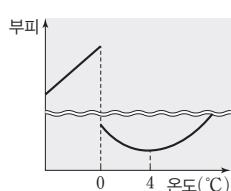
- ☒. 분자 사이의 인력이 클수록 증기 압력이 외부 압력과 같아지기 위해 많은 열에너지가 필요하므로 끓는점이 높아진다. 따라서 기준 끓는점이 $C > B$ 이므로 분자 사이의 인력은 $C(l) > B(l)$ 이다.
- ㉡. 1 atm에서 $t^{\circ}\text{C}$ 는 B의 기준 끓는점보다 높은 온도이므로 B의 안정한 상은 기체이다.

04 표면 장력

- ㉠. 표면 장력은 액체의 표면적을 단위 면적만큼 증가시키는 데 필요한 에너지로 표면 장력이 큰 액체는 표면적을 최소화하려는 경향 때문에 액체 방울의 모양이 구형에 가깝다. 가설이 옳으므로 25°C 에서 물은 에탄올보다 표면 장력이 크다. 따라서 (가)는 물이다.
- ㉡. 표면 장력이 큰 액체는 내부의 액체가 가장자리의 액체를 강하게 잡아당길 수 있다. 이는 표면 장력이 큰 액체일수록 더 많은 클립을 넣어도 쉽게 넘치지 않음을 의미한다. 따라서 액체가 넘치기 시작할 때까지 넣은 클립의 수가 더 많은 액체는 표면 장력이 더 큰 물이므로 $a > b$ 이다.
- ㉢. 소금쟁이가 물 위를 떠 다닐 수 있는 이유는 물의 표면 장력으로 인해 물 표면이 막처럼 작용하기 때문이다.

05 물의 밀도와 수소 결합

물이 얼 때 수소 원자와 이웃한 분자의 산소 원자는 강한 정전기적 인력인 수소 결합을 형성한다. 이때 빙 공간이 있는 결정을 형성하여 부피가 증가하고 밀도가 감소한다. 따라서 부피는 0°C 의 얼음이 0°C 의 물보다 크다. 또 밀도 = $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이므로 H_2O 의 온도에 따른 부피의 그래프는 다음과 같다.



06 분자 사이의 힘과 증기 압력 곡선

- ☒. 20°C 에서 X의 증기 압력 + $h \text{ mmHg} = Y$ 의 증기 압력이므로 20°C 에서 $Y(l)$ 가 $X(l)$ 보다 쉽게 기화할 수 있다. 따라서 분자 사이의 인력은 $X(l) > Y(l)$ 이다.
- ㉡. 20°C 에서 증기 압력은 $Y(l) > X(l)$ 이므로 ㉠은 $Y(l)$, ㉡은 $X(l)$ 이다. 20°C 에서 X의 증기 압력 + $h \text{ mmHg} = Y$ 의 증기 압력이므로 $b \text{ mmHg} + h \text{ mmHg} = a \text{ mmHg}$ 이며, $h = a - b$ 이다.
- ☒. $X(l)$ 는 ㉡이고, $a \text{ mmHg}$ 에서 20°C 의 X는 아직 끓는점에 도달하기 전이므로 X의 안정한 상은 액체이다.

07 물질의 기준 끓는점과 분자량

- ☒. 물질의 끓는점은 분자 사이의 쌍극자·쌍극자 힘이 클수록, 분산력이 클수록 높다. 분자량이 가장 작은 $A(l)$ 의 기준 끓는점이 가장 높으므로 A는 극성 분자이다. 따라서 A는 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다.
- ㉡. 분자 사이의 인력이 클수록 기준 끓는점이 높으므로 분자 사이의 인력은 $C(l) > B(l)$ 이다.
- ㉢. $t^{\circ}\text{C}$ 는 $B(l)$ 의 기준 끓는점보다 높은 온도이지만 $A(l)$ 의 기준 끓는점보다 낮은 온도이므로 $B(l)$ 의 증기 압력은 1 atm보다 크고, $A(l)$ 의 증기 압력은 1 atm보다 작다. 따라서 $t^{\circ}\text{C}$ 에서의 증기 압력은 $B(l) > A(l)$ 이다.

08 기준 끓는점과 쌍극자 모멘트

- 물질의 끓는점에 영향을 주는 분자 사이의 힘으로는 분산력, 쌍극자·쌍극자 사이의 힘, 수소 결합 등이 있다.
- ☒. 쌍극자 모멘트는 HCl 가 Cl_2 보다 크지만 기준 끓는점은 Cl_2 가 HCl 보다 크므로 가설은 옳지 않다.
- ☒. 수소 결합은 F, O, N 원자에 결합된 H 원자를 갖는 분자 사이에 존재하는 결합이다. Cl_2 가 HCl 보다 기준 끓는점이 높은 이유는 분산력 때문이다.
- ㉡. 분산력은 모든 분자 사이에 작용하는 분자 간의 힘이고 분자량이 클수록 크다. 따라서 Cl_2 가 H_2 보다 기준 끓는점이 높은 이유는 분산력 때문이다.

09 기체의 압력과 끓는점

$$\text{☒. } PV = nRT \text{에서 } P = \frac{nRT}{V} \text{이므로 실린더 속 He의 압력 } (P_{\text{He}}) = \frac{\frac{0.04 \text{ g}}{4 \text{ g/mol}} \times 25 \text{ atm} \cdot \text{L/mol}}{1 \text{ L}} = 0.25 \text{ atm} \text{이다.}$$

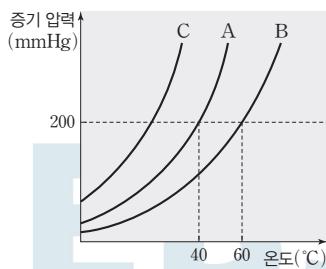
0.25 atm 은 190 mmHg 이므로 $T \text{ K}$ 에서 X의 증기 압력(190 mmHg) + $h \text{ mmHg} = 760 \text{ mmHg}$ 이다. 따라서 $h = 760 - 190 = 570$ 이다.

- ㉡. 외부 압력과 물질의 증기 압력이 같을 때의 온도가 액체의 끓는점이고, $T \text{ K}$ 에서 X의 증기 압력이 190 mmHg 이므로 $T \text{ K}$ 보다 높은 온도에서 X는 외부 압력인 380 mmHg 와 같은 증기 압력을 나타내며 끓을 수 있다. 따라서 외부 압력이 380 mmHg 일 때 $X(l)$ 의 끓는점은 $T \text{ K}$ 보다 높다.

- ㉢. $h = 0$ 일 때 X의 증기 압력은 $760 \text{ mmHg} = 1 \text{ atm}$ 이다.
- $PV = nRT$ 에서 기체의 온도와 양이 일정할 때, $V \propto \frac{1}{P}$ 이므로 $1 \text{ L} : V_{\text{He}, \text{X의 온도 변화 후}} = \frac{1}{190 \text{ mmHg}} : \frac{1}{760 \text{ mmHg}}$ 이다.
- 따라서 $V_{\text{He}, \text{X의 온도 변화 후}} = \frac{1}{4} \text{ L}$ 이다.

10 물질의 증기 압력과 기준 끓는점

기준 끓는점은 $A(l) > C(l)$ 이므로 $A(l) \sim C(l)$ 의 증기 압력 곡선을 대략적으로 그려 보면 다음과 같다.



① 온도가 같을 때 물질의 증기 압력은 물질을 이루는 분자 사이의 인력이 작을수록 크므로 분자 사이의 인력은 $B(l) > A(l)$ 이다.

② 온도가 같을 때 증기 압력은 $C(l) > A(l)$ 이므로 80°C 에서 C의 증기 압력은 200 mmHg보다 크다.

③ 200 mmHg에서 40°C는 C(l)의 끓는점보다 높은 온도이므로, 이때 C의 안정한 상은 기체이다.

11 고체의 결정 구조

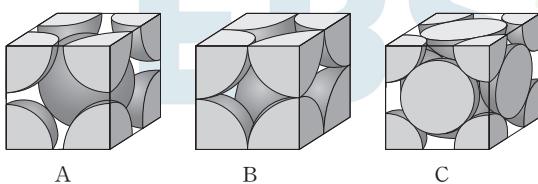
① (가)는 입방 구조의 중심에 원자가 위치한 체심 입방 구조이다.

② 체심 입방 구조인 (가)의 단위 세포에 포함된 입자 수는 $\frac{1}{8} \times 8(\text{꼭짓점의 입자 수}) + 1(\text{중심의 입자 수}) = 2$ 이고, 면심 입방 구조인 (나)의 단위 세포에 포함된 입자 수는 $\frac{1}{8} \times 8(\text{꼭짓점의 입자 수}) + \frac{1}{2} \times 6(\text{면의 입자 수}) = 4$ 이다. 따라서 단위 세포의 질량은 (나)가 (가)의 2배이고 $b=2a$ 이다.

✖ (가)에 포함된 입자 수는 2이고 단위 세포의 질량은 a 이며, Fe의 원자량은 Fe 원자 1 mol의 질량과 같으므로 $2 : a = 6 \times 10^{23} : \text{Fe의 원자량}$ 이다. 따라서 Fe의 원자량은 $(3 \times 10^{23}) \times a$ 이다.

12 결정 구조와 단위 세포

A~C의 결정 구조는 각각 다음과 같다.



✖ A의 결정 구조는 입방 구조의 중심에 원자가 위치한 체심 입방 구조이다.

② 단순 입방 구조인 B의 단위 세포에 포함된 입자 수는 $\frac{1}{8} \times 8(\text{꼭짓점의 입자 수}) = 1$ 이다.

③ C의 결정 구조는 정육면체의 각 면의 중심과 정육면체의 꼭짓점에 입자가 위치한 면심 입방 구조이다.

13 결정 구조와 단위 세포

① A는 정육면체의 8개의 꼭짓점과 6개의 면 중심에 입자가 배열된 면심 입방 구조이다.

② B의 단위 세포에 포함된 원자 수는 $\frac{1}{8} \times 8(\text{꼭짓점의 원자 수}) + 1(\text{중심의 원자 수}) = 2$ 이다.

③ 면심 입방 구조인 A의 단위 세포에 포함된 원자 수는 $\frac{1}{8} \times 8(\text{꼭짓점의 원자 수}) + \frac{1}{2} \times 6(\text{면의 원자 수}) = 4$ 이다. 단위 세포의 질량비가 $A : B = 28 : 15$ 이고, 각 단위 세포에 존재하는 입자 수의 비가 $A : B = 4 : 2 = 2 : 1$ 이므로 원자량의 비는 $A : B = x : 15 = \frac{28}{2} : \frac{15}{1} = 14 : 15$ 이다. 따라서 $x = 14$ 이다.

14 기준 끓는점

① 기준 끓는점은 물질의 증기 압력이 76 cmHg에 도달했을 때의 온도이다. $t^{\circ}\text{C}$ 에서 $A(l)$ 의 증기 압력 = $(76 - 38) \text{ cmHg} = 38 \text{ cmHg}$ 이므로 $A(l)$ 의 기준 끓는점은 $t^{\circ}\text{C}$ 보다 높다.

✖ 증기 압력은 닫힌 용기에 들어 있는 액체 표면의 증발 속도와 증기의 응축 속도가 같은 동적 평형 상태에서 증기가 나타내는 압력이다. (나)에서 B는 $t^{\circ}\text{C}$ 에서 $B(g)$ 의 압력이 $B(l)$ 의 증기 압력에 도달한 순간, $B(l)$ 가 모두 기화하여 $B(g)$ 만 존재하는 상태이거나, $B(g)$ 의 압력이 $B(l)$ 의 증기 압력에 도달하기 전 $B(l)$ 가 모두 $B(g)$ 로 기화한 상태이다. 따라서 $t^{\circ}\text{C}$ 에서 $B(l)$ 의 증기 압력은 $(38 - h) \text{ cmHg}$ 이거나 $(38 - h) \text{ cmHg}$ 보다 크다.

✖ 증기 압력은 액체의 양이 아니라 온도에 영향을 받으므로 (가)에 $A(l)$ 를 추가하여도 증기 압력은 변화 없다.

03 용액

수능 2점 테스트

본문 55~58쪽

- | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|
| 01 ⑤ | 02 ② | 03 ④ | 04 ③ | 05 ③ | 06 ② |
| 07 ⑤ | 08 ④ | 09 ⑤ | 10 ① | 11 ⑤ | 12 ⑤ |
| 13 ② | 14 ① | 15 ① | 16 ⑤ | | |

01 용액의 농도

$$\text{퍼센트 농도} (\%) = \frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용액의 질량(g)}} \times 100$$

$$\text{용질의 몰 분율} = \frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용질의 양(mol)} + \text{용매의 양(mol)}}$$

$$\text{몰랄 농도} (m) = \frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 질량(kg)}}$$

◎ 10% NaOH(aq) 400 g에 녹아 있는 NaOH의 질량은 $400 \text{ g} \times \frac{10}{100} = 40 \text{ g}$ 이다.

◎ 수용액에 녹아 있는 NaOH의 양은 $\frac{40 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 1 \text{ mol}$ 이고, 수용액에 들어 있는 물의 양은 $\frac{360 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} = 20 \text{ mol}$ 이므로 NaOH의 몰 분율은 $\frac{1 \text{ mol}}{1 \text{ mol} + 20 \text{ mol}} = \frac{1}{21}$ 이다.

◎ 몰랄 농도는 $\frac{1 \text{ mol}}{\frac{360}{1000} \text{ kg}} = \frac{25}{9} \text{ mol/kg}$ 이다.

02 용액의 농도

$$\text{몰랄 농도} (m) = \frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 질량(kg)}}$$

$$\text{퍼센트 농도} (\%) = \frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용액의 질량(g)}} \times 100$$

$$\text{몰 농도} (M) = \frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$$

1 m NaOH(aq)은 물 1000 g에 NaOH 40 g이 녹아 있으므로 1 m NaOH(aq) x g에는 NaOH이 $x \text{ g} \times \frac{40}{1040} = \frac{1}{26}x \text{ g}$ 이 녹아 있다. 20% NaOH(aq) 50 g에는 NaOH이 $50 \text{ g} \times \frac{20}{100} = 10 \text{ g}$ 녹아 있다. 1 M NaOH(aq) 500 mL에는 NaOH이 $1 \text{ M} \times 0.5 \text{ L} \times 40 \text{ g/mol} = 20 \text{ g}$ 녹아 있으므로 $\frac{1}{26}x \text{ g} + 10 \text{ g} = 20 \text{ g}$ 에서 $x = 260$ 이다.

03 ppm 농도

ppm 농도(ppm) $\approx \frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용액의 질량(g)}}$ 이다. (가)~(다)를 모두 혼합한 용액의 질량은 (가)의 질량의 6($= \frac{w+2w+3w}{w}$)배이고,

(가)~(다)를 모두 혼합한 용액에 녹아 있는 A의 질량은 (가)에 녹아 있는 A의 질량의 14($= \frac{aw+2a \times 2w+3a \times 3w}{aw}$)배이므로 (가)~(다)를 모두 혼합한 용액의 ppm 농도는 (가)의 ppm 농도의 $\frac{14}{6} = \frac{7}{3}$ 배이다. 따라서 (가)~(다)를 모두 혼합한 용액의 ppm 농도는 $\frac{7}{3}a$ ppm이다.

04 묽은 용액의 총괄성

묽은 용액의 증기 압력 내림, 어는점 내림, 삼투압은 모두 용액의 농도가 진할수록 크므로 묽은 용액의 농도가 진할수록 증기 압력은 작고 어는점은 낮으며, 삼투압은 크다. (나)는 (가)에 물을 추가해서 만든 용액이므로 농도는 (가) > (나)이다. 따라서 증기 압력은 (나) > (가)이고 어는점은 (나) > (가)이며, 삼투압은 (가) > (나)이다.

05 몰랄 농도

몰랄 농도(m) = $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 질량(kg)}}$ 이다. A의 양(mol)은 (나)가 (가)의 2배이며, 몰랄 농도(m)도 (나)가 (가)의 2배이므로 물의 질량은 (가)와 (나)가 같다. (가)와 (나)에 들어 있는 물의 질량을 W g, (가)에 들어 있는 A의 질량을 w g이라고 할 때, (가)에서 $w+W=106$, (나)에서 $2w+W=112$ 이므로 $w=6$, $W=100$ 이다. (가)에서 물의 질량이 100 g이며, (가)의 몰랄 농도가 1 mol이므로 (가)에 녹아 있는 A의 양은 0.1 mol이다. 따라서 $a=0.1$ 이다. 또한 (가)에서 A 0.1 mol의 질량이 6 g이므로 A의 화학식량은 60이다.

06 용액의 삼투압

삼투압 = 물 농도 \times 기체 상수 \times 절대 온도이므로 삼투압은 물 농도와 절대 온도에 비례한다. 물 농도(M) = $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$

이므로 물 농도는 용질의 양(mol)에 비례하고, 용액의 부피에 반비례한다. 따라서 삼투압은 용질의 양(mol)과 절대 온도에 비례하고, 용액의 부피에 반비례한다.

$\frac{\text{용질의 양(mol)} \times \text{절대 온도(K)}}{\text{용액의 부피(L)}}$ 는 (가)에서 $\frac{0.01 \times 300}{0.1}$, (나)

에서 $\frac{0.02 \times 310}{0.2}$, (다)에서 $\frac{0.03 \times 320}{0.4}$ 이므로 (나) > (가) > (다)

이다. 따라서 삼투압(atm)은 (나) > (가) > (다)이므로 $P_2 > P_1 > P_3$ 이다.

07 용액의 농도

$$\text{몰랄 농도}(m) = \frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 질량(kg)}}$$

$$\text{퍼센트 농도}(\%) = \frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용액의 질량(g)}} \times 100$$

$$\text{용질의 몰 분율} = \frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용질의 양(mol)} + \text{용매의 양(mol)}}$$

① 몰랄 농도는 용질의 양(mol)에 비례하고, 용매의 질량에 반비례한다. A의 양(mol)은 (가)가 (나)의 2배이고, 물의 질량은 (가)가 (나)의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 몰랄 농도는 (가)가 (나)의 4배이다.

② 퍼센트 농도는 용질의 질량에 비례하고, 용액의 질량에 반비례한다. A의 질량은 (가)가 (나)의 2배이고, 용액의 질량은 (가)가 (나)의 $\frac{1}{2}$ 배보다 크므로 퍼센트 농도는 (가)가 (나)의 4배보다 작다.

③ 용질의 몰 분율은 용질의 양(mol)에 비례하고, 용질의 양(mol)과 용매의 양(mol)의 합에 반비례한다. (가)에서 A의 양을 n mol, 물의 양을 m mol이라고 할 때 A의 양(mol)과 물의 양(mol)의 합은 (가)(= $n+m$)가 (나)(= $\frac{1}{2}n+2m$)의 $\frac{1}{2}$ 배보다 크다. A의 양(mol)은 (가)가 (나)의 2배이고, A의 양(mol)과 물의 양(mol)의 합은 (가)가 (나)의 $\frac{1}{2}$ 배보다 크므로 A의 몰 분율은 (가)가 (나)의 4배보다 작다.

08 용액의 농도

$$\text{퍼센트 농도}(\%) = \frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용액의 질량(g)}} \times 100$$

$$\text{몰랄 농도}(m) = \frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 질량(kg)}}$$

ⓧ A의 질량은 (나)가 (가) 10 g과 같고, 용액의 질량은 (나)(= 110 g)가 (가) 10 g의 11배이다. 따라서 퍼센트 농도는 (나)가 (가)의 $\frac{1}{11}$ 배이므로 (나)의 퍼센트 농도는 $\frac{1}{11}a\%$ 이다.

ⓨ A의 질량은 (다)가 (가) 10 g과 같고, 용액의 질량은 (다)(= 100 g)가 (가) 10 g의 10배이므로 퍼센트 농도는 (다)가 (가)의 0.1배이다. 따라서 (다)의 퍼센트 농도는 0.1a%이다. A의 질량은 (라)가 (가) 10 mL와 같고, (가) 10 mL의 질량은 10d g이므로 용액의 질량은 (라)(= 100d g)가 (가) 10d g의 10배이다. 따라서 퍼센트 농도는 (라)가 (가)의 $\frac{1}{10}$ 배이므로 (라)의 퍼센트 농도는 0.1a%이다. (다)와 (라) 모두 0.1a% 용액이므로 퍼센트 농도는 (다)와 (라)가 같다.

ⓩ (나)와 (라)의 퍼센트 농도가 각각 $\frac{a}{11}\%$, $\frac{a}{10}\%$ 이므로 (나)와 (라) 용액 100 g당 들어 있는 A의 질량은 각각 $\frac{a}{11}$ g, $\frac{a}{10}$ g

이다. 용액 100 g당 들어 있는 A의 질량은 (나) < (라)이고, 용액 100 g당 들어 있는 물의 질량은 (나) > (라)이므로 용액 100 g당 들어 있는 $\frac{\text{A의 질량}}{\text{물의 질량}}$ 은 (나) < (라)이다. 같은 질량의 물에 녹아 있는 A의 질량이 (라)가 (나)보다 크므로 몰랄 농도는 (라)가 (나)보다 크다.

09 용액의 농도

$$\text{몰랄 농도}(m) = \frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 질량(kg)}}$$

$$\text{몰 농도}(M) = \frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$$

⓪ (가)에 녹아 있는 NaOH의 양은 $\frac{4 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ mol}$ 이므로 (가)의 몰랄 농도는 $\frac{0.1 \text{ mol}}{0.1 \text{ kg}} = 1 \text{ m}$ 이다.

⓫ NaOH의 질량은 (가)와 (나)가 같으나 물의 질량은 (가) > (나)이므로 몰랄 농도는 (나) > (가)(= 1 m)이다.

⓬ (가)에 녹아 있는 NaOH의 양은 0.1 mol이고, 용액의 부피 (= 104 mL)가 0.1 L보다 크므로 (가)의 몰 농도는 1 M보다 작다.

10 용액의 농도

$$\text{퍼센트 농도}(\%) = \frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용액의 질량(g)}} \times 100$$

$$\text{몰랄 농도}(m) = \frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 질량(kg)}}$$

$$\text{용질의 몰 분율} = \frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용질의 양(mol)} + \text{용매의 양(mol)}}$$

ⓦ 용액의 질량은 (가)와 (나)가 같고 퍼센트 농도는 (나)가 (가)의 2배이므로 A의 질량은 (나)가 (가)의 2배이다.

ⓧ A의 질량은 (나)가 (가)의 2배이고, 물의 질량은 (나) < (가)이므로 몰랄 농도는 (나)가 (가)의 2배보다 크다.

ⓩ 용액의 질량은 (가)와 (나)가 같으므로 A의 질량이 (나)가 (가)보다 x g만큼 크다고 할 때, 물의 질량은 (나)가 (가)보다 x g만큼 작다. 따라서 A의 양은 (나)가 (가)보다 $\frac{x}{\text{A의 화학식량}}$ mol만큼

크고, 물의 양은 (나)가 (가)보다 $\frac{x}{\text{H}_2\text{O의 화학식량}}$ mol만큼 작다.

화학식량은 $A > \text{H}_2\text{O}$ 이므로 A의 양(mol)과 물의 양(mol)의 합은 (가) > (나)이다. A의 양(mol)은 (나)가 (가)의 2배이고, A의 양(mol)과 물의 양(mol)의 합은 (나)가 (가)보다 작으므로 A의 몰 분율($= \frac{\text{A의 양(mol)}}{\text{A의 양(mol)} + \text{물의 양(mol)}}$)은 (나)가 (가)의 2배보다 크다.

11 용액의 농도

$$\text{몰 농도}(M) = \frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$$

$$\text{퍼센트 농도}(\%) = \frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용액의 질량(g)}} \times 100$$

$$\text{몰랄 농도}(m) = \frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 질량(kg)}}$$

◎. (가)의 몰 농도를 x M라고 할 때, $aV + 2aV = x \times 2V$ 이므로 $x = 1.5a$ 이다. 따라서 (가)의 몰 농도는 $1.5a$ M이다.

◎. 퍼센트 농도는 용질의 질량에 비례하고, 용액의 질량에 반비례한다. (나)에서 혼합 전 두 용액의 질량이 같으므로 A의 질량은 $2a\% A(aq)$ 이 $a\% A(aq)$ 의 2배이다. 용액의 질량은 (나)가 $a\% A(aq)$ 의 2배이고, A의 질량은 (나)가 $a\% A(aq)$ 의 3배이므로 (나)의 퍼센트 농도는 $a\% \times \frac{3}{2} = 1.5a\%$ 이다.

◎. $2a m A(aq)$ 이 $a m A(aq)$ 보다 농도가 진하므로 용액 $w g$ 에 들어 있는 A의 질량은 $2a m A(aq)$ 이 $a m A(aq)$ 보다 크고, 반대로 용액에 들어 있는 물의 질량은 $2a m A(aq) w g$ 이 $a m A(aq) w g$ 보다 작다. 따라서 (다)에 들어 있는 물의 질량은 $2a m A(aq) w g$ 에 들어 있는 물의 질량의 2배보다 크다.

12 용액의 증기 압력 내림

용액의 증기 압력($P_{\text{용액}}$)은 용매의 증기 압력($P_{\text{용매}}$)과 용매의 몰 분율($X_{\text{용매}}$)의 곱이다.

$$P_{\text{용액}} = P_{\text{용매}} \times X_{\text{용매}}$$

◎. (가)의 증기 압력이 $0.98P$ atm이므로 (가)에서 물의 몰 분율은 0.98 이다. 따라서 A의 몰 분율은 0.02 이다.

$$\textcircled{(가)} \text{에서 } A\text{의 몰 분율} = \frac{\frac{24w}{A\text{의 화학식량}}}{\frac{24w}{A\text{의 화학식량}} + 24} = 0.02 \text{이므로}$$

A의 화학식량은 $49w$ 이다.

◎. (나)는 (가)보다 증기 압력 내림이 2배이므로 A의 몰 분율은

$$0.04 \text{이다. } A\text{의 몰 분율} = \frac{\frac{x}{49w}}{\frac{x}{49w} + 24} = 0.04 \text{이므로 } x = 49w \text{이다.}$$

13 용액의 끓는점 오름과 어는점 내림

끓는점 오름(ΔT_b)은 몰랄 오름 상수(K_b)와 몰랄 농도(m)의 곱이고, 어는점 내림(ΔT_f)은 몰랄 내림 상수(K_f)와 몰랄 농도(m)의 곱이다.

$$\Delta T_b = K_b \times m \quad \Delta T_f = K_f \times m$$

물의 끓는점과 어는점을 각각 T_b 와 T_f , 용액의 끓는점과 어는점을 각각 T'_b 와 T'_f 이라고 할 때

$$T'_b = T_b + K_b \times m, T'_f = T_f - K_f \times m \text{이다.}$$

▣. (가)~(다)의 몰랄 농도를 각각 $m_{(가)} \sim m_{(다)}$ 라고 할 때, (가)와 (나)의 기준 끓는점 차(k) = $K_b \times (m_{(나)} - m_{(가)})$ 이고, (가)와 (나)의 기준 어는점 차(l) = $K_f \times (m_{(나)} - m_{(가)})$ 이며, $K_f > K_b$ 이므로 $l > k$ 이다.

◎. (가)와 (나)의 기준 끓는점 차와 (나)와 (다)의 기준 끓는점 차가 같으므로 (가)와 (나)의 몰랄 농도 차와 (나)와 (다)의 몰랄 농도 차가 같다. 따라서 (가)와 (나)의 기준 어는점 차와 (나)와 (다)의 기준 어는점 차가 같으므로 $x = 2l$ 이다.

▣. $m_{(나)} - m_{(가)} = m_{(다)} - m_{(나)}$ 이므로 $m_{(다)} = 2m_{(나)} - m_{(가)}$ 이며, $m_{(가)} > 0$ 이므로 몰랄 농도는 (다)가 (나)의 2배보다 작다.

14 용액의 삼투압

삼투압(π)은 몰 농도(C)와 기체 상수(R), 절대 온도(T)의 곱이므로 용액의 부피(V)를 V , 용질의 양(mol)을 n 이라고 할 때

$$\pi = CRT = \frac{n}{V} RT \text{이다.}$$

$$\frac{B(aq)\text{의 삼투압(atm)}}{A(aq)\text{의 삼투압(atm)}} = \frac{\frac{2}{B\text{의 화학식량}} RT}{\frac{0.3}{A\text{의 화학식량}} RT} = \frac{\frac{1}{A\text{의 화학식량}} RT}{\frac{0.1}{B\text{의 화학식량}} RT}$$

$$\frac{2}{3} \times \frac{A\text{의 화학식량}}{B\text{의 화학식량}} = \frac{2}{9} \text{이므로 } \frac{A\text{의 화학식량}}{B\text{의 화학식량}} = \frac{1}{3} \text{이다.}$$

15 용액의 어는점 내림

어는점 내림은 몰랄 내림 상수(K_f)와 몰랄 농도(m)의 곱이므로 물의 어는점을 T_f , 용액의 어는점을 T'_f 라고 할 때 $T'_f = T_f - K_f \times m$ 이다. 용질의 화학식량을 M , 용질의 질량(g)을 w , 용

매의 질량(kg)을 W 라고 할 때 몰랄 농도(m) = $\frac{w}{W}$ 이므로 몰랄 농도는 용질의 질량에 비례하고, 용질의 화학식량, 용매의 질량에 반비례한다. 용액의 질량은 (가)~(다) 모두 같고, 물의 질량은 (가) > (나) > (다)이므로 용질의 질량은 (다) > (나) > (가)이다. (가)는 용질의 질량이 가장 작고, 용질의 화학식량과 용매의 질량이 가장 크므로 몰랄 농도가 가장 작다. (다)는 용질의 질량이 가장 크고, 용질의 화학식량과 용매의 질량이 가장 작으므로 몰랄 농도가 가장 크다. 따라서 몰랄 농도는 (다) > (나) > (가)이고, 어는점은 몰랄 농도가 클수록 낮으므로 기준 어는점은 (가) > (나) > (다)이다.

16 용액의 증기 압력 내림

용액의 증기 압력($P_{\text{용액}}$)은 용매의 증기 압력($P_{\text{용매}}$)과 용매의 몰 분율($X_{\text{용매}}$)의 곱이다.

$$P_{\text{용액}} = P_{\text{용매}} \times X_{\text{용매}}$$

Ⓐ A(aq)과 B(aq)은 증기 압력이 같으므로 증기 압력 내림이 같고, 용질의 몰 분율이 같다. 용질의 몰 분율이 같으면 물 1 mol 당 녹아 있는 용질의 양(mol)이 같으므로 몰랄 농도는 A(aq)과 B(aq)이 같다.

Ⓑ A(aq)과 B(aq)의 몰랄 농도가 같고, 물의 양(mol)은 B(aq)이 A(aq)의 3배이므로 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)도 B가 A의 3배이다. 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 B가 A의 3배이고, 용액에 녹아 있는 용질의 질량은 같으므로 화학식량은 A가 B의 3배이다.

Ⓒ B(aq)의 증기 압력이 $0.99P \text{ atm}$ 이므로 B(aq)에서 물의 몰 분율은 $\frac{3a}{B\text{의 양(mol)} + 3a} = 0.99$ 이다. 따라서 B(aq)에서 B의 양은 $\frac{a}{33} \text{ mol}$ 이다.

수능 3점 테스트

분문 59~66쪽

- | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|
| 01 ⑤ | 02 ① | 03 ② | 04 ④ | 05 ⑤ | 06 ⑤ |
| 07 ② | 08 ⑤ | 09 ③ | 10 ⑤ | 11 ⑤ | 12 ② |
| 13 ⑤ | 14 ② | 15 ⑤ | 16 ③ | | |

01 용액의 농도

$$\text{퍼센트 농도}(\%) = \frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용액의 질량(g)}} \times 100$$

$$\text{몰 농도}(M) = \frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$$

$$\text{몰랄 농도}(m) = \frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 질량(kg)}}$$

Ⓐ 35% HCl(aq) 500 g에 들어 있는 HCl의 질량은 $500 \text{ g} \times \frac{35}{100} = 175 \text{ g}$ 이므로 수용액에 들어 있는 HCl의 양은 $\frac{175}{a} \text{ mol}$ 이다.

Ⓑ HCl(aq) 500 g의 부피는 $\frac{500 \text{ g}}{1.2 \text{ g/mL}} = \frac{5}{12} \text{ L}$ 이므로 수

$$\text{용액의 몰 농도는 } \frac{\frac{175}{a} \text{ mol}}{\frac{5}{12} \text{ L}} = \frac{420}{a} \text{ M} \text{이다.}$$

Ⓒ HCl(aq) 500 g에 들어 있는 물의 질량은 $500 \text{ g} - 175 \text{ g} = 325 \text{ g}$ 이므로 수용액의 몰랄 농도는 $\frac{\frac{175}{a} \text{ mol}}{325 \text{ g}} = \frac{7000}{13a} \text{ m}$ 이다.

02 용액의 농도

$$\text{퍼센트 농도}(\%) = \frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용액의 질량(g)}} \times 100$$

$$\text{몰랄 농도}(m) = \frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 질량(kg)}}$$

(가)에서 4% NaOH(aq) $x \text{ g}$ 에 들어 있는 NaOH의 질량은 $x \times \frac{4}{100} \text{ g}$ 이고, 물의 질량은 $x \times \frac{96}{100} \text{ g}$ 이다. (나)에서

$$\frac{\left(x \times \frac{4}{100}\right) \text{ g}}{\frac{40 \text{ g/mol}}{\left(x \times \frac{96}{100} + y\right) \text{ g}}} = 0.5 \text{ m} \text{이므로 } \frac{y}{x} = \frac{26}{25} \text{이다.}$$

03 퍼센트 농도

$$\text{퍼센트 농도}(\%) = \frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용액의 질량(g)}} \times 100 \text{이므로 용질의 질량(g) = 용액의 질량(g) } \times \frac{\text{퍼센트 농도}(\%)}{100}$$

A(aq)에 물을 추가하기 전과 후에 용액 속 A의 질량은 같으므로 $2a\%$ A(aq)과 $a\%$ A(aq)에서 용질의 질량은 각각 다음과 같다.

$$2a\% \text{ A(aq)} \text{에서 } w \times \frac{2a}{100} = (w+300) \times \frac{1}{100} \dots ①$$

$$a\% \text{ A(aq)} \text{에서 } w \times \frac{a}{100} = (w+100) \times \frac{1}{100} \dots ②$$

식 ①과 ②에서 $a=2$, $w=100$ 이므로 $\frac{w}{a}=50$ 이다.

04 용액의 농도

$$\text{퍼센트 농도}(\%) = \frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용액의 질량(g)}} \times 100$$

$$\text{몰랄 농도}(m) = \frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 질량(kg)}}$$

A의 질량이 $w_1 \text{ g}$, 용액의 질량이 $W \text{ g}$ 인 $a\%$ A(aq)과 A의 질량이 $w_2 \text{ g}$, 용액의 질량이 $W \text{ g}$ 인 $b\%$ A(aq)을 혼합한 수용액의 퍼센트 농도를 $c\%$ 라고 할 때 $a = \frac{w_1}{W} \times 100$, $b = \frac{w_2}{W} \times 100$,

$$c = \frac{w_1 + w_2}{2W} \times 100 \text{이므로 } c = \frac{a+b}{2} \text{이다. 따라서 용액의 질량이}$$

같은 두 A(aq)을 혼합한 수용액의 퍼센트 농도는 두 A(aq)의 퍼센트 농도의 평균이다.

☒ 물 $w \text{ g}$ 과 20% A(aq) $w \text{ g}$ 의 혼합 수용액은 10% A(aq) $2w \text{ g}$ 이므로 여기에 10% A(aq) 10 g 을 혼합하여도 혼합 수용액의 퍼센트 농도는 10% 이다. 따라서 (가)의 퍼센트 농도는 10% 이다.

◎ 20% A(aq) 3w g과 40% A(aq) 3w g의 혼합 수용액은 30% A(aq) 6w g이므로 여기에 30% A(aq) 30 g을 혼합하여도 혼합 수용액의 퍼센트 농도는 30%이다. (가)는 10% A(aq) (2w+10) g이고, (나)는 30% A(aq) (6w+30) g이므로 퍼센트 농도는 (나)가 (가)의 3배, 용액의 질량도 (나)가 (가)의 3배이다. 따라서 수용액에 녹아 있는 A의 질량은 (나)가 (가)의 9=(3×3)배이다.

◎ 수용액의 질량은 (나)가 (가)의 3배이고, 수용액에 녹아 있는 A의 질량은 (나)가 (가)의 9배이므로 수용액에 들어 있는 물의 질량은 (나)가 (가)의 3배보다 작다. 수용액의 몰랄 농도는 용질의 양(mol)에 비례하고 물의 질량에 반비례하므로 몰랄 농도는 (나)가 (가)의 3배보다 크다.

05 용액의 농도

$$\text{몰 농도}(M) = \frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$$

$$\text{퍼센트 농도}(\%) = \frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용액의 질량(g)}} \times 100$$

$$\text{몰랄 농도}(m) = \frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 질량(kg)}}$$

◎ A(aq)과 B(aq)의 몰 농도가 같으므로 같은 부피의 수용액에 들어 있는 용질의 양(mol)은 A(aq)과 B(aq)이 같다. 그런데 밀도는 B(aq)>A(aq)이므로 같은 질량의 수용액의 부피는 A(aq)>B(aq)이다. 따라서 같은 질량의 수용액에 들어 있는 용질의 양(mol)은 A(aq)>B(aq)이다.

◎ 같은 질량의 수용액에 들어 있는 용질의 양(mol)은 A(aq)>B(aq)이고, 화학식량은 A>B이므로 같은 질량의 수용액에 들어 있는 용질의 질량은 A(aq)>B(aq)이다. 따라서 퍼센트 농도는 A(aq)>B(aq)이다.

◎ A(aq)과 B(aq)의 몰 농도가 같으므로 같은 부피의 수용액에 들어 있는 용질의 양(mol)은 A(aq)과 B(aq)이 같다. 화학식량이 A>B이므로 같은 부피의 수용액에 들어 있는 용질의 질량은 A(aq)>B(aq)이다. 밀도는 B(aq)>A(aq)이므로 같은 부피의 수용액의 질량은 B(aq)>A(aq)이고, 같은 부피의 수용액에 들어 있는 물의 질량은 B(aq)>A(aq)이다. A(aq)과 B(aq)의 몰 농도가 같으므로 같은 부피의 수용액에 들어 있는 용질의 양(mol)은 A(aq)과 B(aq)이 같고, 같은 부피의 수용액에 들어 있는 물의 질량은 B(aq)>A(aq)이므로 수용액의 몰랄 농도($=\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 질량(kg)}}$)는 A(aq)>B(aq)이다.

06 용액의 농도

$$\text{몰 농도}(M) = \frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}}$$

$$\text{몰랄 농도}(m) = \frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 질량(kg)}}$$

◎ 용액의 농도가 $a\text{ mol}$ 이므로 물 1 kg에 NaOH $a\text{ mol}$ 이 녹아 있다. 따라서 NaOH의 몰 분율은 $\frac{a}{a+\frac{1000}{18}}=\frac{9a}{500+9a}$ 이다.

◎ 물 10 g에 들어 있는 NaOH의 양은 $\frac{a}{100}\text{ mol}$ 이므로 수용액 10 g에 들어 있는 NaOH의 양은 $\frac{a}{100}\text{ mol}$ 보다 작다.

◎ 용액의 농도가 $b\text{ M}$ 이므로 용액 1 L에 NaOH $b\text{ mol}$ 이 들어 있다. 용액 1 L에 들어 있는 용매의 질량은 $(1000d-40b)\text{ g}$ 이므로 용액의 몰랄 농도(m)는 $a=\frac{b}{1000d-40b}=\frac{25b}{25d-b}$ 이다.

07 용액의 끓는점 오름

몰랄 농도(m) = $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 질량(kg)}}$ 이고, 끓는점 오름(ΔT_b)은 몰랄 오름 상수(K_b)와 몰랄 농도(m)의 곱이다.

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

0.1 m A(aq) 201.2 g에 들어 있는 용질의 양과 물의 질량은 각각 $0.1\text{ mol} \times \frac{201.2\text{ g}}{0.1\text{ mol} \times 60\text{ g/mol} + 1000\text{ g}}=0.02\text{ mol}$,

$1000\text{ g} \times \frac{201.2\text{ g}}{0.1\text{ mol} \times 60\text{ g/mol} + 1000\text{ g}}=200\text{ g}$ 이다. 0.4 m A(aq) 102.4 g에 들어 있는 용질의 양과 물의 질량은 각각 $0.4\text{ mol} \times \frac{102.4\text{ g}}{0.4\text{ mol} \times 60\text{ g/mol} + 1000\text{ g}}=0.04\text{ mol}$,

$1000\text{ g} \times \frac{102.4\text{ g}}{0.4\text{ mol} \times 60\text{ g/mol} + 1000\text{ g}}=100\text{ g}$ 이다. 혼합 수

용액의 몰랄 농도는 $\frac{(0.02+0.04)\text{ mol}}{(200+100)\text{ g}}=\frac{0.2\text{ mol}}{1000\text{ g/kg}}$

용액의 기준 끓는점은 $(100+0.2k)\text{ }^\circ\text{C}$ 이다.

08 용액의 증기 압력 내림과 끓는점 오름

용액의 증기 압력 내림(ΔP)은 용매의 증기 압력($P_{\text{용매}}$)과 용질의 몰 분율($X_{\text{용질}}$)의 곱이다. $\Delta P = P_{\text{용매}} \times X_{\text{용질}}$

끓는점 오름(ΔT_b)은 몰랄 오름 상수(K_b)와 몰랄 농도(m)의 곱이다. $\Delta T_b = K_b \times m$

A(aq)의 증기 압력이 $0.99P\text{ atm}$ 이므로 $\Delta P=0.01P\text{ atm}$ 이다. 따라서 A(aq)에 들어 있는 용질의 몰 분율은 0.01이다. (다)에서 B(aq)의 기준 끓는점이 $(100+0.1k)\text{ }^\circ\text{C}$ 이다. $\Delta T_b=0.1k\text{ }^\circ\text{C}$ 이다. 따라서 B(aq)의 몰랄 농도는 0.1 m이다.

◎ A(aq)에서 A의 양(mol)을 n_A , 물의 양(mol)을 $n_{\text{H}_2\text{O}}$ 라고 할 때 $\frac{n_A}{n_A+n_{\text{H}_2\text{O}}} = 0.01$ 이므로 $n_A = \frac{1}{99}n_{\text{H}_2\text{O}}$ … ①

B(aq)에서 B의 양(mol)을 n_B 라고 할 때 $\frac{n_B}{\frac{18n_{H_2O}}{1000}}=0.1$ 이므로

$$n_B = \frac{18n_{H_2O}}{1000} \cdots ②$$

A와 B의 질량은 같고, 식 ①÷②에서 $\frac{n_A}{n_B} = \frac{10000}{99 \times 18} > 1$ 이므로 화학식량은 B>A이다.

㉡ 물의 양(mol)은 A(aq)과 B(aq)이 같고, 화학식량은 B>A이므로 용질의 양(mol)은 A(aq)>B(aq)이다. 용질의 몰 분율은 A(aq)>B(aq)이므로 $t^{\circ}\text{C}$ 에서 증기 압력은 B(aq)>A(aq)이다.

㉢ 물의 질량은 같고, 용질의 양(mol)이 A(aq)>B(aq)이므로 기준 끓는점은 A(aq)>B(aq)이다.

09 용액의 삼투압

삼투압(π)은 몰 농도(C)와 기체 상수(R), 절대 온도(T)의 곱이다. $\pi = CRT$

㉠ (가)에서 평형 상태에 도달하기까지 물이 A(aq)에서 B(aq)으로 이동했으므로 몰 농도는 B(aq)>A(aq)이다. 따라서 $b>a$ 이다.

㉡ (가)에서 A(aq)과 B(aq)의 부피가 같고, 수용액에 들어 있는 용질의 질량이 같은데 몰 농도는 B(aq)>A(aq)이므로 화학식량은 A>B이다.

㉢ (가)에서 몰 농도는 B(aq)>A(aq)이고, (가)에서 (나)로 될 때 A(aq)의 몰 농도는 증가하며, B(aq)의 몰 농도는 감소하므로 A(aq)과 B(aq)의 몰 농도 차는 (가)에서 (나)에서보다 크다. 따라서 $b-a>b'-a'$ 이다.

10 용액의 증기 압력 내림

용액의 증기 압력 내림(ΔP)은 용매의 증기 압력($P_{\text{용매}}$)과 용질의 몰 분율($X_{\text{용질}}$)의 곱이다.

$$\Delta P = P_{\text{용매}} \times X_{\text{용질}}$$

㉡ 물을 추가하기 전 A(aq)의 $\Delta P = 0.02P \text{ atm}$ 이므로 (가)에서 A의 몰 분율은 0.02이다. (나)에서 가한 물의 질량이 18 g일 때 $\Delta P = 0.01P \text{ atm}$ 이므로 A의 몰 분율은 0.01이다.

(가)에서 A의 양(mol)을 n_A , 물의 양(mol)을 n_{H_2O} 라고 할 때

$$\frac{n_A}{n_A + n_{H_2O}} = 0.02 \quad \text{이므로 } 49n_A = n_{H_2O} \cdots ①$$

(나)에서 가한 물의 질량이 18 g일 때 $\frac{n_A}{n_A + n_{H_2O} + 1} = 0.01$ 이므로 $99n_A - 1 = n_{H_2O} \cdots ②$

식 ①과 ②에서 $n_A = 0.02$ 이므로 A의 화학식량($= \frac{\text{A의 질량(g)}}{\text{A의 양(mol)}}$)은 $\frac{1.2}{0.02} = 60$ 이다.

㉡ 식 ①에서 $n_A = 0.02$ 이므로 (가)에서 A(aq)에 들어 있는 물의 양은 0.98 mol이다.

㉢ (가)에서 $n_{H_2O} = 0.98 < 1$ 이므로 (가)에 들어 있는 물은 18 g 보다 작다. 그런데 (나)에서 물을 18 g 추가할 경우, 수용액에 들어 있는 물의 질량은 (가)의 2배보다 크다. 따라서 (나)에서 가한 물의 질량이 18 g일 때 A(aq)의 몰랄 농도는 (가)의 $\frac{1}{2}$ 배인 $\frac{1}{2}x m$ 보다 작다.

11 용액의 어는점 내림, 삼투압, 증기 압력

어는점 내림은 몰랄 내림 상수(K_f)와 몰랄 농도(m)의 곱이므로 물의 어는점을 T_f , 용액의 어는점을 T_f' 이라고 할 때 $T_f' = T_f - K_f \times m$ 이다. 삼투압(π)은 몰 농도(C)와 기체 상수(R), 절대 온도(T)의 곱이다.

$$\pi = CRT$$

용액의 증기 압력($P_{\text{용액}}$)은 용매의 증기 압력($P_{\text{용매}}$)과 용매의 몰 분율($X_{\text{용매}}$)의 곱이다.

$$P_{\text{용액}} = P_{\text{용매}} \times X_{\text{용매}}$$

㉠ 용액의 기준 어는점(C) = $-K_f \times m$ 이고, 기준 어는점의 비는 A(aq) : B(aq) = 1 : 3이므로 몰랄 농도의 비는 A(aq) : B(aq) = 1 : 3이고, 같은 양의 물에 녹아 있는 용질의 몰비는 A(aq) : B(aq) = 1 : 3이다. A(aq)과 B(aq)에서 같은 양의 물에 녹아 있는 용질의 질량이 같으므로 화학식량은 A가 B의 3배이다.

㉡ A(aq)과 B(aq)에서 용액의 질량이 같고, 용액의 밀도도 같으므로 용액의 부피는 같다. A(aq)과 B(aq)의 부피는 같고, 녹아 있는 용질의 몰비는 A(aq) : B(aq) = 1 : 3이므로 몰 농도의 비는 A(aq) : B(aq) = 1 : 3이다. 따라서 삼투압의 비가 A(aq) : B(aq) = 1 : 3이므로 $y = 3x$ 이다.

㉢ B의 화학식량을 M 이라고 할 때, A(aq)과 B(aq)에 들어 있는 물의 양은 각각 10 mol로 같고, 용액의 증기 압력은 용매의 몰 분율에 비례하므로 용액의 증기 압력의 비는

$$A(aq) : B(aq) = \frac{10}{\frac{w}{3M} + 10} : \frac{10}{\frac{w}{M} + 10} = 99 : 98 \text{이다.}$$

따라서 $M = \frac{13}{2}w$ 이므로 B의 화학식량은 $\frac{13}{2}w$ 이다.

12 용액의 증기 압력 내림

끓는점 오름(ΔT_b)은 몰랄 오름 상수(K_b)와 몰랄 농도(m)의 곱이므로 물의 끓는점을 T_b , 용액의 끓는점을 T_b' 이라고 할 때 $T_b' = T_b + K_b \times m$ 이다.

어는점 내림은 몰랄 내림 상수(K_f)와 몰랄 농도(m)의 곱이므로 물의 어는점을 T_f , 용액의 어는점을 T_f' 이라고 할 때 $T_f' = T_f - K_f \times m$ 이다.

수용액의 기준 끓는점(T_b')=($100+0.51\times m$)°C이고, 수용액의 기준 어는점(T_f')=(- $1.86\times m$)°C이므로 기준 끓는점과 기준 어는점의 차(°C)=($100+2.37\times m$)°C이다. 기준 끓는점과 기준 어는점의 차(°C)는 A(aq)과 B(aq)이 각각 100.237, 100.711이므로 수용액의 몰랄 농도는 A(aq)과 B(aq)이 각각 0.1 m, 0.3 m이다. 따라서 $x=0.1$ 이다. 물의 질량과 용질의 질량이 각각 A(aq)과 B(aq)에서 서로 같고, 몰랄 농도는 B(aq)이 A(aq)의 3배이므로 화학식량은 A가 B의 3배이다. 따라서 $x \times \frac{A\text{의 화학식량}}{B\text{의 화학식량}} = 0.1 \times 3 = 0.3$ 이다.

13 용액의 증기 압력 내림

용액의 증기 압력($P_{\text{용액}}$)은 용매의 증기 압력($P_{\text{용매}}$)과 용매의 몰 분율($X_{\text{용매}}$)의 곱이다.

$$P_{\text{용액}} = P_{\text{용매}} \times X_{\text{용매}}$$

t_1 °C에서 (가)에 들어 있는 물의 몰 분율은 $\frac{294}{300} = 0.98$ 이고, A의 몰 분율은 0.02이다.

- Ⓐ (가)의 증기 압력은 t_2 °C에서가 t_1 °C에서보다 크므로 $t_2 > t_1$ 이다.
- Ⓑ (가)에 들어 있는 물의 몰 분율은 0.98이므로 t_2 °C에서 물의 증기 압력은 $\frac{441}{0.98} = 450$ mmHg이다. t_2 °C에서 (나)에 들어 있는 물의 몰 분율은 $\frac{423}{450} = 0.94$ 이고, A의 몰 분율은 0.06이다. 따라서 A의 몰 분율은 (나)가 (가)의 3배이다.
- Ⓒ $x = 300 \times 0.94 = 282$ 이다.

14 용액의 끓는점 오름

끓는점 오름(ΔT_b)은 몰랄 오름 상수(K_b)와 몰랄 농도(m)의 곱이므로 물의 끓는점을 T_b , 용액의 끓는점을 T_b' 이라고 할 때 $T_b' = T_b + K_b \times m$ 이고, 기준 끓는점=100+ $K_b \times m$ 이다. (가)와 (나)의 기준 끓는점은 각각 $(100+t_1)$ °C, $(100+\frac{1}{3}t_1)$ °C이

므로 몰랄 농도는 (나)가 (가)의 $\frac{1}{3}$ 배이다. (나)는 (가)에 물 500 g을 추가한 수용액이고, 수용액에 들어 있는 물이 (나)가 (가)의 3배이므로 (가)에 들어 있는 물의 질량은 250 g이다.

(다)와 (라)의 기준 끓는점은 각각 $(100+t_2)$ °C, $(100+\frac{3}{2}t_2)$ °C이므로 몰랄 농도는 (라)가 (다)의 $\frac{3}{2}$ 배이다. (라)는 (다)에 A 3 g을 추가로 넣어 모두 녹인 수용액과 같은데 A의 질량이 (라)가 (다)의 $\frac{3}{2}$ 배이므로 (다)에 들어 있는 A의 질량은 6 g이다. 따라서 (가)에 들어 있는 A의 질량은 3 g이다.

(가)의 몰랄 농도(m)= $\frac{\frac{3}{2} \times A\text{의 화학식량}}{250} = x$ 이므로 $x \times (A\text{의 화학식량}) = 12$ 이다.

15 용액의 증기 압력 내림과 어는점 내림

용액의 증기 압력 내림(ΔP)은 용매의 증기 압력($P_{\text{용매}}$)과 용질의 몰 분율($X_{\text{용질}}$)의 곱이다.

$$\Delta P = P_{\text{용매}} \times X_{\text{용질}}$$

어는점 내림은 몰랄 내림 상수(K_f)와 몰랄 농도(m)의 곱이므로 물의 어는점을 T_f , 용액의 어는점을 T_f' 이라고 할 때 $T_f' = T_f - K_f \times m$ 이다.

- Ⓐ (가)의 증기 압력 내림이 0.02P atm이므로 A의 화학식량

을 M_A 라고 할 때 (가)에 들어 있는 A의 몰 분율= $\frac{\frac{1}{M_A}}{\frac{1}{M_A} + \frac{w}{18}} = 0.02$ 이다. 따라서 $M_A = \frac{882}{w}$ 이다.

Ⓑ (나)에 들어 있는 A의 몰 분율= $\frac{\frac{1}{M_A}}{\frac{1}{M_A} + \frac{w+x}{18}} = 0.01$ 이고, $M_A = \frac{882}{w}$ 이므로 $x = \frac{50}{49}w$ 이다.

Ⓒ (나)는 (가)에 물 $x = \frac{50}{49}w$ g을 추가한 수용액이므로 (나)에 들어 있는 물의 질량은 (가)의 $\frac{99}{49}$ 배인 $\frac{99}{49}w = w + \frac{50}{49}w$ g이다. 따라서 몰랄 농도는 (나)가 (가)의 $\frac{49}{99}$ 배이다. 수용액의 기준 어는점(°C)= $-K_f \times m$ 이므로 $\frac{(나)\text{의 기준 어는점}}{(가)\text{의 기준 어는점}} = \frac{-\frac{49}{99}w}{-\frac{1}{M_A} \times w} = \frac{(나)\text{의 몰랄 농도}}{(가)\text{의 몰랄 농도}} = \frac{49}{99}$ 이다. 따라서 $t_2 = \frac{49}{99}t_1$ 이다.

16 퍼센트 농도와 몰랄 농도

$$\text{퍼센트 농도}(\%) = \frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용액의 질량(g)}} \times 100$$

$$= \frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용질의 질량(g)} + \text{용매의 질량(g)}} \times 100$$

$$\text{몰랄 농도}(m) = \frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 질량(kg)}}$$

물의 질량이 일정하고 용질의 질량이 증가할 때 용질의 질량 변화량과 농도 변화량이 비례하는 농도는 퍼센트 농도와 몰랄 농도 중 몰랄 농도이므로 (가)는 몰랄 농도(m)이다. 따라서 (나)는 퍼센트 농도(%)이다. a m NaOH(aq)에 NaOH(s) w g을 추가

했을 때 몰랄 농도가 1.2배가 되었으므로 $a\text{ mol NaOH}(aq)$ 에 들어 있는 NaOH 의 질량은 $5w\text{ g}$ 이다. $\text{NaOH}(s)$ 을 추가하기 전 $\text{NaOH}(aq)$ 의 퍼센트 농도(%)는 $\frac{5w}{100} \times 100 = b$ 이므로 $b = 5w$

이다. 가한 $\text{NaOH}(s)$ 의 질량이 5 g 일 때 $\text{NaOH}(aq)$ 의 퍼센트 농도(%)는 $\frac{5w+5}{100+5} \times 100 = \frac{8}{7}b = \frac{8}{7} \times 5w$ 이므로 $w = 50$ 이다. 따라서 $b = 25$ 이다. $\text{NaOH}(s)$ 을 추가하기 전 $\text{NaOH}(aq)$

의 몰랄 농도(m)는 $\frac{\frac{5w}{40}}{\frac{100-5w}{1000}} = a$ 이므로 $a = \frac{25}{3}$ 이다. 따라서 $\frac{b}{a} \times w = 15$ 이다.

04 반응 엔탈피

수능 2점 테스트

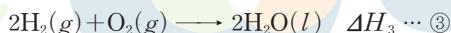
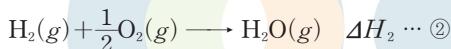
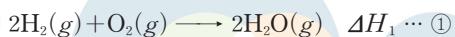
본문 77~79쪽

- 01 ③ 02 ③ 03 ③ 04 ④ 05 ③ 06 ①
07 ⑤ 08 ② 09 ③ 10 ③ 11 ③ 12 ④

01 발열 반응과 흡열 반응

- Ⓐ 발열 반응은 반응이 일어날 때 열을 방출하는 반응이다.
☒ 흡열 반응은 생성물의 엔탈피 합이 반응물의 엔탈피 합보다 커서 그 차에 해당하는 열을 흡수하는 반응이다.
Ⓒ 발열 반응은 생성물의 엔탈피 합이 반응물의 엔탈피 합보다 작아서 그 차에 해당하는 열을 방출하는 반응이므로 발열 반응의 반응 엔탈피(=생성물의 엔탈피 합—반응물의 엔탈피 합)는 0보다 작다.

02 열화학 반응식



식 ① = 2 × ②이므로 $\Delta H_1 = 2\Delta H_2$ 이고, ΔH_1 은 0보다 작으므로 $\Delta H_2 > \Delta H_1$ 이다.

H_2O 의 액화는 발열 반응이므로 이에 해당하는 열화학 반응식은 다음과 같다.



식 ③ = ① + 2 × ④이므로 $\Delta H_3 = \Delta H_1 + 2\Delta H_4$ 이고, ΔH_1 과 ΔH_4 는 모두 0보다 작으므로 $\Delta H_1 > \Delta H_3$ 이다. 따라서 $\Delta H_2 > \Delta H_1 > \Delta H_3$ 이다.

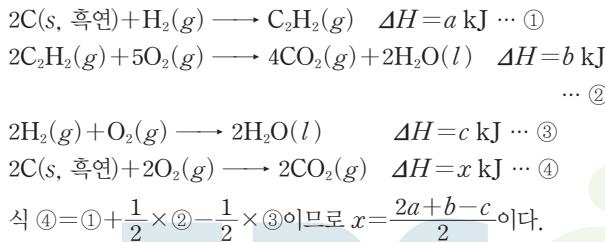
03 생성 엔탈피와 결합 에너지

Ⓐ $\Delta H = (\text{CH}_3\text{COOH}(g) 1\text{ mol의 엔탈피}) - (\text{HCOOCH}_3(g) 1\text{ mol의 엔탈피}) < 0$ 이므로 1 mol의 엔탈피는 $\text{HCOOCH}_3(g) > \text{CH}_3\text{COOH}(g)$ 이다.

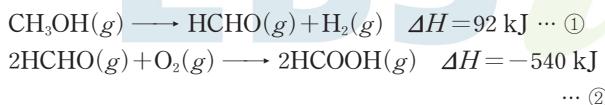
Ⓒ $\Delta H = (\text{CH}_3\text{COOH}(g)의 생성 엔탈피}) - (\text{HCOOCH}_3(g)의 생성 엔탈피) < 0$ 이므로 생성 엔탈피는 $\text{HCOOCH}_3(g) > \text{CH}_3\text{COOH}(g)$ 이다.

☒ $\Delta H = (\text{HCOOCH}_3(g)의 결합 에너지 총합}) - (\text{CH}_3\text{COOH}(g)의 결합 에너지 총합) < 0$ 이므로 결합 에너지 총합은 $\text{HCOOCH}_3(g) < \text{CH}_3\text{COOH}(g)$ 이다.

04 반응 엔탈피와 헤스 법칙



05 반응 엔탈피와 생성 엔탈피



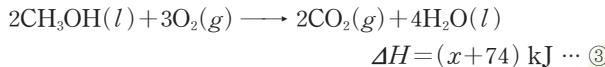
반응 엔탈피(ΔH) = (생성물의 생성 엔탈피 합) - (반응물의 생성 엔탈피 합)이다.

$25^{\circ}\text{C}, 1 \text{ atm}$ 에서 $\text{H}_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 0이다. 식 ①에서 $\Delta H = (\text{HCHO}(g)\text{의 생성 엔탈피}) - (\text{CH}_3\text{OH}(g)\text{의 생성 엔탈피}) = 92 \text{ kJ}$ 이므로 생성 엔탈피는 $\text{HCHO}(g)$ 이 $\text{CH}_3\text{OH}(g)$ 보다 92 kJ/mol 만큼 크다. $25^{\circ}\text{C}, 1 \text{ atm}$ 에서 $\text{O}_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 0이다. 식 ②에서 $\Delta H = 2 \times (\text{HCOOH}(g)\text{의 생성 엔탈피}) - (2 \times \text{HCHO}(g)\text{의 생성 엔탈피}) = -540 \text{ kJ}$ 이므로 생성 엔탈피는 $\text{HCHO}(g)$ 이 $\text{HCOOH}(g)$ 보다 270 kJ/mol 만큼 크다. 따라서 생성 엔탈피는 $\text{HCHO}(g) > \text{CH}_3\text{OH}(g) > \text{HCOOH}(g)$ 이다.

06 열화학 반응식과 반응 엔탈피

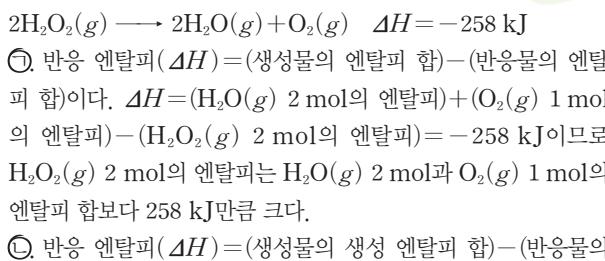


식 ① + 2 × ②에서



$\text{CH}_3\text{OH}(l)$ 1 mol과 $\text{O}_2(g)$ 1.5 mol의 엔탈피 합은 $\text{CO}_2(g)$ 1 mol과 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 2 mol의 엔탈피 합보다 727 kJ 만큼 크므로 식 ③에서 $-(x+74) = 2 \times 727$ 이다. 따라서 $x = -1528$ 이다.

07 반응 엔탈피와 생성 엔탈피, 결합 에너지



생성 엔탈피 합)이다. $25^{\circ}\text{C}, 1 \text{ atm}$ 에서 $\text{O}_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 0이다. $\Delta H = 2 \times (\text{H}_2\text{O}(g)\text{의 생성 엔탈피}) - 2 \times (\text{H}_2\text{O}_2(g)\text{의 생성 엔탈피}) = -258 \text{ kJ}$ 이므로 생성 엔탈피는 $\text{H}_2\text{O}_2(g)$ 가 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 보다 129 kJ/mol 만큼 크다.

③ 반응 엔탈피(ΔH) = (반응물의 결합 에너지 총합) - (생성물의 결합 에너지 총합)이다. $\Delta H = 2 \times [2 \times (\text{O}-\text{H}\text{의 결합 에너지}) + (\text{O}-\text{O}\text{의 결합 에너지})] - 2 \times 2 \times (\text{O}-\text{H}\text{의 결합 에너지}) - (\text{O}=\text{O}\text{의 결합 에너지}) = -258 \text{ kJ}$ 이므로 ($\text{O}=\text{O}\text{의 결합 에너지}) - 2 \times (\text{O}-\text{O}\text{의 결합 에너지}) = 258 \text{ kJ} > 0$ 이다.

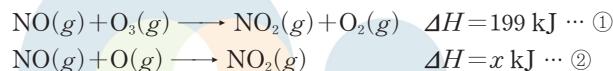
08 발열 반응과 흡열 반응

④ $\text{C}_4\text{H}_{10}(l)$ 의 기화 반응은 연료통으로부터 열을 흡수하므로 흡열 반응이다.

⑤ $\text{C}_4\text{H}_{10}(l)$ 의 연소 반응은 찌개를 끓게 하므로, 이때 사용되는 열을 방출하는 반응이다.

⑥ $\text{C}_4\text{H}_{10}(l)$ 의 기화 반응은 흡열 반응이므로 $\Delta H > 0$ 이고, $\text{C}_4\text{H}_{10}(g)$ 의 연소 반응은 발열 반응이므로 $\Delta H < 0$ 이다. 따라서 ΔH 는 $\text{C}_4\text{H}_{10}(l)$ 의 기화 반응이 $\text{C}_4\text{H}_{10}(g)$ 의 연소 반응보다 크다.

09 반응 엔탈피와 생성 엔탈피

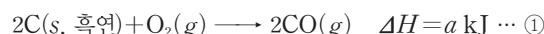


식 ① - ②에서



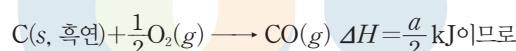
반응 엔탈피(ΔH) = (생성물의 생성 엔탈피 합) - (반응물의 생성 엔탈피 합)이다. 식 ③에서 $\Delta H = (\text{O}_2(g)\text{의 생성 엔탈피}) + (\text{O}(g)\text{의 생성 엔탈피}) - (\text{O}_3(g)\text{의 생성 엔탈피}) = (199 - x) \text{ kJ}$ 이므로 $248 - 142 = 199 - x$ 에서 $x = 93$ 이다.

10 열화학 반응식과 생성 엔탈피



$\text{CO}(g)$ 의 생성 엔탈피는 $\text{C}(s, \text{흑연})$ 과 $\text{O}_2(g)$ 로부터 $\text{CO}(g)$

1 mol이 생성될 때의 반응 엔탈피이다. $\frac{1}{2} \times$ 식 ①에서



$\text{CO}(g)$ 의 생성 엔탈피는 $\frac{a}{2} \text{ kJ/mol}$ 이다.

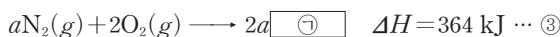
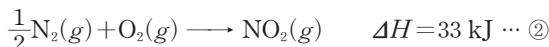
$\text{CO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 $\text{C}(s, \text{흑연})$ 과 $\text{O}_2(g)$ 로부터 $\text{CO}_2(g)$

1 mol이 생성될 때의 반응 엔탈피이다. $\frac{1}{2} \times$ 식(① + ②)에서

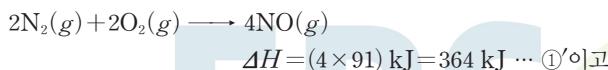


$\text{CO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 $\frac{a+b}{2} \text{ kJ/mol}$ 이다.

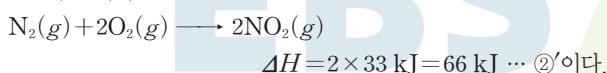
11 열화학 반응식



식 ③에서 반응물 $\text{O}_2(g)$ 의 계수가 2이므로 4 × 식 ①에서

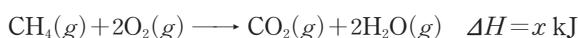


2 × 식 ②에서



식 ③=①'이므로 $a=2$, ⑦=NO(g)이다.

12 헤스 법칙



반응 엔탈피(ΔH)=(반응물의 결합 에너지 총합)-(생성물의 결합 에너지 총합)이므로 $\Delta H = 4 \times (\text{C}-\text{H} \text{의 결합 에너지}) + 2 \times (\text{O}=\text{O} \text{의 결합 에너지}) - 2 \times (\text{C}=\text{O} \text{의 결합 에너지}) - 2 \times 2 \times (\text{O}-\text{H} \text{의 결합 에너지})$ 이다. $4 \times (\text{C}-\text{H} \text{의 결합 에너지}) = b \text{ kJ}$, $2 \times (\text{O}=\text{O} \text{의 결합 에너지}) = (d+c+a-b) \text{ kJ}$, $2 \times (\text{C}=\text{O} \text{의 결합 에너지}) = a \text{ kJ}$, $4 \times (\text{O}-\text{H} \text{의 결합 에너지}) = (a+c) \text{ kJ}$ 이므로 $x = (b + (d+c+a-b)) - (a + (a+c)) = -a + d$ 이다.

수능 3점 테스트

본문 80~85쪽

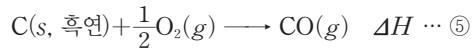
- | | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 01 ⑤ | 02 ① | 03 ③ | 04 ③ | 05 ④ | 06 ③ |
| 07 ④ | 08 ② | 09 ⑤ | 10 ④ | 11 ⑤ | 12 ② |

01 열화학 반응식과 헤스 법칙



⓪. 식 ③에서 반응 $\text{O}_2(g) \longrightarrow 2\text{O}(g)$ 은 결합이 끊어지는 반응이므로 흡열 반응이다. 따라서 $c > 0$ 이다.

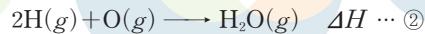
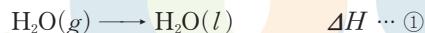
⓫. 반응 엔탈피가 $\text{CO}(g)$ 의 생성 엔탈피인 반응의 열화학 반응식은 다음과 같다.



식 ⑤=①+③이므로 $\text{CO}(g)$ 의 생성 엔탈피는 $(a + \frac{c}{2}) \text{ kJ/mol}$ 이다.

⓬. 식 ④=−2 × ①+2 × ②−③이므로 $x = -2a + 2b - c$ 이다.

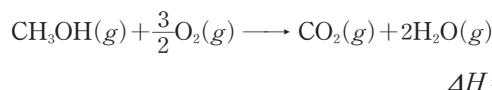
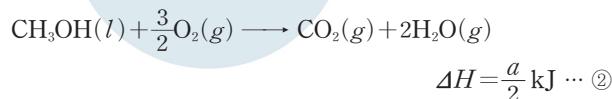
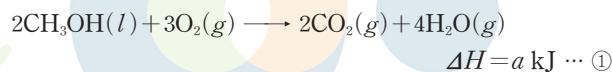
02 반응 엔탈피와 생성 엔탈피, 결합 에너지



반응 엔탈피(ΔH)=(생성물의 생성 엔탈피 합)−(반응물의 생성 엔탈피 합)이므로 식 ①의 $\Delta H = (-286 - (-242)) \text{ kJ} = -44 \text{ kJ}$ 이다.

반응 엔탈피(ΔH)=(반응물의 결합 에너지 총합)−(생성물의 결합 에너지 총합)이므로 식 ②의 $\Delta H = -2 \times 460 \text{ kJ} = -920 \text{ kJ}$ 이다. 식 ③=①+②에서 $x = -44 + (-920) = -964$ 이다.

03 열화학 반응식

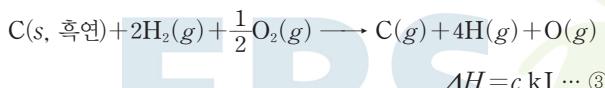
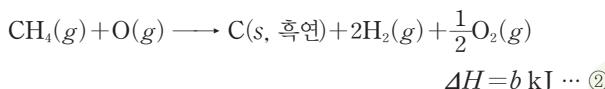
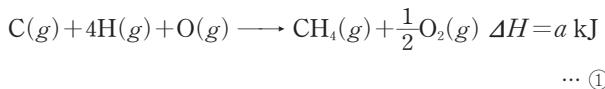


⓪. $\frac{a}{2} < 0$ 이므로 식 ②는 발열 반응의 열화학 반응식이다. 따라서 $\text{CH}_3\text{OH}(l) 1 \text{ mol}$ 이 $\text{O}_2(g)$ 와 모두 반응하여 $\text{CO}_2(g)$ 와 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 가 생성될 때 $-\frac{a}{2} \text{ kJ}$ 의 열을 방출한다.

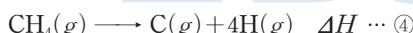
⓫. 식 ③은 CH_3OH 의 기화에 해당하는 열화학 반응식이므로 식 ③의 $\Delta H > 0$ 이다. 식 ②의 $\Delta H < 0$ 이고, 식 ③의 $\Delta H > 0$ 이므로 식 ④=②−③에서 식 ④의 $\Delta H (= b \text{ kJ}) < 0$ 이다. 따라서 식 ④는 발열 반응의 열화학 반응식이므로 (나)에서 반응물의 엔탈피 합은 생성물의 엔탈피 합보다 크다.

⓬. 식 ④=②−③이므로 식 ④의 $\Delta H (= b \text{ kJ}) = \textcircled{2}$ 의 $\Delta H (= \frac{a}{2} \text{ kJ}) - \textcircled{3}$ 의 ΔH 이다. 식 ③의 $\Delta H = (\frac{a}{2} - b) \text{ kJ}$ 이고, 식 ③의 $\Delta H > 0$ 이므로 $b < \frac{a}{2}$ 이다.

04 반응 엔탈피와 생성 엔탈피, 결합 에너지



① 반응 엔탈피가 $4 \times (\text{C}-\text{H} \text{의 결합 에너지})$ 인 반응의 열화학 반응식은 다음과 같다.



식 ④=②+③에서 식 ④의 $\Delta H = 4x \text{ kJ} = (b+c) \text{ kJ}$ 이므로 $x = \frac{b+c}{4}$ 이다.

② 반응 엔탈피가 $\text{CH}_4(g)$ 의 생성 엔탈피인 반응의 열화학 반응식은 다음과 같다.



식 ⑤=①+③이므로 식 ⑤의 $\Delta H = (a+c) \text{ kJ}$ 이다.

따라서 $\text{CH}_4(g)$ 의 생성 엔탈피는 $(a+c) \text{ kJ/mol}$ 이다.

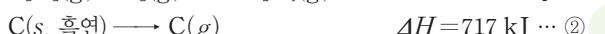
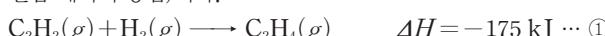
ⓧ 반응 엔탈피가 $\text{O}=\text{O}$ 의 결합 에너지인 반응의 열화학 반응식은 다음과 같다.



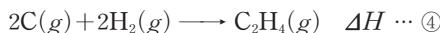
식 ⑥= $-2 \times (\textcircled{1} + \textcircled{2} + \textcircled{3})$ 에서 식 ⑥의 $\Delta H = -2(a+b+c) \text{ kJ}$ 이므로 $y = -2(a+b+c)$ 이다.

05 반응 엔탈피와 생성 엔탈피, 결합 에너지

반응 엔탈피(ΔH)=(반응물의 결합 에너지 총합)-(생성물의 결합 에너지 총합)이다.



식 ①에서 $\Delta H = (\text{C}\equiv\text{C} \text{의 결합 에너지}) + 2 \times (\text{C}-\text{H} \text{의 결합 에너지}) + (\text{H}-\text{H} \text{의 결합 에너지}) - (\text{C}=\text{C} \text{의 결합 에너지}) - 4 \times (\text{C}-\text{H} \text{의 결합 에너지}) = -175 \text{ kJ}$ 이므로 $\text{C}=\text{C} \text{의 결합 에너지} = a + c - 2b + 175$ 이다.

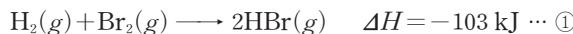


식 ④=③- $2 \times \textcircled{2}$ 이므로 식 ④에서 $\Delta H = (x - 2 \times 717) \text{ kJ}$

이다. 또한 식 ④에서 $\Delta H = 2 \times (\text{H}-\text{H} \text{의 결합 에너지}) - (\text{C}=\text{C} \text{의 결합 에너지}) - 4 \times (\text{C}-\text{H} \text{의 결합 에너지}) = (2c - (a + c - 2b + 175) - 4b) \text{ kJ} = -a - 2b + c - 175 \text{ kJ}$ 이다.

따라서 $x - 2 \times 717 = -a - 2b + c - 175$ 이므로 $x = -a - 2b + c + 1259$ 이다.

06 반응 엔탈피와 생성 엔탈피, 결합 에너지

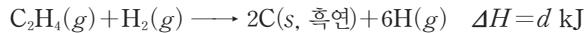
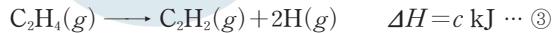
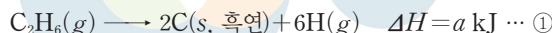


① 반응 엔탈피(ΔH)=(반응물의 결합 에너지 총합)-(생성물의 결합 에너지 총합)이므로 식 ①에서 $\Delta H = (\text{H}-\text{H} \text{의 결합 에너지}) + (\text{Br}-\text{Br} \text{의 결합 에너지}) - 2 \times (\text{H}-\text{Br} \text{의 결합 에너지})$ 이다. 따라서 $\text{H}-\text{H}$, $\text{Br}-\text{Br}$, $\text{H}-\text{Br}$ 의 결합 에너지(kJ/mol)는 각각 $x-z$ 이므로 이 자료로부터 구한 $x+y-2z = -103$ 이다.

ⓧ 반응 엔탈피(ΔH)=(생성물의 생성 엔탈피 합)-(반응물의 생성 엔탈피 합)이므로 식 ①에서 $\Delta H = 2 \times (\text{HBr}(g) \text{의 생성 엔탈피}) - (\text{H}_2(g) \text{의 생성 엔탈피}) - (\text{Br}_2(g) \text{의 생성 엔탈피}) = 2 \times (-36) - 0 - (\text{Br}_2(g) \text{의 생성 엔탈피}) \text{ kJ} = -103 \text{ kJ}$ 이다. 따라서 $\text{Br}_2(g) \text{의 생성 엔탈피는 } 31 \text{ kJ/mol}$ 이므로 (가)에서 반응물과 생성물 중 생성 엔탈피가 0인 물질은 $\text{H}_2(g)$ 1가지이다.

② 식 ②에서 $\Delta H = (\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2(g) \text{의 생성 엔탈피}) - (\text{C}_2\text{H}_4(g) \text{의 생성 엔탈피}) - (\text{Br}_2(g) \text{의 생성 엔탈피}) = (b - a - 31) \text{ kJ} = w \text{ kJ}$ 이다. 따라서 $w < b - a$ 이다.

07 해스 법칙과 생성 엔탈피



ⓧ 반응 엔탈피가 $\text{C}_2\text{H}_6(g)$ 의 생성 엔탈피인 반응의 열화학 반응식은 다음과 같다.



식 ⑤= $-\textcircled{1} + \frac{3}{2} \times \textcircled{2}$ 에서 식 ⑤의 $\Delta H = -(\textcircled{1} \text{의 } \Delta H) + \frac{3}{2} \times \textcircled{2}$

의 ΔH 이므로 $\text{C}_2\text{H}_6(g)$ 의 생성 엔탈피= $(-a + \frac{3}{2}b) \text{ kJ/mol}$ 이다. $b > 0$ 이므로 $\text{C}_2\text{H}_6(g)$ 의 생성 엔탈피는 $-a \text{ kJ/mol}$ 보다 크다.

② 반응 엔탈피가 $\text{C}_2\text{H}_2(g)$ 의 생성 엔탈피인 반응의 열화학 반응식은 다음과 같다.



식 ⑥= $\textcircled{3} - \textcircled{4} + \textcircled{2}$ 에서 식 ⑥의 $\Delta H = \textcircled{3} \text{의 } \Delta H - \textcircled{4} \text{의 } \Delta H + \textcircled{2}$ 의 ΔH 이므로 $\text{C}_2\text{H}_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 $(b + c - d) \text{ kJ/mol}$ 이다.

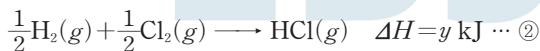
③ 반응 엔탈피가 $\text{C}_2\text{H}_4(g)$ 의 생성 엔탈피인 반응의 열화학 반응식은 다음과 같다.



식 ⑦ $= -④ + \frac{3}{2} \times ②$ 에서 식 ⑦의 $\Delta H = -④$ 의 $\Delta H + \frac{3}{2} \times ②$ 의 ΔH 이므로 $C_2H_4(g)$ 의 생성 엔탈피는 $\left(\frac{3}{2}b - d\right)$ kJ/mol이다.

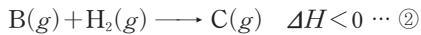
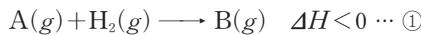
08 결합 에너지와 생성 엔탈피

반응 엔탈피가 $HF(g)$ 와 $HCl(g)$ 의 생성 엔탈피인 반응의 열화학 반응식은 각각 다음과 같다.



반응 엔탈피(ΔH)=(반응물의 결합 에너지 총합)-(생성물의 결합 에너지 총합)이므로 식 ①의 $\Delta H = \frac{1}{2} \times (\text{H}-\text{H} \text{의 결합 에너지}) + \frac{1}{2} \times (\text{F}-\text{F} \text{의 결합 에너지}) - (\text{H}-\text{F} \text{의 결합 에너지}) = x \text{ kJ}$ 이고, 식 ②의 $\Delta H = \frac{1}{2} \times (\text{H}-\text{H} \text{의 결합 에너지}) + \frac{1}{2} \times (\text{Cl}-\text{Cl} \text{의 결합 에너지}) - (\text{H}-\text{Cl} \text{의 결합 에너지}) = y \text{ kJ}$ 이다. 따라서 (식 ①의 ΔH)-(식 ②의 ΔH) $= \frac{1}{2} \times [(\text{F}-\text{F} \text{의 결합 에너지}) - (\text{Cl}-\text{Cl} \text{의 결합 에너지})] - [(\text{H}-\text{F} \text{의 결합 에너지}) - (\text{H}-\text{Cl} \text{의 결합 에너지})]$ 이므로 $x-y=\frac{a-2b}{2}$ 이다.

09 반응 엔탈피와 생성 엔탈피



① 반응 엔탈피(ΔH)=(생성물의 생성 엔탈피 합)-(반응물의 생성 엔탈피 합)이므로 식 ①의 $\Delta H = (B(g) \text{의 생성 엔탈피}) - (A(g) \text{의 생성 엔탈피}) - (H_2(g) \text{의 생성 엔탈피})$ 이다. 식 ①의 $\Delta H = (b-a) \text{ kJ} < 0$ 이므로 $a > b$ 이다. 또한 식 ②의 $\Delta H = (C(g) \text{의 생성 엔탈피}) - (B(g) \text{의 생성 엔탈피}) - (H_2(g) \text{의 생성 엔탈피})$ 이고, 식 ②의 $\Delta H = (c-b) \text{ kJ} < 0$ 이므로 $b > c$ 이다. 따라서 $a > b > c$ 이다.

② $a > b > c$ 인데 $a \leq 0$ 이면 $|c| > |b| > |a|$ 이므로 조건에 부합하지 않는다. 따라서 $a > 0$ 이다.

③ $a > b > c$ 인데 $c \geq 0$ 이면 $|a| > |b| > |c|$ 이므로 조건에 부합하지 않는다. 따라서 $c < 0$ 이다.

10 생성 엔탈피와 결합 에너지



※ 반응 엔탈피(ΔH)=(생성물의 엔탈피 합)-(반응물의 엔탈

피 합) < 0 이므로 $C_2H_4(g) 1 \text{ mol}$ 과 $HCN(g) 1 \text{ mol}$ 의 엔탈피 합은 $C_2H_5CN(g) 1 \text{ mol}$ 의 엔탈피보다 크다.

④ 반응 엔탈피(ΔH)=(생성물의 생성 엔탈피 합)-(반응물의 생성 엔탈피 합)이므로 $y - (52 + x) = -135$ 이다. 따라서 $y - x = -83$ 이다.

⑤ 반응 엔탈피(ΔH)=(반응물의 결합 에너지 총합)-(생성물의 결합 에너지 총합)이므로 $\Delta H = [(C=C \text{의 결합 에너지}) + 5 \times (C-H \text{의 결합 에너지}) + (C \equiv N \text{의 결합 에너지})] - 2 \times (C-C \text{의 결합 에너지}) - 5 \times (C-H \text{의 결합 에너지}) - (C \equiv N \text{의 결합 에너지}) = (C=C \text{의 결합 에너지}) - 2 \times (C-C \text{의 결합 에너지}) < 0$ 이다. 따라서 $C=C \text{의 결합 에너지} < 2 \times (C-C \text{의 결합 에너지})$ 이므로 $a < 2b$ 이다.

11 생성 엔탈피와 결합 에너지

반응 엔탈피가 $H_2O(g)$ 와 $O(g)$ 의 생성 엔탈피인 반응의 열화학 반응식은 각각 다음과 같다.



식 ②의 $\Delta H = \frac{1}{2} \times (O=O \text{의 결합 에너지}) = a \text{ kJ}$ 이다. 반응 엔탈피(ΔH)=(반응물의 결합 에너지 총합)-(생성물의 결합 에너지 총합)이므로 식 ①의 $\Delta H = (H-H \text{의 결합 에너지}) + \frac{1}{2} \times (O=O \text{의 결합 에너지}) - 2 \times (O-H \text{의 결합 에너지}) = x \text{ kJ}$ 이다. 따라서 $x = a + b - 2c$ 이다.

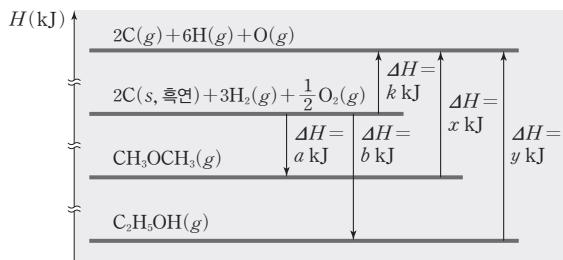
12 반응 엔탈피와 생성 엔탈피, 결합 에너지



반응 엔탈피(ΔH)=(생성물의 생성 엔탈피 합)-(반응물의 생성 엔탈피 합)이므로 $\Delta H = (C_2H_5OH(g) \text{의 생성 엔탈피}) - (CH_3OCH_3(g) \text{의 생성 엔탈피})$ 이다. 따라서 $(b-a) \text{ kJ} < 0$ 이므로 $b < a < 0$ 이다.

반응 엔탈피(ΔH)=(반응물의 결합 에너지 총합)-(생성물의 결합 에너지 총합)이므로 $\Delta H = (CH_3OCH_3(g) \text{의 결합 에너지 총합}) - (C_2H_5OH(g) \text{의 결합 에너지 총합})$ 이다. 따라서 $CH_3OCH_3(g)$ 과 $C_2H_5OH(g)$ 의 결합 에너지 총합을 각각 $x \text{ kJ/mol}$, $y \text{ kJ/mol}$ 이라고 할 때 $\Delta H = (x-y) \text{ kJ} < 0$ 이므로 $y > x$ 이다.

$(2C(s, \text{흑연}) + 3H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g))$ 의 엔탈피 합이 $(2C(g) + 6H(g) + O(g))$ 의 엔탈피 합보다 작으므로 a, b, x, y 의 크기를 고려하여 이와 관련된 몇 가지 반응의 반응 엔탈피(ΔH)를 그림으로 나타내면 다음과 같다.



☒. $y > x^\circ$ 으로 결합 에너지 총합은 $C_2H_5OH(g)$ 이 $CH_3OCH_3(g)$ 보다 크다.

Ⓐ. $y > -a^\circ$ 으로 $C_2H_5OH(g)$ 의 결합 에너지 총합은 $-a\text{ kJ/mol}$ 보다 크다.

☒. $\frac{y}{x} = \frac{-b+k}{-a+k} \neq \frac{b}{a}^\circ$ 으로 $\frac{y}{x} \neq \frac{b}{a}^\circ$ 이다. 따라서

$C_2H_5OH(g)$ 의 결합 에너지 총합 $\neq \frac{b}{a}$ 이다.
 $CH_3OCH_3(g)$ 의 결합 에너지 총합 $\neq \frac{b}{a}$ 이다.

05 화학 평형과 평형 이동

수능 2점 테스트

본문 97~101쪽

- | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|
| 01 ④ | 02 ⑤ | 03 ③ | 04 ① | 05 ③ | 06 ④ |
| 07 ⑤ | 08 ④ | 09 ① | 10 ③ | 11 ④ | 12 ② |
| 13 ② | 14 ⑤ | 15 ③ | 16 ① | 17 ⑤ | 18 ③ |
| 19 ② | 20 ① | | | | |

01 화학 평형

Ⓐ. 화학 반응식에서 사용된 화살표가 \rightleftharpoons 으로, 이 반응은 가역 반응이다.

Ⓑ. 강철 용기에 $N_2(g)$ 와 $H_2(g)$ 를 넣으면 평형에 도달하기 전까지 $N_2(g)$ 와 $H_2(g)$ 의 농도는 감소하고 $NH_3(g)$ 의 농도는 증가한다. 따라서 평형 상태에 도달하기 전까지 $\frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$ 은 증가한다.

☒. 평형 상태에 도달하면 정반응의 속도와 역반응의 속도가 같아진다.

02 화학 평형

Ⓐ. (가)에는 $B(g)$ 가 존재하지 않으므로 평형 상태에 도달할 때 까지는 역반응이 우세하게 일어난다.

Ⓑ. (가)에서 (나)로 반응이 진행될 때 감소한 $C(g)$ 의 양을 $2x\text{ mol}$ 이라고 하면 양적 관계는 다음과 같다.

$A(g) + 3B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$		
반응 전(mol)	1	0
반응(mol)	$+x$	$+3x$
반응 후(mol)	$1+x$	$3x$
		$3-2x$

반응 후 C 의 몰 분율이 $\frac{1}{6}$ 이므로 $\frac{3-2x}{4+2x} = \frac{1}{6}$ 이고, $x=1$ 이다.

따라서 (나)에서 $[A] : [B] = 2 : 3$ 이다.

Ⓒ. 이 반응에서 반응 계수의 합은 반응물이 생성물보다 크다. (가)에서 (나)로 반응이 진행될 때 역반응이 우세하게 일어나 전체 기체의 양(mol)이 증가하므로 강철 용기 속 전체 기체의 압력은 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

03 화학 평형의 특징

(가)에서 (나)로 반응이 진행될 때 화학 반응식은 다음과 같다.



Ⓐ. (가)는 평형 상태에 도달하기 전이므로 $N_2O_4(g) \longrightarrow 2NO_2(g)$ 의 반응 속도는 (가) > (나)이다.

- ㉡ (나)는 평형 상태이므로 정반응의 속도와 역반응의 속도가 같다.
- ⓧ 혼합 기체의 색깔이 (나)에서가 (다)에서보다 진하므로 NO_2 의 농도는 (나)에서가 (다)에서보다 크다. 따라서 (다)에서 (나)로 반응이 진행될 때 $\text{N}_2\text{O}_4(g) \rightarrow 2\text{NO}_2$ 반응이 우세하게 일어났으므로 $\frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]}$ 은 (나)>(다)이다.

04 정반응의 속도와 역반응의 속도

- ⓧ 초기 상태에서 평형 상태로 도달할 때까지 $\text{A}(g)$ 농도의 변화량은 2M , $\text{B}(g)$ 농도의 변화량은 1M 이다. 따라서 $a=2b$ 이다.
- ㉡ t_1 일 때 평형 상태에 도달하기 전이므로 정반응의 속도 > 역반응의 속도이다.
- ⓧ t_2 일 때 이 반응은 평형에 도달하였으므로 정반응의 속도와 역반응의 속도는 같고, 0이 아니다.

05 화학 반응식과 평형 상수(K)

- ⓧ (가)에서 (나)로 반응이 진행될 때 정반응이 우세하게 일어났으므로 $\frac{[\text{C}]^2}{[\text{A}][\text{B}]}$ 는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.
- ⓧ 이 반응은 반응물의 반응 계수 합과 생성물의 반응 계수가 같으므로 반응 전과 후 전체 기체의 압력이 같다.
- ㉡ (가)에서 (나)로 반응이 진행될 때 정반응이 우세하게 일어났으므로 역반응의 속도는 증가한다. 따라서 역반응의 속도는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

06 화학 평형과 평형 상수(K)

- (가)에서 (나)로 반응이 진행될 때 감소한 $\text{A}(g)$ 의 양을 $x\text{ mol}$ 이라고 하면 양적 관계는 다음과 같다.

$\text{A}(g) + \text{B}(g) \rightleftharpoons 2\text{C}(g)$		
반응 전(mol)	1	4
반응(mol)	$-x$	$-x$
반응 후(mol)	$1-x$	$4-x$

기체의 부피는 모두 $V\text{ L}$ 이고, 이 반응의 평형 상수(K)가 4이므로 $\frac{4x^2}{(1-x)(4-x)}=4$ 이고, $x=\frac{4}{5}$ 이다. 따라서 (나)에서

$\text{A}(g)$ 와 $\text{B}(g)$ 의 양은 각각 $\frac{1}{5}\text{ mol}$, $\frac{16}{5}\text{ mol}$ 이므로 $\frac{[\text{B}]}{[\text{A}]}=16$ 이다.

07 화학 평형과 평형 상수(K)

- 초기 상태에서 평형 상태로 반응이 진행될 때 양적 관계는 다음과 같다.

$\text{A}(g) + 3\text{B}(g) \rightleftharpoons c\text{C}(g)$		
반응 전(M)	$\frac{5}{2}$	$\frac{13}{2}$
반응(M)	$-\frac{3}{2}$	$-\frac{9}{2}$
반응 후(M)	1	$2(-x)$

- ㉡ $\frac{3}{2}c=3$ 이므로 $c=2$ 이다.
- ㉡ $x=\frac{13}{2}-\frac{9}{2}=2$ 이다.
- ㉡ 평형 상수(K)= $\frac{3^2}{1 \times 2^3}=\frac{9}{8}$ 이다.

08 화학 평형과 평형 상수(K)

실험 I에서 양적 관계는 다음과 같다.

[실험 I]	$2\text{A}(g) \rightleftharpoons \text{B}(g)$	
반응 전(M)	1	0
반응(M)	$-\frac{1}{2}$	$+\frac{1}{4}$
반응 후(M)	$\frac{1}{2}(-x)$	$\frac{1}{4}$

따라서 온도 T 에서 이 반응의 농도로 정의되는 평형 상수(K)는 $\frac{[\text{B}]}{[\text{A}]^2}=\frac{\frac{1}{4}}{\left(\frac{1}{2}\right)^2}=1$ 이다. 실험 II의 평형 상태에서 $\text{B}(g)$ 의 농도가 1 M 이므로 $\text{A}(g)$ 의 농도는 $(y-2)\text{ M}$ 이다. 평형 상수(K)가 1이므로 $\frac{1}{(y-2)^2}=1$ 이고, $y>2$ 이므로 이를 풀면 $y=3$ 이다. 따라서 $x \times y=\frac{3}{2}$ 이다.

09 화학 반응식과 평형 상수(K)

B 의 몰 분율이 (나)>(가)이므로 (가)에서 (나)로 갈 때 정반응이 우세하게 일어난다. 이때 감소한 $\text{A}(g)$ 의 양을 $k\text{ mol}$ 이라고 하면 양적 관계는 다음과 같다.

$\text{A}(g) \rightleftharpoons 2\text{B}(g)$		
반응 전(mol)	5	2
반응(mol)	$-k$	$+2k$
반응 후(mol)	$5-k$	$2+2k$

(나)에서 B 의 몰 분율이 $\frac{2}{5}$ 이므로 $\frac{2+2k}{7+k}=\frac{2}{5}$ 이고 $k=\frac{1}{2}$ 이다.

따라서 (나)에서 $[\text{A}]=\frac{9}{2V}\text{ M}$ 이고, $[\text{B}]=\frac{3}{V}\text{ M}$ 이므로 평형 상수

$$(K)=\frac{\left(\frac{3}{V}\right)^2}{\frac{9}{2V}}=\frac{2}{V}$$

10 평형 이동의 조건

이 반응의 평형 상수(K)는 $\frac{[C]^2}{[A][B]}=1$ 이다.

ⓧ. 이 반응은 반응물의 반응 계수의 합과 생성물의 반응 계수가 같다. 따라서 실린더 속 전체 기체의 압력이 증가하더라도 평형은 이동하지 않는다.

ⓧ. $\text{He}(g)$ 을 넣은 후 전체 기체의 부피를 $V' \text{ L}$ 라고 할 때 $\frac{[C]^2}{[A][B]}=\frac{\left(\frac{1}{V'}\right)^2}{\frac{1}{V'} \times \frac{1}{V'}}=1$ 이다. 따라서 평형은 이동하지 않는다.

ⓦ. $\text{A}(g)$ 와 $\text{C}(g)$ 를 각각 1 mol 씩 추가한 후 전체 기체의 부피를 $V'' \text{ L}$ 라고 하면 $[A]=\frac{2}{V''} \text{ M}$, $[B]=\frac{1}{V''} \text{ M}$, $[C]=\frac{2}{V''} \text{ M}$ 이므로 반응 지수 $Q=\frac{2^2}{2 \times 1}=2$ 이고, $Q>K$ 이다. 따라서 역반응이 우세하게 일어난다.

11 평형 이동

$\text{N}_2\text{O}_4(g) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(g)$ 반응의 반응 엔탈피(ΔH)가 0보다 크다고 가정하면, (나)에서 온도를 높였으므로 정반응이 우세하게 일어난다. 시험관 속 전체 기체의 색깔은 (나)에서가 (가)에서보다 진해졌으므로 정반응이 우세하게 일어났다.

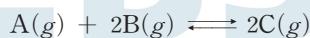
ⓦ. (나)에서 온도를 높여 주었을 때 기체의 색깔이 진해졌으므로 $\text{N}_2\text{O}_4(g) \longrightarrow 2\text{NO}_2(g)$ 이 우세하게 일어난다.

ⓦ. 이 학생이 세운 가설이 옳다고 하였으므로 ' $\text{N}_2\text{O}_4(g) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$ 의 반응 엔탈피(ΔH)는 0보다 크다.'는 ⑦으로 적절하다.

ⓧ. (가)와 (나)는 온도가 다르므로 평형 상태에서 $\frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]}$ 는 다르다.

12 평형 이동

초기 상태에서 평형 상태에 도달할 때까지 소모된 $\text{A}(g)$ 의 양을 $x \text{ mol}$ 이라고 하면 양적 관계는 다음과 같다.



반응 전(mol)	1	1	0
반응(mol)	$-x$	$-2x$	$+2x$
반응 후(mol)	$1-x$	$1-2x$	$2x$

초기 상태에서 기체 2 mol 의 전체 압력을 $6P \text{ atm}$ 이라고 하면 평형 상태에서 $(2-x) \text{ mol}$ 의 압력이 $5P \text{ atm}$ 이므로 $x=\frac{1}{3}$ 이다.

따라서 온도 T 에서 이 반응의 평형 상수(K)는 $\frac{\left(\frac{2}{3}\right)^2}{\frac{2}{3} \times \left(\frac{1}{3}\right)^2} \times V = 6V$ 이다.

13 평형 이동의 조건

ⓧ. 정반응은 흡열 반응이므로 온도를 낮추면 역반응이 우세하게 일어난다.

ⓦ. 온도를 일정하게 유지하면서 실린더에 $\text{He}(g)$ 을 추가하면 기체의 부피가 증가한다. $\text{He}(g)$ 을 추가한 후 기체의 부피를 $V' \text{ L}$ 라고 하면 반응 지수 $Q=\frac{1}{V'}$ 가 된다. 이 반응의 평형 상수 $K=\frac{1}{V}$ 이므로 $Q < K$ 이다. 따라서 정반응 쪽으로 평형을 이동시킨다.

ⓧ. 기체의 압력을 높이면 기체의 양(mol)이 감소하는 방향으로 평형이 이동하므로 역반응이 우세하게 일어난다.

14 온도 변화에 따른 평형 이동

ⓧ. T_1 에서 평형에 도달할 때까지 감소한 반응물의 양(mol)은 증가한 생성물의 양(mol)의 2배이다. 반응 계수가 $\text{A}(g)$ 가 $\text{B}(g)$ 의 2배이므로 넣어 준 물질은 $\text{A}(g)$ 이다.

ⓦ. t_1 일 때는 정반응이 우세하게 일어나므로 $Q < K$ 이고, t_3 일 때는 평형에 도달하였으므로 $Q=K$ 이다. 따라서 $\frac{K}{Q}$ 는 t_1 일 때가 t_3 일 때보다 크다.

ⓦ. 정반응은 발열 반응이다. T_1 에서 평형 상수(K)=2이고 T_2 에서 평형 상수(K)= $\frac{1}{9}$ 이므로 온도는 $T_2 > T_1$ 이다.

15 온도 변화에 따른 평형 이동

초기 상태에서 평형에 도달할 때까지 감소한 $\text{A}(g)$ 의 양을 $x \text{ mol}$ 이라고 하면 양적 관계는 다음과 같다.

	$\text{A}(g)$	$\text{B}(g)$	$\rightleftharpoons 2\text{C}(g)$
반응 전(mol)	2.5	2.5	0
반응(mol)	$-x$	$-x$	$+2x$
반응 후(mol)	$2.5-x$	$2.5-x$	$2x$

T_1 에서 평형 상수(K)= $\frac{1}{4}=\frac{(2x)^2}{(2.5-x)^2}$ 이므로 $x=\frac{1}{2}$ 이다.

ⓦ. (나)에서 C의 몰 분율이 $\frac{1}{5}$ 이므로 (나)에서 (다)가 될 때 정반응이 우세하게 일어난다. 이때 감소한 $\text{A}(g)$ 의 양을 $y \text{ mol}$ 이라고 하면 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g)$	$+ B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$
반응 전(mol)	2	2
반응(mol)	$-y$	$-y$
반응 후(mol)	$2-y$	$2-y$

$+ 2y$

C의 몰 분율이 $\frac{1}{3} = \frac{1+2y}{5}$ 이므로 $y = \frac{1}{3}$ 이다. 따라서 C(g)의 몰 농도비는 (나) : (다) = 1 : $\frac{5}{3} = 3 : 5$ 이다.

㉡ (다)에서 A(g)~C(g)의 몰 농도는 모두 $\frac{5}{3V} M$ 이므로 T_2 에서 평형 상수(K) = 1이다.

✖ 평형 상수(K)는 T_2 일 때가 T_1 일 때보다 크다. 정반응은 발열 반응이므로 온도는 $T_1 > T_2$ 이다.

16 화학 평형

T_1 에서 이 반응의 평형 상수(K) = $\frac{1}{4x^2} = 1$ 이므로 $x = \frac{1}{2}$ 이다.

실험 Ⅱ의 평형 상태에서 A(g)와 B(g)의 농도가 모두 $\frac{1}{2} M$ 이므로 T_2 에서 평형 상수(K) = 2이다.

실험 Ⅱ에서 증가한 B(g)의 농도가 $\frac{1}{2} M$ 이므로 감소한 A(g)의

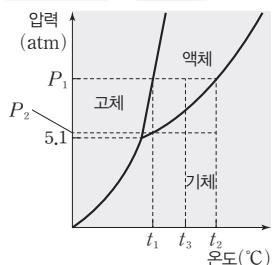
농도는 1 M이다. $y - 1 = \frac{1}{2}$ 이므로 $y = \frac{3}{2}$ 이다.

실험 Ⅲ에서 평형 상수는 Ⅱ에서와 같은 2이므로 $2 = \frac{z}{1}$, $z = 2$

이다. 따라서 $\frac{y \times z}{x} = \frac{\frac{3}{2} \times 2}{\frac{1}{2}} = 6$ 이다.

17 CO₂의 상평형 그림

P_1 atm일 때 안정한 상의 수가 2인 온도가 2가지 있으므로 $P_1 > 5.1$ 이다. t_1 °C에서 안정한 상의 수가 2인 압력이 2가지이고 $P_1 > P_2$ 이므로 $5.1 < P_2 < P_1$ 이고 t_1 °C P_1 atm에서는 CO₂(s)와 CO₂(l)가 평형을 이루고 있다. 따라서 t_2 °C P_1 atm에서는 CO₂(l)와 CO₂(g)가 평형을 이루고 있다. t_3 °C, P_1 atm에서 안정한 상은 액체이므로 이를 만족하는 $t_1 \sim t_3$, P_1 , P_2 를 나타내면 다음과 같다.



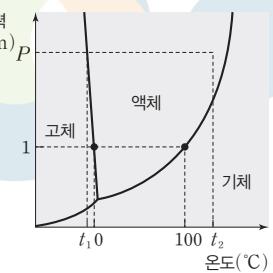
㉡ $P_2 > 5.1$ 이다.

㉡ t_1 °C, P_1 atm에서 CO₂의 안정한 상은 고체와 액체이다.

㉢ t_3 °C, P_2 atm에서 CO₂의 안정한 상은 기체이다.

18 H₂O의 상평형 그림

주어진 조건을 만족하는 t_1 °C, t_2 °C, P atm을 H₂O의 상평형 그림에 표시하면 다음과 같다.



㉡ $P > 1$ 이다.

㉡ t_1 °C, 1 atm에서 안정한 상은 고체이다.

✖ $t_2 - t_1 > 100$ 이다.

19 H₂O의 상평형 그림

✖ 응해 곡선의 기울기가 음수이고, 1 atm에서 녹는점이 0°C 이므로 녹는점이 0°C보다 높으면 H₂O(s)가 받는 압력은 1 atm보다 작다.

㉡ 1 atm에서 H₂O(l)의 끓는점이 100°C 이므로 1 atm에서 H₂O(l)은 100°C를 넘을 수 없다.

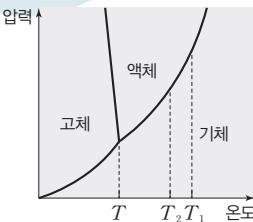
✖ 삼중점은 변하지 않는다.

20 H₂O의 상평형 그림

㉡ Ⅱ에서 H₂O(l)과 H₂O(g)가 평형을 이루고 있다. I에서 안정한 상의 수는 2이고, 온도는 Ⅱ와 같으므로 I에서 역시 H₂O(l)과 H₂O(g)가 평형을 이루고 있다.

✖ I과 Ⅱ 모두 안정한 상의 수는 2이고 온도가 같으므로 H₂O(g)의 압력(atm)은 같다. 따라서 $x = y$ 이다.

✖ Ⅲ은 넣어 준 H₂O(l)의 질량이 Ⅱ와 같고 온도는 낮으므로 상평형 그림에 나타내면 다음과 같다. 따라서 $n = 2$ 이다.



수능 3점 테스트

분문 102~111쪽

- | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|
| 01 ⑤ | 02 ② | 03 ③ | 04 ① | 05 ③ | 06 ④ |
| 07 ③ | 08 ① | 09 ④ | 10 ③ | 11 ① | 12 ⑤ |
| 13 ④ | 14 ⑤ | 15 ⑤ | 16 ③ | 17 ③ | 18 ① |
| 19 ② | 20 ② | | | | |

01 평형 상수

초기 상태에서 평형 상태에 도달할 때까지 감소한 A(g)의 양을 $2x \text{ mol}$ 이라고 하면, 양적 관계는 다음과 같다.

$2A(g) \rightleftharpoons B(g) + cC(g)$		
반응 전(mol)	0.1	0
반응(mol)	$-2x$	$+x$
반응 후(mol)	$0.1 - 2x$	x

$cC(g)$

평형 상태에서 A와 B의 몰 분율의 비가 $2 : 1$ 이므로 $(0.1 - 2x) : x = 2 : 1$, $x = \frac{1}{40}$ 이다.

㉡ $x = \frac{1}{40}$ 이고 A의 몰 분율은 $\frac{1}{3}$ 이므로 $\frac{\frac{20}{3}c}{\frac{20}{40} + \frac{c}{40}} = \frac{1}{3}$, $c = 3$ 이다.

㉡ 평형 상수 $K = \frac{\frac{1}{40} \times \left(\frac{3}{40}\right)^3}{\left(\frac{1}{20}\right)^2} = \frac{27}{6400}$ 이다.

㉢ 반응 후 전체 기체의 양과 압력은 각각 0.15 mol , 1.5 atm 으로 반응 전 A(g) 0.1 mol 의 압력은 1 atm 이다.

02 반응 지수와 평형 상수

강철 용기에 넣어 준 A(g)의 농도가 1 M 이므로 반응이 진행되어 B(g)가 각각 0.1 M 일 때와 0.2 M 일 때 양적 관계는 다음과 같다.

$2A(g) \rightleftharpoons B(g) + cC(g)$		
반응 전(M)	1	0
반응(M)	-0.2	$+0.1$
반응 후(M)	0.8	0.1

$cC(g)$

$2A(g) \rightleftharpoons B(g) + cC(g)$		
반응 전(M)	1	0
반응(M)	-0.4	$+0.2$
반응 후(M)	0.6	0.2

$cC(g)$

B(g)의 몰 농도가 0.1 M 일 때 $K = 16Q$ 이고, B(g)의 몰 농도가 0.2 M 일 때 $K = \frac{9}{4}Q$ 이다. 따라서 $16 \times \frac{0.1 \times (0.1c)^c}{0.8^2} = \frac{9}{4}$ $\times \frac{0.2 \times (0.2c)^c}{0.6^2}$ 이고, 이를 정리하면 $2 = 2^c$ 이다. 이를 만족하는 $c = 1$ 이므로 평형 상수 $K = 16 \times \frac{0.1^2}{0.8^2} = \frac{1}{4}$ 이다. B(g)의 몰 농도가 $x \text{ M}$ 일 때 평형 상태이므로 평형 상태에서 양적 관계는 다음과 같다.

$2A(g) \rightleftharpoons$	$B(g) + C(g)$
반응 전(M)	1
반응(M)	$-2x$
반응 후(M)	$1 - 2x$

$B(g)$

평형 상수 $K = \frac{x^2}{(1-2x)^2} = \frac{1}{4}$ 이므로 $x = \frac{1}{4}$ 이다. 따라서 $c \times x = 1 \times \frac{1}{4} = \frac{1}{4}$ 이다.

03 화학 평형

(가) → (라)에서 반응한 A(g)의 몰 농도를 $a \text{ M}$ 라고 하면, (라)에서 A(g)~C(g)의 농도는 각각 $(1-a) \text{ M}$, $(1-a) \text{ M}$, $2a \text{ M}$ 이다. (라)에서 C의 몰 분율이 $\frac{1}{2}$ 이므로 A와 B의 몰 분율은 각각 $\frac{1}{4}$ 이다. 따라서 $a = \frac{1}{2}$ 이므로 평형 상태에서 A(g)와 B(g)의 농도는 각각 $\frac{1}{2} \text{ M}$ 이고 C(g)의 농도는 1 M 이다.

㉡ 평형 상수 $K = \frac{1^2}{\left(\frac{1}{2}\right)^2} = 4$ 이다.

㉢ (나)에서 반응이 진행되어 평형 상태에 도달할 때까지 감소한 C(g)의 농도를 $2n \text{ M}$ 라고 하면 평형 상태에서 C의 몰 분율은 $\frac{1}{2}$, A와 B의 몰 분율은 각각 $\frac{1}{4}$ 이므로 $x = 4n$ 이다. (라)에서 C(g)의 농도는 1 M 으로 $4n - 2n = 1$, $n = \frac{1}{2}$ 이다. 따라서 $x = 2$ 이다.

㉣ (다)에서 A(g)의 농도를 $m \text{ M}$ 라고 하면 반응 지수 $Q = \frac{m^2}{m^2} = 1 < K$ 이다. 따라서 정반응이 우세하게 일어난다.

04 초기 상태와 평형 상태

㉤ 1에서 A(g)가 $\frac{4}{3} \text{ M}$ 만큼 감소할 때 B(g)도 $\frac{4}{3} \text{ M}$ 만큼 감소하므로 $b = 1$ 이다.

㉥ 1에서 A(g)가 $\frac{4}{3} \text{ M}$ 만큼 감소하므로 평형 상태에서 C(g)

의 농도는 $\frac{8}{3} (=x)$ M이다. 따라서 평형 상수 $K = \frac{\left(\frac{8}{3}\right)^2}{\frac{2}{3} \times \frac{8}{3}} = 4$ 이다.

☒. 평형 상수 $K = \frac{3^2}{y \times 1} = 4$, $y = \frac{9}{4}$ 이고 $x = \frac{8}{3}$ 이므로 Ⅲ에서 반응 지수 $Q = \frac{5^2}{\frac{8}{3} \times \frac{9}{4}} = \frac{25}{6} > K$ 이다. 따라서 역반응이 우세하게 일어나므로 $z < 5$ 이다.

05 고체가 포함된 반응의 평형

◎. 이 반응의 평형 상수 $K = \frac{[B]}{[A]^2}$ 이고, (가)와 (나)는 온도가 같고 모두 평형 상태이므로 (가)와 (나)에서 $\frac{[B]}{[A]^2}$ 는 같다.

◎. (가)에서 $\frac{A(g)\text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}} = \frac{1}{21}$ 이므로 $[B] = 20x$ M이고, (나)에서 $\frac{A(g)\text{의 양(mol)}}{\text{전체 기체의 양(mol)}} = \frac{1}{11}$ 이므로 $[B] = 10y$ M이다. 따라서 $\frac{20x}{x^2} = \frac{10y}{y^2}$, $\frac{x}{y} = 2$ 이다.

☒. A(g)와 B(g)의 몰 농도 합은 (가)에서 $21x (=42y)$ M이고, (나)에서 $11y$ M이다. 따라서 혼합 기체의 압력은 (가)에서가 (나)에서의 4배보다 작다.

06 반응 지수와 평형 상수

◎. (가)에서 $\frac{Q}{K} = 0.5$ 이므로 $K > Q$ 이다. 따라서 정반응이 우세하게 일어난다.

◎. (나)에서와 (라)에서는 $\frac{Q}{K} = 1$ 이므로 평형 상태이다. (나)와 (라)에서 [B]를 각각 a M, b M라고 하면 $\frac{a^2}{1} = \frac{b^2}{4}$, $b = 2a$ 이다. (라)는 (나)와 비교할 때 A(g)의 농도는 4배, B(g)의 농도는 2배이므로 전체 기체의 압력은 (라)에서가 (나)에서의 2배보다 크다. ☒. (가)와 (나)에서 [B]를 각각 x M, y M라고 하면 (가)에서 $Q = \frac{x^2}{0.5} = K \times 0.5$, $x = \sqrt{K} \times 0.5$ 이고, (나)에서 $Q = \frac{y^2}{3} = K \times 3$, $y = \sqrt{K} \times 3$ 이다. 따라서 [B]는 (나)에서가 (가)에서의 6배이다.

07 화학 평형의 이동

(가)에서 실린더의 부피를 V L라고 하면 이 반응의 농도로 정의되는 평형 상수 $K = \frac{1}{V}$ 이다.

◎. (다)에서 (라)로 이동할 때 기체의 부피가 증가하였으므로 기체의 양(mol)이 증가하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다. 따라서 A(g)의 양(mol)은 (다) > (라)이다.

◎. (가)에서 (나)로 이동할 때 부피가 $\frac{1}{2}$ 배가 되었으므로 역반응이 우세하게 일어난다. 이때 감소한 B(g)의 양을 $2x$ mol이라고 하면 양적 관계는 다음과 같다.

A(g)	\rightleftharpoons	2B(g)
반응 전(mol)	1	1
반응(mol)	$+x$	$-2x$
반응 후(mol)	$1+x$	$1-2x$

$$\text{실린더의 부피는 } \frac{V}{2} \text{ L이므로 평형 상수 } K = \frac{\left(\frac{1-2x}{\frac{V}{2}}\right)^2}{\frac{1+x}{\frac{V}{2}}} = \frac{1}{V} \cdot \frac{(1-2x)^2}{1+x} = \frac{1}{2}, x = \frac{1}{8} \text{이다.}$$

따라서 (나)에서 A(g)와 B(g)의 양은 각각 $\frac{9}{8}$ mol, $\frac{3}{4}$ mol이므로 몰 농도비는 A(g) : B(g) = 3 : 2이다.

☒. (나)에서 반응이 진행되기 전 초기 상태에서 A(g)와 B(g)의 몰 농도는 모두 $\frac{2}{V}$ M이다. (라)는 (가)에서 A(g)와 B(g)를 각각 1 mol씩 추가하여 평형에 도달한 상태와 같으므로 (가)에서 A(g)와 B(g)를 각각 1 mol씩 추가한 경우 A(g)와 B(g)의 초기 몰 농도는 모두 $\frac{2}{V}$ M이다. 따라서 (나)와 (라)의 평형 상태에서 A(g)와 B(g)의 몰 농도는 각각 같으므로 실린더 속 전체 기체의 압력은 (나)에서와 (라)에서가 같다.

08 화학 평형의 이동

(가)는 평형 상태이므로 평형 상수 $K = \frac{x^2}{\left(\frac{1}{6} \times x^2\right)} \times V = 6V$ 이다.

(나)의 초기 상태는 A(g)가 1 mol, B(g)와 C(g)가 각각 x mol이 있는 상태이고, (나)의 평형 상태로 도달할 때까지 감소한 A(g)의 양을 n mol이라고 할 때 양적 관계는 다음과 같다.

A(g)	$+$	2B(g)	\rightleftharpoons	2C(g)
반응 전(mol)	1	x	x	
반응(mol)	$-n$	$-2n$	$+2n$	
반응 후(mol)	$1-n$	$x-2n$	$x+2n$	

몰 분율의 비는 A : B : C = 1 : 2 : 2이므로 $1-n : x-2n : x+2n = 1 : 2 : 2$ 에서 $x=2$ 이다. 또한 몰 분율의 비는 B : C = 1 : 2이므로 $x-2n : x+2n = 1 : 2$ 에서 $x=2$ 이다.

$x+2n=1$: 2에서 $n=\frac{1}{3}$ 이므로 C(g)의 양은 $\frac{8}{3}(=y)$ mol이다.
다. 따라서 $\frac{K}{V} \times \frac{y}{x}=8$ 이다.

09 농도 변화와 화학 평형 이동

(가)에서 기체 4 mol의 부피가 4V L이므로 기체 1 mol에 해당하는 부피는 V L이다. 따라서 넣어 준 X(g)와 Y(g)는 각각 1 mol이다. (가)를 통해 이 반응의 농도로 정의되는 평형 상수 $K=4$ 라는 것을 알 수 있다.

╳. (다)에서 A와 B의 몰 분율이 같으므로 X(g)와 Y(g)는 각각 A(g)와 B(g) 중 하나이거나 X(g)와 Y(g) 모두 C(g)이어야 한다. 만약 X(g)가 C(g)인 경우 (가) \rightarrow (나)에서 감소한 C(g)의 양을 $2x$ mol이라고 할 때 양적 관계는 다음과 같다.

	A(g) + B(g)	\rightleftharpoons	2C(g)
반응 전(mol)	1	1	3
반응(mol)	+x	+x	-2x
반응 후(mol)	1+x	1+x	3-2x

평형 상수 $K=\frac{(3-2x)^2}{(1+x)^2}=4$ 이고, $x=\frac{1}{4}$ 이므로 A(g)~C(g)의 양은 각각 $\frac{5}{4}$ mol, $\frac{5}{4}$ mol, $\frac{5}{2}$ mol이다. 따라서 (나)에서 C의 몰 분율은 $\frac{1}{2}$ 로 (가)와 같다. 따라서 X(g)는 C(g)가 아니다.
◎. (나)는 (가)에서 A(g)와 B(g)를 각각 1 mol씩 첨가한 것으로 (가) \rightarrow (나)에서 감소한 A(g)의 양을 y mol이라고 할 때 양적 관계는 다음과 같다.

	A(g) + B(g)	\rightleftharpoons	2C(g)
반응 전(mol)	2	2	2
반응(mol)	-y	-y	+2y
반응 후(mol)	2-y	2-y	2+2y

평형 상수 $K=\frac{(2+2y)^2}{(2-y)^2}=4$ 이고, $y=\frac{1}{2}$ 이므로 (나)에서 C(g)의 양은 3 mol이다. 따라서 (나)는 (가)와 비교할 때 전체 부피가 $\frac{3}{2}$ 배, C(g)의 양(mol)도 $\frac{3}{2}$ 배이므로 (가)와 (나)에서 C(g)의 몰 농도는 같다.

◎. (가) \rightarrow (나)에서 넣어 준 X(g)는 A(g) 또는 B(g)이다. X(g)를 A(g)라고 가정하고, 평형에 도달할 때까지 감소한 A(g)의 양을 z mol이라고 할 때 양적 관계는 다음과 같다.

	A(g) + B(g)	\rightleftharpoons	2C(g)
반응 전(mol)	2	1	2
반응(mol)	-z	-z	+2z
반응 후(mol)	2-z	1-z	2+2z

C의 양(mol)은 (다) $>$ (나)이므로 $z < \frac{1}{2}$ 이다. A와 B의 몰 분율 합은 $\frac{3-2z}{5}$ 이므로 $\frac{2}{5}$ 보다 크다.

10 고체가 포함된 반응의 화학 평형

초기 상태에서 기체 5.5 mol의 압력이 11P atm이므로 평형 상태에서 기체의 양은 6 mol이다. 초기 상태에서 B(s)의 양을 n mol, 평형에 도달할 때까지 감소한 A(g)의 양을 x mol이라고 하면 양적 관계는 다음과 같다.

A(g) + B(s)	\rightleftharpoons	2C(g)
반응 전(mol)	5.5	n
반응(mol)	-x	-x
반응 후(mol)	$5.5-x$	$n-x$
		$2x$

평형 상태에서 기체의 양은 6 mol이므로 $x=\frac{1}{2}$ 이다.

◎. 평형 상태에서 A(g)의 농도는 $\frac{5}{V}$ M, C(g)의 농도는 $\frac{1}{V}$ M이므로 이 반응의 평형 상수 $K=\frac{1}{5V}$ 이다.

╳. 증가한 기체의 질량은 반응에 참여한 B(s)의 질량이므로 B(s) 0.5 mol의 질량은 $3w$ g이다. A(g) 5.5 mol의 질량이 $121w$ g이므로 화학식량의 비는 A : B = 11 : 3이다. 따라서 A의 화학식량은 B의 화학식량의 4배보다 작다.

◎. 생성된 C(g)의 질량은 감소한 A(g)와 B(s)의 질량 합과 같다. A(g) 5.5 mol의 질량이 $121w$ g이므로 A(g) 0.5 mol의 질량은 $11w$ g이고, B(s) 0.5 mol의 질량은 $3w$ g이다. 따라서 $m=14w$ 이다.

11 화학 평형 이동

◎. (가)에서 B(g)와 C(g)의 양(mol)이 같으므로 (나) 역시 B(g)와 C(g)의 양(mol)이 같다. A의 몰 분율이 $\frac{1}{3}$ 이므로 B와 C의 몰 분율 역시 각각 $\frac{1}{3}$ 이다. (나)에서 A~C의 몰 분율이 모두 $\frac{1}{3}$ 이 되기 위해서는 A(g)는 $\frac{2}{3}$ mol이 감소하고 B(g)와 C(g)는 $\frac{1}{3}$ mol이 증가하여 모두 $\frac{4}{3}$ mol이 되어야 한다. 따라서 온도 T_2 에서 이 반응의 평형 상수는 1이다. T_1 에서 평형 상수 $K=\frac{1}{4}$ 이므로 $\frac{T_2}{T_1}$ 에서 $K=\frac{1}{4}$ 이다.

╳. X(g)가 B(g)인 경우, (가) \rightarrow (나)에서 감소한 B(g)의 양을 m mol이라고 하면 양적 관계는 다음과 같다.

	$2A(g) \rightleftharpoons B(g) + C(g)$
반응 전(mol)	2
반응(mol)	+2m
반응 후(mol)	2+2m

	$2A(g) \rightleftharpoons B(g) + C(g)$
반응 전(mol)	3
반응(mol)	-m
반응 후(mol)	3-m

	$2A(g) \rightleftharpoons B(g) + C(g)$
반응 전(mol)	1
반응(mol)	-m
반응 후(mol)	1-m

$$T_1 \text{에서 평형 상수 } K = \frac{(3-m) \times (1-m)}{(2+2m)^2} = \frac{1}{4} \text{이고, } m = \frac{1}{3}$$

이므로 $a = \frac{8}{3}$ 이다. (다)에서 $b = \frac{8}{3}$ 이므로 주어진 조건에 모순이다. 마찬가지로 $X(g)$ 가 $C(g)$ 인 경우도 모순이다. 따라서 $X(g)$ 는 $A(g)$ 이다. (가) \rightarrow (나)에서 감소한 $A(g)$ 의 양을 $2m'$ mol이라고 하면 양적 관계는 다음과 같다.

	$2A(g) \rightleftharpoons B(g) + C(g)$
반응 전(mol)	4
반응(mol)	-2m'
반응 후(mol)	4-2m'

	$2A(g) \rightleftharpoons B(g) + C(g)$
반응 전(mol)	1
반응(mol)	+m'
반응 후(mol)	1+m'

$$\text{평형 상수 } K = \frac{(1+m')^2}{(4-2m')^2} = \frac{1}{4} \text{이고, } m' = \frac{1}{2} \text{이다. 따라서 } a = 3$$

이므로 $a > b$ 의 조건을 만족한다.

▣. (가)는 강철 용기에 $A(g)$ x mol을 넣고 도달한 평형 상태 이므로 생성된 $B(g)$ 와 $C(g)$ 는 각각 1 mol이고 감소한 $A(g)$ 는 2 mol이다. 따라서 $x = 4$ 이다. (라)는 (가)에서 $A(g)$ 를 2 mol 추가한 후 온도를 T_2 로 변화시킨 상태이다. T_2 에서 평형 상수가 1이므로 (가) \rightarrow (라)에서 감소한 $A(g)$ 의 양(mol)을 $2n$ mol이라고 하면 양적 관계는 다음과 같다.

	$2A(g) \rightleftharpoons B(g) + C(g)$
반응 전(mol)	4
반응(mol)	-2n
반응 후(mol)	4-2n

	$2A(g) \rightleftharpoons B(g) + C(g)$
반응 전(mol)	1
반응(mol)	+n
반응 후(mol)	1+n

$$T_2 \text{에서 평형 상수 } K = \frac{(1+n)^2}{(4-2n)^2} = 1 \text{이고 } n = 1 \text{이다. 따라서}$$

$y = 2$ 이고, $\frac{y}{x} = \frac{1}{2}$ 이다.

12 화학 평형 이동

강철 용기에 $A(g)$ 를 넣은 초기 상태에서 반응이 진행됨에 따라 A 의 몰 농도는 점점 감소한다.

① 평형 상태에서 A 의 몰 농도가 $I > II$ 이므로 II 에서가 I 에서 보다 정반응 쪽으로 평형이 이동하였다. 따라서 $K_2 > K_1$ 이다.

② 이 반응은 정반응이 흡열 반응이므로 온도를 높이면 정반응 쪽으로 평형이 이동한다. 따라서 $T_2 > T_1$ 이다.

③ II 는 I 과 비교할 때 온도도 높고 반응이 정반응 쪽으로 더 진행되어 전체 기체의 양(mol)도 많다. 따라서 $P_2 > P_1$ 이다.

13 발열 반응에서 평형 이동

(가)에서 (나)로 반응이 진행될 때 감소한 $A(g)$ 의 양을 x mol이라고 하면 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$
반응 전(mol)	2
반응(mol)	-x
반응 후(mol)	2-x

	$A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$
반응 전(mol)	3
반응(mol)	-x
반응 후(mol)	3-x

	$A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$
반응 전(mol)	0
반응(mol)	+2x
반응 후(mol)	2x

(나)에서 A 의 몰 분율이 $\frac{1}{10} = \frac{2-x}{5}$ 이므로 $x = \frac{3}{2}$ 이다. 따라서 $A(g) \sim C(g)$ 의 양은 각각 $\frac{1}{2}$ mol, $\frac{3}{2}$ mol, 3 mol이므로 T_1 에서 평형 상수는 12이다.

④ (다)에서 A 의 몰 분율이 $\frac{1}{5}$ 이다. (가)에서 (다)로 반응이 진행될 때 감소한 $A(g)$ 의 양을 y mol이라고 하면 A 의 몰 분율 $\frac{1}{5} = \frac{2-y}{5}$ 이므로 $y = 1$ 이다. (다)는 (나)와 비교할 때 역반응 쪽으로 평형이 이동하였고 정반응이 발열 반응이므로 $T_2 > T_1$ 이다.

⑤ (다)에서 $A(g) \sim C(g)$ 의 양은 각각 1 mol, 2 mol, 2 mol이며 T_2 에서 평형 상수는 2이다. 따라서 $\frac{T_2}{T_1} \text{에서 } K = \frac{1}{6}$ 이다.

▣. (다)에서 $A(g)$ m mol과 $B(g)$ n mol을 추가하였을 때 전체 기체의 압력이 2배가 되었으므로 넣어 준 기체의 양(mol)은 (다)의 기체의 양(mol)과 같다. (다)에서 기체의 양이 5 mol이며 $m+n=5$ 이다. 반응 후 $C(g)$ 의 양이 4 mol이므로 생성된 $C(g)$ 의 양은 2 mol이다. 따라서 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$
반응 전(mol)	1+m
반응(mol)	-1
반응 후(mol)	m

	$A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$
반응 전(mol)	2+n
반응(mol)	-1
반응 후(mol)	1+n

	$A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$
반응 전(mol)	2
반응(mol)	+2
반응 후(mol)	4

T_2 에서 평형 상수는 $\frac{16}{m \times (1+n)} = 2$ 이고 $m+n=5, m > n$ 이다.

므로 $m=4, n=1$ 이다. 따라서 $\frac{m}{n}=4$ 이다.

14 화학 평형

실험 I에서 전체 압력이 P atm이고, $A(g)$ 와 $B(g)$ 양(mol)의 합은 $Ne(g)$ 의 양(mol)과 같으므로 $Ne(g)$ 의 부분 압력은 $0.5P$ atm이다. 따라서 $B(g)$ 의 부분 압력은 $0.3P$ atm이다. II에서 $A(g)$ 의 부분 압력이 $0.2P$ atm이므로 $B(g)$ 의 부분 압력은 $0.8P$ atm이다.

⑥ 기체의 몰 농도는 $\frac{P}{T}$ 에 비례하므로 $K_1 : K_2 = \frac{3}{2} : \frac{8}{2} = 3 : 8$ 이다.

① 실험 I과 II의 전체 기체의 몰비는 $I : II = 2 : 1$ 이고, 전체 기체의 압력과 부피는 같으므로 $T_2 = 2T_1$ 이다.

② I에서 $B(g)$ 의 부분 압력은 $0.3P$ atm이고, II에서 $B(g)$ 의 부분 압력은 $0.8P$ atm이다. 기체의 몰 농도는 $\frac{P}{T}$ 에 비례하므로

$$B(g) \text{의 몰 농도비는 } I : II = \frac{0.3}{T_1} : \frac{0.8}{2T_1} = 3 : 4 \text{이다.}$$

15 상평형 그림

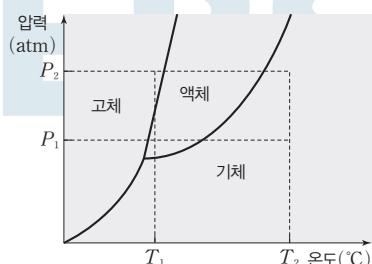
① 압력이 P_3 일 때 온도 T_1 과 T_2 에서 안정한 상의 수는 2이므로 T_2 는 끓는점, T_1 은 녹는점이다. X가 CO_2 일 경우 삼중점의 압력보다 낮은 P_1 일 때 온도 T_1 과 T_2 에서 X는 모두 기체이다. 따라서 X는 H_2O 이다.

② 온도 T_2 는 삼중점에서의 압력보다 높은 압력에서 끓는점으로 삼중점에서의 온도보다 높다.

③ H_2O 의 용융 곡선의 기울기는 음수이므로 P_2 에서의 녹는점은 T_1 보다 높다.

16 CO_2 의 상평형 그림

주어진 조건을 만족하는 P_1 , P_2 , T_1 , T_2 를 상평형 그림에 표시하면 다음과 같다.



① $P_2 > P_1$ 이다.

② 압력이 P_1 , 온도가 T_2 일 때 안정한 상은 기체이다.

☒ 압력이 P_2 에서 끓는점은 온도 T_2 보다 낮다.

17 H_2O 의 상태 변화

① (나)에서 온도가 일정한 구간이 2개 존재하므로 상태 변화가 2번 일어났다. 따라서 P 는 P_1 이다.

② t_2 는 압력이 P_1 atm일 때의 끓는점이다. $P_1 > 1$ 이므로 $t_2 > 100$ 이다.

☒ 100°C, P atm에서 H_2O 의 가장 안정한 상태는 액체이다.

18 CO_2 의 상태 변화

① 꼭지를 열면 강철 용기와 실린더에 작용하는 외부 압력이 1 atm이 되므로 강철 용기와 실린더에 존재하는 CO_2 는 모두 $CO_2(g)$ 이다.

☒ $t^\circ C$ 에서 $CO_2(s)$ 와 평형을 이루는 $CO_2(g)$ 의 압력은 3 atm이다. 따라서 (나)에서 강철 용기의 부피가 V L이므로 들어 있는 $CO_2(g)$ 의 질량은 $3w_2$ g이다.

☒ $CO_2(g)$ w_2 g을 n mol이라고 하면 1 atm에서 기체 n mol의 부피는 V L이다. 꼭지를 열었을 때 실린더의 부피가 $4V$ L이었으므로 전체 기체의 부피는 $5V$ L이다. 따라서 강철 용기에 들어 있었던 CO_2 의 양은 $4n$ mol이다. $CO_2(s)$ w_1 g은 n mol에 해당하므로 $w_1 : w_2 = 1 : 1$ 이다.

19 화학 평형

(가)에서 용기 속 $A(g)$ 의 양을 Pn mol이라고 하면 실린더 속 $B(g)$ 의 양은 n mol이다. 꼭지를 열고 반응이 일어나 평형에 도달할 때까지 감소한 $A(g)$ 의 양을 xn mol이라고 하면 양적 관계는 다음과 같다.

$A(g)$	$+ bB(g)$	$\rightleftharpoons 2C(g)$
반응 전(mol)	Pn	n
반응(mol)	$-xn$	$-bxn$
반응 후(mol)	$Pn-xn$	$n-bxn$
		$2xn$

(나)에서 $A(g)$ 와 $C(g)$ 의 부분 압력비가 $3 : 2$ 이므로 몰비가 $3 : 2$ 이다. 따라서 $Pn - xn : 2xn = 3 : 2$ 이므로 $P = 4x$ 이므로 반응 후 기체의 양은 $(5xn + n - bxn)$ mol이다. (가)에서 실린더 속 기체 n mol의 부피가 1 L이고, (나)에서 기체 $(5xn + n - bxn)$ mol의 부피가 4 L이므로 비례식에 의해 $(5 - b)x = 3$ 이다. b 가 정수이고 $n - bxn > 0$ 이어야 하므로 가능한 값은 $b=1$, $x=\frac{3}{4}$ 이고, $P=3$ 이다. (나)에서 $A(g) \sim C(g)$ 의 양은 각각 $\frac{9}{4}n$ mol, $\frac{1}{4}n$ mol, $\frac{3}{2}n$ mol이므로 평형 상수 $K=4$ 이다. 따라서 $\frac{b+P}{K}=1$ 이다.

20 화학 평형

실험 I에서 $Z(g)$ z mol을 넣고 반응이 일어나 평형에 도달했을 때 Z 의 몰 분율은 X 의 몰 분율의 2배이다. 따라서 감소한 $Z(g)$ 의 양은 $\frac{1}{2}z$ mol이고, 증가한 $X(g)$ 의 양은 $\frac{1}{4}z$ mol이다. 따라서 농도로 정의되는 평형 상수 $K=4$ 이다. 실험 II에서 $Y(g)$ y mol, $Z(g)$ z mol을 넣고 반응이 일어나 평형에 도달하였을 때 Y 와 Z 의 몰 분율이 같다. 평형에 도달할 때까지 감소한 $Z(g)$ 의 양을 $2w$ mol이라고 하면 양적 관계는 다음과 같다.

$X(g)$	$+ Y(g)$	$\rightleftharpoons 2Z(g)$
반응 전(mol)	0	y
반응(mol)	$+w$	$+w$
반응 후(mol)	w	$y+w$
		$z-2w$

$$y+w=z-2w \text{이므로 } \text{반응의 평형 상수 } K = \frac{(y+w)^2}{w \times (y+w)} = 4 \text{이고 } w = \frac{y}{3} \text{이므로 } z=2y \text{이다.}$$

실험 Ⅲ에서 X(g) x mol, Y(g) y mol을 넣고 반응이 일어나 평형에 도달할 때까지 감소한 X(g)의 양을 $\frac{1}{2}t$ mol이라고 하면 양적 관계는 다음과 같다.

	X(g)	+	Y(g)	\rightleftharpoons	2Z(g)
반응 전(mol)	x		y		0
반응(mol)	$-\frac{1}{2}t$		$-\frac{1}{2}t$		$+t$
반응 후(mol)	$x - \frac{1}{2}t$		$y - \frac{1}{2}t$		t

평형에서 X와 Z의 몰 분율이 같으므로 $x = \frac{3}{2}t$ 이다. 평형 상수

$$K = \frac{t^2}{t \times \left(y - \frac{1}{2}t\right)} = 4 \text{이고, } y = \frac{3}{4}t \text{이므로 } x = 2y \text{이다. 따라서}$$

$$\frac{x+z}{y} = \frac{2y+2y}{y} = 4 \text{이다.}$$

06 산 염기 평형

수능 2점 테스트

본문 122~124쪽

- | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|
| 01 ③ | 02 ⑤ | 03 ① | 04 ④ | 05 ① | 06 ⑤ |
| 07 ③ | 08 ① | 09 ⑤ | 10 ② | 11 ② | 12 ⑤ |

01 약산 수용액의 pH

0.5 M HA(aq)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{A}^-]$ 이고, $[\text{HA}] \approx 0.5 \text{ M}$ 이므로 $K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]}$ 에서

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{K_a \times 0.5} = \sqrt{2 \times 10^{-6} \times 0.5} = 1 \times 10^{-3} \text{ M} \text{이고, pH} = 3.0 \text{이다.}$$

02 약산 수용액의 pH

농도가 x M인 약산 HA의 수용액에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{A}^-]$ 이고, $[\text{HA}] \approx x \text{ M}$ 이므로 HA의 이온화 상수(K_a) = $\frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]}$

$$= \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{x} \text{이고 } x = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{K_a} \text{이다. pH} = 3.0 \text{이면 } [\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-3} \text{ M} \text{이므로 } x = \frac{1 \times 10^{-6}}{1 \times 10^{-6}} = 1 \text{이다. pH} = 2.0 \text{이면 } [\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-2} \text{ M} \text{이므로 } y = \frac{1 \times 10^{-4}}{2 \times 10^{-5}} = 5 \text{이다. 따라서 } \frac{y}{x} = 5 \text{이다.}$$

03 산의 세기

같은 온도, 농도의 수용액에서 강산은 약산보다 이온화되는 정도가 크다.

◎ HA는 HB보다 이온화되는 정도가 크므로 강한 산이다.

☒ HA가 HB보다 강한 산이므로 같은 농도의 수용액에서 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 HA(aq)이 HB(aq)보다 크다. 따라서 pH는 HB(aq)이 HA(aq)보다 크다.

☒ HA가 HB보다 강한 산이므로 짹염기의 세기는 B⁻이 A⁻보다 강하다. 따라서 염기의 이온화 상수(K_b)는 B⁻이 A⁻보다 크다.

04 염기의 이온화 상수

0.2 M B(aq)에서 $K_b = \frac{[\text{BH}^+][\text{OH}^-]}{[\text{B}]}$ 이고, $[\text{BH}^+] = [\text{OH}^-] = x \text{ M}$ 라고 하면 $x^2 = 0.2 \times 2 \times 10^{-5}$ 이고, $x = 2 \times 10^{-3}$ 이다. $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-14} \text{ M}$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0.5 \times 10^{-11} \text{ M}$ 이다. 따라서 $\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{2 \times 10^{-3}}{0.5 \times 10^{-11}} = 4 \times 10^8$ 이다.

05 산의 세기와 농도

농도가 x M인 약산 HA의 수용액에서 $[H_3O^+] = [A^-]$ 이고, $[HA] \approx x$ M이므로 HA의 이온화 상수(K_a) = $\frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]}$

$$= \frac{[H_3O^+]^2}{x} \text{이} \text{고} [H_3O^+] = \sqrt{xK_a} \text{이다.}$$

Ⓐ (가)에서 $[H_3O^+] = \sqrt{2 \times 10^{-8}}$ M이고, (나)에서 $[H_3O^+] = \sqrt{4 \times 10^{-8}}$ M이므로 pH는 (가) > (나)이다.

☒. (나)와 (다)의 농도가 같고, 이온화 상수가 HB > C이므로 (나)에서 $[B^-] >$ (다)에서 $[CH^+]$ 이다.

☒. CH^+ 의 $K_a = \frac{K_w}{K_b} = \frac{1 \times 10^{-14}}{3 \times 10^{-8}} = \frac{1}{3} \times 10^{-6}$ 이므로 K_a 가 HA보다 작다. 따라서 산의 세기는 HA > CH^+ 이다.

06 약산 수용액의 pH

$[H_3O^+]$ 가 감소하면 pH는 증가한다.

Ⓐ 물을 넣어 용액의 부피를 증가시키면 $[H_3O^+]$ 가 감소하므로 용액의 pH는 증가한다.

Ⓑ NaOH(s)을 첨가하면 중화 반응이 일어나 $[H_3O^+]$ 가 감소하므로 용액의 pH는 증가한다.

Ⓒ 0.1 M HA(aq)에 농도가 같은 0.01 M HA(aq)을 첨가하면 혼합 용액의 농도는 0.1 M보다 감소하므로 용액의 pH는 증가한다.

07 완충 용액

Ⓐ 혈액에 녹은 이산화 탄소(CO_2)가 물과 반응하여 생성된 $H_2CO_3(aq)$ 과 $HCO_3^-(aq)$ 은 완충 작용을 한다.

☒. $CH_3COOH(aq)$ 에 $CH_3COONa(s)$ 을 섞어 주어야 완충 용액이 된다.

Ⓓ 약염기와 그 약염기의 짹산이 섞여 있는 수용액은 완충 용액이다.

08 약산과 짹염기

HA가 HB보다 강한 산이면 A^- 은 B^- 보다 약한 염기이다.

Ⓐ 이온화 상수(K_a)가 HA > HB이므로 산의 세기는 HA > HB이다.

☒. 염기의 이온화 상수(K_b)는 $K_b = \frac{K_w}{K_a}$ 이므로 K_a 가 클수록 K_b 는 작다. 따라서 염기의 이온화 상수(K_b)는 $B^- > A^-$ 이다.

☒. B^- 이 A^- 보다 강한 염기이므로 농도가 같을 때 수용액의 $[OH^-]$ 은 $NaB(aq) > NaA(aq)$ 이다. 따라서 pH는 $NaB(aq) > NaA(aq)$ 이므로 $\frac{0.1 \text{ M } NaA(aq) \text{의 pH}}{0.1 \text{ M } NaB(aq) \text{의 pH}} < 1$ 이다.

09 약산의 이온화 상수

1 M HA(aq)에서 $[H_3O^+] = [A^-]$ 이고, $[HA] \approx 1$ M이므로 HA의 이온화 상수(K_a) = $\frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{[A^-]^2}{1} = \frac{(4a)^2}{1} = 8 \times 10^{-5}$ 이다. 따라서 $a^2 = 0.5 \times 10^{-5}$ 이다.

Ⓐ 0.25 M HB(aq)에서 HB의 이온화 상수(K_a) = $\frac{[B^-][H_3O^+]}{[HB]} = \frac{[B^-]^2}{0.25} = \frac{0.5 \times 10^{-5}}{0.25} = 2 \times 10^{-5}$ 이다.

Ⓑ HA의 이온화 상수(K_a) = $\frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{[H_3O^+]^2}{0.25}$ 이므로 $[H_3O^+] = \sqrt{K_a \times 0.25} = \sqrt{2 \times 10^{-5}}$ M이다. 따라서 $a = \sqrt{0.5 \times 10^{-5}}$ 이므로 $[H_3O^+]$ 는 2a M이다.

Ⓒ 1 M HB(aq)에서

$[B^-] = \sqrt{HB \text{의 } K_a \times 1} = \sqrt{2 \times 10^{-5}}$ M이고, 0.25 M HA(aq)의 $[A^-] = \sqrt{HA \text{의 } K_a \times 0.25} = \sqrt{2 \times 10^{-5}}$ M이므로 1 M HB(aq)의 $[B^-]$ 와 0.25 M HA(aq)의 $[A^-]$ 는 같다.

10 약산과 짹염기 수용액의 pH

25°C에서 HA의 이온화 상수(K_a)는 1×10^{-6} 이다.

$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} \text{이므로 } x = \frac{(1 \times 10^{-3})^2}{K_a} = 1 \text{이다.}$$

25°C에서 A^- 의 이온화 상수(K_b)는 $K_b = \frac{K_w}{K_a} = 1 \times 10^{-8}$ 이다. 따라서 0.01 M NaA(aq)에서 $K_b = \frac{[HA][OH^-]}{[A^-]} \text{이므로 } [OH^-] = \sqrt{K_b \times 0.01} = 1 \times 10^{-5}$ M이다. $pOH = 5.0$ 으로 $pH = 9.0$ 이다. 따라서 $x \times y = 9.0$ 이다.

11 혈액의 완충 작용

혈액은 완충 작용으로 인해 pH가 크게 변하지 않는다.

☒. 산의 이온화 상수(K_a)는 온도에 따라 변하므로 $[H_3O^+]$ 가 증가할 때는 변하지 않는다.

Ⓐ $H_2PO_4^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons HPO_4^{2-}(aq) + H_3O^+(aq)$ 에서 $[H_3O^+]$ 가 증가하면 역반응이 우세하게 진행되어 $[H_2PO_4^-]$ 는 증가한다.

☒. $[H_3O^+]$ 가 증가해도 혈액의 완충 작용에 의해 혈액의 pH가 크게 감소하지 않는다.

12 완충 용액

Ⓐ (가)는 약산과 짹염기의 혼합 용액이고, (나)는 약산의 수용액이며, (다)는 짹염기의 수용액이므로 용액의 pH는 (다)가 가장 크다.

Ⓑ (나)에 0.05 mol의 NaOH(s)을 녹이면 용액에 HA와 NaA가 존재하므로 완충 용액이 된다.

◎ (가)는 완충 용액이고 (나)는 짹염기의 수용액이므로 0.1 M HCl(aq) 1 mL를 넣었을 때 완충 용액의 pH가 덜 감소한다.

수능 3점 테스트

본문 125~130쪽

- | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|
| 01 ⑤ | 02 ③ | 03 ④ | 04 ③ | 05 ② | 06 ④ |
| 07 ① | 08 ② | 09 ⑤ | 10 ② | 11 ① | 12 ⑤ |

01 완충 용액의 pH

(가)에서 HA의 양은 $0.1x \text{ mol}$ 이고, NaOH 0.04 g은 $\frac{0.04}{40} = 0.001 \text{ mol}$ 이므로 (나)에서 HA의 양은 $(0.1x - 0.001) \text{ mol}$ 이고, A^- 의 양은 0.001 mol이다.

◎ (나)는 HA와 A^- 의 혼합 용액이므로 완충 용액이다.

◎ (나)에서 $K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]} = 6 \times 10^{-5}$ 이고, $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-5} \text{ M}$ 이므로 $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = 6$ 이다.

◎ (나)에서 $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = \frac{0.001}{0.1x - 0.001} = 6$ 이고, $0.6x - 0.006 = 0.001$ 이므로 $x = \frac{7}{6} \times 10^{-2} > 0.01$ 이다.

02 약산 수용액의 pH

HA(aq)에서 [HA]가 a 배 증가하면 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 \sqrt{a} 배 증가한다.

◎ (가)에서 $K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]}$ 에서 $[\text{HA}] \approx x \text{ M}$ 이고 $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{A}^-]$ 이므로 $x = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{K_a} = \frac{(1 \times 10^{-2})^2}{2 \times 10^{-4}} = 0.5$ 이다.

◎ $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = \frac{K_a}{[\text{H}_3\text{O}^+]}$ 이고 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (나) > (가)이므로 $\frac{K_a}{[\text{H}_3\text{O}^+]}$ 는 (가) > (나)이다.

☒ (나)의 [HA]가 (가)의 2배이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (나)가 (가)의 $\sqrt{2}$ 배이다. 따라서 (나)의 pH는 1.0이 아니다.

03 완충 용액의 pH

HA의 이온화 상수(K_a)는 1×10^{-6} 이므로 A^- 의 이온화 상수(K_b)는 1×10^{-8} 이다.

☒ (가)는 NaA 0.01 mol이 들어 있는 용액과 같고, (나)는 약산 HA의 짹염기가 들어 있지 않으므로 (가)와 (나)는 완충 용액이 아니다. (나)는 0.1 M HA(aq) 200 mL에 0.05 M의 NaOH(aq) 200 mL를 넣은 것과 같으므로 반응 후 HA가

0.01 mol, NaA가 0.01 mol 존재하는 완충 용액이다. 따라서 완충 용액은 1가지이다.

◎ (가)에서 $[\text{A}^-] = \frac{0.01 \text{ mol}}{0.15 \text{ L}} = \frac{1}{15} \text{ M}$ 이므로

$K_b = \frac{[\text{HA}][\text{OH}^-]}{[\text{A}^-]}$ 에서 $[\text{A}^-] \approx \frac{1}{15} \text{ M}$ 이고 $[\text{OH}^-] = [\text{HA}]$ 이므로

$[\text{OH}^-] = \sqrt{K_b \times \frac{1}{15}} = \sqrt{1 \times 10^{-8} \times \frac{1}{15}} < \sqrt{1 \times 10^{-8}}$ M이다.

따라서 $\text{pOH} > 4.0$ 이다.

◎ (나)는 0.1 M HA(aq) 200 mL에 0.05 M의 NaOH(aq) 200 mL를 넣은 용액과 같으므로 HA의 양(mol)은 감소하고 A^- 의 양(mol)은 증가한다. 따라서 $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$ 는 (나)가 0.1 M HA(aq) 200 mL보다 크다.

04 산 염기 평형

$\text{HA}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{A}^-(aq) + \text{H}_3\text{O}^+(aq)$ 에서 HA의 이온화 상수를 K_{a_1} 이라고 하고, $\text{HB}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{B}^-(aq) + \text{H}_3\text{O}^+(aq)$ 에서 HB의 이온화 상수를 K_{a_2} 라고 하면, $\text{HA}(aq) + \text{B}^-(aq) \rightleftharpoons \text{A}^-(aq) + \text{HB}(aq)$ 의 평형 상수(K)는 $K = \frac{[\text{A}^-][\text{HB}]}{[\text{HA}][\text{B}^-]} = \frac{K_{a_1} \cdot K_{a_2}}{K_{a_2}}$ 이고, $\frac{K_{a_1}}{K_{a_2}} > 1$ 이므로 산의 세기는 HA > HB이다.

◎ 수용액의 농도가 (나) > (가)인데, pH는 (나) > (가)이므로 산의 세기는 (가)가 (나)보다 강하다. 따라서 (가)는 HA(aq)이다.

☒ 산의 세기는 HA가 HB보다 강하므로 염기의 세기는 A^- 이 B^- 보다 약하다.

◎ (가)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = x \text{ M}$, (나)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = y \text{ M}$ 라고 하면 $K_{a_1} = \frac{x^2}{\frac{1}{4}a}$ 이고, $K_{a_2} = \frac{y^2}{a}$ 이므로 $\frac{x^2}{\frac{1}{4}a} > \frac{y^2}{a}$ 이다. 따라서 $2x > y$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (가)가 (나)의 $\frac{1}{2}$ 배보다 크다.

05 약산과 짹염기

(가)의 혼합 용액에서 HA의 양은 0.01 mol이고, A^- 의 양은 0.02 mol이므로 $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = 2$ 이다.

☒ (가)에서 $K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]}$ 이고, $K_a = 2 \times [\text{H}_3\text{O}^+]$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 2 \times 10^{-5} \text{ M}$ 이다. 따라서 $a = 2 \times 10^{-5}$ 이다.

◎ (나)의 혼합 용액은 0.05 M HB(aq) 200 mL이고, $K_a = \frac{[\text{B}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HB}]}$ 에서 $[\text{HB}] \approx 0.05 \text{ M}$ 이고 $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{B}^-]$ 이다. 따라서 $K_a = \frac{[\text{B}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HB}]} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{0.05} = \frac{(1 \times 10^{-5})^2}{0.05} = 2 \times 10^{-9}$ 이다.

☒ HA의 이온화 상수(K_a)는 4×10^{-5} 이고, HB의 이온화 상수(K_a)는 2×10^{-9} 이므로 산의 세기는 HA가 HB보다 강하다. 따라서 짹염기인 B^- 은 A^- 보다 염기의 세기가 강하다.

06 산의 이온화 모형과 세기

같은 농도에서 이온화가 많이 될수록 이온화 상수(K_a)가 크므로 (가)는 $\text{HC}(aq)$, (나)는 $\text{HB}(aq)$, (다)는 $\text{HA}(aq)$ 이다.

☒ (가)는 이온화가 가장 덜 되었으므로 이온화 상수(K_a)가 가장 작은 $\text{HC}(aq)$ 이다.

◎ 산의 세기는 HB가 HA보다 약하므로 짹염기의 세기는 B^- 이 A^- 보다 강하다. 따라서 수용액의 농도가 같을 때 pH는 $\text{NaB}(aq)$ 이 $\text{NaA}(aq)$ 보다 크다.

◎ (다)는 강산 수용액이므로 (나)와 (다)를 혼합하면 $\text{HB}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons B^-(aq) + \text{H}_3\text{O}^+(aq)$ 에서 평형이 역반응 쪽으로 이동한다. 따라서 (나)와 (다)를 혼합한 수용액은 (나)보다 이온화된 $\blacksquare(B^-)$ 의 수가 작다.

07 완충 용액의 pH

(가)에서 $[A^-] = \frac{0.005 \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = 0.05 \text{ M}$ 이고, $\text{pH} = 11.0$ 이므로 $\text{pOH} = 3.0$ 이고, $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이다. $\text{A}^-(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{HA}(aq) + \text{OH}^-(aq)$ 반응에서 이온화하는 A^- 의 몰 농도를 $x \text{ M}$ 라고 하면 $K_b = \frac{[\text{HA}][\text{OH}^-]}{[\text{A}^-]} = \frac{(1 \times 10^{-3})^2}{0.05 - x} \approx \frac{1 \times 10^{-6}}{0.05} = K_b$ 이므로 $K_b = 2 \times 10^{-5}$ 이다.

◎ 산 HA의 이온화 상수(K_a)는 $\frac{K_w}{K_b} = \frac{1 \times 10^{-14}}{2 \times 10^{-5}} = 5 \times 10^{-10}$ 이다.

☒ (나)는 0.05 M HA(aq) 50 mL와 같으므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] \approx \sqrt{K_a \times [\text{HA}]} = \sqrt{5 \times 10^{-10} \times 0.05} = 5 \times 10^{-6} \text{ M}$ 이다. 따라서 $\text{pH} < 6.0$ 이다.

☒ (가)는 $\text{NaA}(aq)$ 과 같고, (나)는 $\text{HA}(aq)$ 과 같으므로 모두 완충 용액이 아니다.

08 약산 수용액의 pH

(가)에 0.1 M $\text{NaOH}(aq)$ 10 mL를 넣은 후, 0.1 M $\text{HCl}(aq)$ 10 mL를 넣은 것은 (가)에 0.05 M $\text{NaCl}(aq)$ 20 mL를 넣은 것과 같다.

☒ (가)에 0.1 M $\text{NaOH}(aq)$ 10 mL를 넣으면 중화 반응이 일어나므로 pH 는 7.0에 더 가까워진다. 따라서 pH 는 $b > a$ 이고, (다)는 (가)에 0.05 M $\text{NaCl}(aq)$ 20 mL를 넣은 것과 같으므로 용액의 부피가 증가함에 따라 pH 는 7.0에 더 가까워진다. 따라서 pH 는 $c > a$ 이므로 $b > a = c$ 는 아니다.

◎ $K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]}$ 인데 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가 (가)에서가 (다)에서보다 크므로 $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$ 는 (다)에서가 (가)에서보다 크다.

☒ (나)는 수용액에 HA와 A^- 이 모두 존재하므로 완충 용액이지만, (다)는 HA(aq)에 $\text{NaCl}(aq)$ 을 넣은 수용액과 같으므로 완충 용액이 아니다.

09 약산 수용액의 pH

(가)에서 $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = 1$ 이므로 $K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]} = [\text{H}_3\text{O}^+] = 200a$ 이다. (나)에서 $\frac{[\text{B}^-]}{[\text{HB}]} = \frac{1}{2}$ 이므로 $K_a = \frac{[\text{B}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HB}]} = [\text{H}_3\text{O}^+] = 2a$ 이다.

◎ (가)와 (나)는 약산과 짹염기가 혼합되어 있는 용액이므로 완충 용액이다.

◎ (가)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 200a$ 이고, (나)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 2a$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (가)에서가 (나)에서의 100배이다. 따라서 pH는 2.0만큼 차이가 나므로 $y - x = 2.0$ 이다.

◎ (다)에서 $\frac{[\text{B}^-]}{[\text{HB}]} = \frac{0.2}{0.4} = \frac{1}{2}$ 로 (나)에서와 같으므로 $y = z$ 이다.

10 약산 수용액의 pH

HA의 이온화 상수(K_a)는 $\frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]}$ 이다. (나)에서 $[\text{HA}] = 0.001 \text{ M}$ 이고, $[\text{A}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+]$ 이므로 $[\text{A}^-] = 1 \times 10^{-5} \text{ M}$ 이다. 따라서 $K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]} = \frac{(1 \times 10^{-5})^2}{1 \times 10^{-3}} = 1 \times 10^{-7}$ 이다. (가)에서

$\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = 1 \times 10^{-3}$ 이고 $K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]} = 1 \times 10^{-3} \times [\text{H}_3\text{O}^+]$

이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-4} \text{ M}$ 이며 $\text{pH} = 4.0$ 으로 $y = 4.0$ 이다. (가)에서 $[\text{A}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+]$ 이므로 $[\text{A}^-] = 1 \times 10^{-4} \text{ M}$ 이다.

◎ $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = 1 \times 10^{-3}$ 이고 $[\text{HA}] = 0.1 \text{ M}$ 으로 $x = 0.1$ 이다. 따라서 $x \times y = 0.1 \times 4.0 = \frac{2}{5}$ 이다.

11 혼합 용액의 pH

(가)와 (다)를 혼합한 용액에서의 X와 HCl의 양(mol)이 같고 pH가 7.0이므로 X는 강염기이다.

◎ (나)에서 $K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]}$ 이고 $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{A}^-] = 1 \times 10^{-4} \text{ M}$ 이며, $[\text{HA}] \approx 0.1 \text{ M}$ 으로 $K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]} = \frac{1 \times 10^{-8}}{0.1} = 1 \times 10^{-7}$ 이다.

☒. X는 강염기이므로 (가)와 (나)를 혼합한 용액은 0.05 M NaA(aq) 100 mL와 같다. 따라서 용액의 농도가 (라)가 더 크므로 pH는 (라)가 더 크다.

☒. (가)는 강염기 용액이고, (다)는 강산 용액이므로 (나)와 (라)를 섞는 경우, (다)와 (라)를 섞는 경우로 총 2가지이다.

12 용액의 농도와 pH

농도가 x M인 HX(aq)에서 $[H_3O^+] = [X^-]$ 이고, $[HA] \approx x$ M 이므로 HA의 이온화 상수(K_a) = $\frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{[H_3O^+]^2}{x}$

고 $[H_3O^+] = \sqrt{K_a \times x}$ M이다. 마찬가지로 x M NaX(aq)에서 $[OH^-] = \sqrt{K_b \times x}$ M이다.

◎ HX(aq)의 pH와 NaX(aq)의 pOH를 더한 값은 8.0이므로 $-\log(\sqrt{K_a \times x}) - \log(\sqrt{K_b \times x}) = -\log(\sqrt{K_a \times K_b \times x^2}) = -\log(\sqrt{K_w \times x^2}) = 8$ 이다. $\sqrt{10^{-14} \times x^2} = 10^{-8}$ 이므로 $x = 0.1$ 이다.

◎ 농도가 0.2 M일 때 HX(aq)에서 $[H_3O^+] = \sqrt{K_a \times 0.2}$ M이고, NaX(aq)에서 $[OH^-] = \sqrt{K_b \times 0.2}$ M이다. pOH - pH = 1.0이므로 pOH - pH = $-\log(\sqrt{K_b \times 0.2}) - (-\log(\sqrt{K_a \times 0.2}))$

$$= -\log\left(\sqrt{\frac{K_b \times 0.2}{K_a \times 0.2}}\right) = -\log\left(\sqrt{\frac{K_b}{K_a}}\right) = -\log\left(\sqrt{\frac{K_w}{K_a^2}}\right) = 1$$

이다. $\frac{\sqrt{K_w}}{K_a} = 10^{-1}$ 이므로 $K_a = 1 \times 10^{-6}$ 이다.

◎ X⁻의 이온화 상수(K_b)는 1×10^{-8} 이고, 0.2 M NaX(aq)에서 $[OH^-] = \sqrt{K_b \times 0.2} = \sqrt{10^{-8} \times 0.2}$ M이다.

$\sqrt{10^{-8}} > \sqrt{10^{-8} \times 0.2}$ 이므로 pH > 4.0이다. pH + pOH = 14.0이므로 pH < 10.0이다.

07 반응 속도

수능 2점 테스트

본문 139~142쪽

- | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|
| 01 ⑤ | 02 ③ | 03 ⑤ | 04 ⑤ | 05 ② | 06 ③ |
| 07 ③ | 08 ④ | 09 ③ | 10 ④ | 11 ⑤ | 12 ② |
| 13 ⑤ | 14 ④ | 15 ④ | 16 ③ | | |

01 활성화 에너지

활성화 에너지는 화학 반응을 일으키는 데 필요한 최소한의 에너지이다. 정반응이 흡열 반응인 가역 반응에서 정반응의 활성화 에너지는 역반응의 활성화 에너지보다 크다. 따라서 (가)는 ‘활성화 에너지’, (나)는 ‘흡열’이 적절하다.

02 화학 반응 속도

반응 속도식이 $v = k[A]$ 이므로 A에 대한 1차 반응이다.

◎ I에서 $v = 3.4 \times 10^{-5}$ M/s = $k \times 0.1$ M이므로 $k = 3.4 \times 10^{-4}$ s⁻¹이다.

◎ $k = 3.4 \times 10^{-4}$ s⁻¹으로 $v = 3.4 \times 10^{-4}$ s⁻¹ × 0.2 M = 6.8×10^{-5} M/s이다. 따라서 ⑦ = 6.8×10^{-5} 이다.

☒. 1차 반응은 반감기가 일정하므로 2t s일 때는 반감기가 2번 지났을 때이다. 따라서 II에서 2t s일 때 [C] = 0.15 M이다.

03 반응 차수

A(g)의 초기 농도는 III에서가 I에서의 3배인데 초기 반응 속도는 III에서가 I에서의 9배이므로 A에 대한 2차 반응이다.

☒. A에 대한 2차 반응이므로 반응 속도식은 $v = k[A]^2$ 이다.

◎ A(g)의 초기 농도는 II에서가 I에서의 2배이므로 초기 반응 속도는 II에서가 I에서의 4배이다. 따라서 ⑦ = $4v$ 이다.

◎ I에서 t min일 때 $[A] = \frac{a}{2}$ M이므로 0~t min 동안 A(g)

의 농도 감소량은 $\frac{a}{2}$ M이다. 따라서 A(g)의 평균 반응 속도는

$$\frac{\text{반응물의 농도 감소량}}{\text{반응 시간}} = \frac{a}{2t} \text{ M/min} \text{이다.}$$

04 1차 반응

반응 계수비가 A : B = 2 : 1이고, [B]는 t일 때와 2t일 때가 각각 0.5 M, 0.75 M이므로 반응 시간에 따른 [A]는 표와 같다.

반응 시간	0	t	2t
[A](M)	2	1	0.5

이 반응의 반감기는 t 로 일정하므로 1차 반응이고, $m=1$ 이다. $[A]$ 는 $2t$ 일 때가 $3t$ 일 때의 2배이므로 $3t$ 일 때 $[A]=0.25\text{ M}$ 이다. 따라서 $\frac{m}{3t\text{일 때 } [A](\text{M})} = \frac{1}{0.25} = 4$ 이다.

05 평균 반응 속도와 순간 반응 속도

1차 반응은 반감기가 일정하고, 순간 반응 속도는 반응물의 농도에 비례한다. $\frac{2t\text{일 때 순간 반응 속도}}{t\text{일 때 순간 반응 속도}} = \frac{1}{4}$ 이므로 반응물의 농도는 t 일 때가 $2t$ 일 때의 4배이고, t 에서 $2t$ 까지 반감기가 2번 지났다. 따라서 이 반응의 반감기는 $\frac{t}{2}$ 이다. 반응 전 $[A]=a\text{ M}$ 라고 하면 반응 시간에 따른 $[A]$ 는 표와 같다.

반응 시간	0	$\frac{t}{2}$	t	$\frac{3t}{2}$	$2t$
$[A](\text{M})$	a	$\frac{a}{2}$	$\frac{a}{4}$	$\frac{a}{8}$	$\frac{a}{16}$

$$\text{따라서 } \frac{0 \sim 2t \text{ 동안 } A(g) \text{의 평균 반응 속도}}{0 \sim t \text{ 동안 } A(g) \text{의 평균 반응 속도}} = \frac{\left(\frac{a}{16} - a\right) \text{ M}}{\left(\frac{a}{4} - a\right) \text{ M}} = \frac{(2t-0)}{(t-0)} = \frac{5}{8} \text{이다.}$$

06 평균 반응 속도

$0 \sim 2\text{ min}$ 동안 $A(g)$ 의 평균 반응 속도는 0.6 M/min 이므로 $[A]$ 의 감소량은 1.2 M 이고, $2 \sim 4\text{ min}$ 동안 $A(g)$ 의 평균 반응 속도는 0.3 M/min 이므로 $[A]$ 의 감소량은 0.6 M 이다.

① 반응 시간에 따른 $[A]$ 는 표와 같다.

반응 시간(min)	0	2	4
$[A](\text{M})$	2.4	1.2	0.6

반감기가 2 min 으로 일정하므로 A 에 대한 1차 반응이다.

ⓧ 반감기는 2 min 이다.

② $[A]$ 는 6 min 일 때가 4 min 일 때의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 6 min 일 때 $[A]=0.3\text{ M}$ 이다.

- ③ 반감기가 1 min 으로 일정하므로 A 에 대한 1차 반응이다.
- ④ 반응물의 초기 농도가 2.0 M 이므로 반응 속도 상수를 k 라고 하면 반응의 반응 속도식은 $v=k[A]=k \times (2.0\text{ M})=6.8 \times 10^{-4}\text{ M/min}$ 이다. 따라서 $k=3.4 \times 10^{-4}\text{ min}^{-1}$ 이다.

ⓧ $0 \sim 2\text{ min}$ 동안 평균 반응 속도는 $-\frac{(0.5-2.0)\text{ M}}{2\text{ min}}=\frac{1.5}{2}\text{ M/min}$

M/min 이고, $2 \sim 3\text{ min}$ 동안 평균 반응 속도는

$$-\frac{(0.25-0.5)\text{ M}}{(3-2)\text{ min}}=0.25\text{ M/min}$$

$$\frac{0 \sim 2\text{ min} \text{ 동안 } A(g) \text{의 평균 반응 속도}}{2 \sim 3\text{ min} \text{ 동안 } A(g) \text{의 평균 반응 속도}}=\frac{\frac{1.5}{2}\text{ M/min}}{0.25\text{ M/min}}=3$$

이다.

08 1차 반응

A 에 대한 1차 반응이고, $[A]$ 는 $2t$ 일 때가 반응 전의 $\frac{1}{4}$ 배이므로 반응의 반감기는 t 로 일정하다. 반응 계수비가 $A : B = 1 : 2$ 이므로 반응 시간에 따른 $[A]$ 와 $[B]$ 는 표와 같다.

반응 시간	0	t	$2t$	$3t$
$[A](\text{M})$	4	2	1	0.5
$[B](\text{M})$	x	$x+4$	$x+6$	$x+7$

$3t$ 일 때 $[A]+[B]=0.5+(x+7)=8$ 이므로 $x=0.5$ 이며, $y=2+(x+4)=6.5$ 이다. 따라서 $x+y=7$ 이다.

09 1차 반응

A 에 대한 1차 반응이고, I에서 $[A]$ 는 $t=2\text{ min}$ 일 때가 $t=0\text{ 일 때의 } \frac{1}{4}$ 배이므로 $t=2\text{ min}$ 까지 반감기가 2번 지났다. 따라서 이 반응의 반감기는 1 min 이다.

① 반감기는 1 min 이므로 II에서 $[A]$ 는 $t=0\text{ 일 때가 } t=1\text{ min}$ 일 때의 2배이다. 따라서 $a=1.2$ 이다.

ⓧ I에서 $0 \sim 2\text{ min}$ 동안 $A(g)$ 의 평균 반응 속도는 $-\frac{(0.6-2.4)\text{ M}}{2\text{ min}}=0.9\text{ M/min}$ 이다.

② 순간 반응 속도는 $[A]$ 에 비례하므로 $t=2\text{ min}$ 일 때 I에서 $A(g)$ 의 순간 반응 속도 $= \frac{0.6}{0.3} = 2$ 이다. II에서 $A(g)$ 의 순간 반응 속도

07 1차 반응

반응물의 농도가 $\frac{1}{2}$ 배가 되는 시간이 1 min 으로 일정하다.

10 1차 반응

반감기는 t 이므로 $A(g)$ 의 질량(g)은 $3t$ 일 때가 반응 전의 $\frac{1}{8}$ 배

이고, $\odot = 17 \times 8 = 136$ 이다. 반감기가 진행될수록 A(g)의 질량은 $\frac{1}{2}$ 배씩 감소하고 B(g)와 C(g)의 질량(g)의 증가량은 $\frac{1}{2}$ 배가 된다. 질량 보존 법칙에 따라 전체 질량은 반응 전 A(g)의 질량인 136 g으로 일정하므로 반응 시간에 따른 A(g)~C(g)의 질량은 표와 같다.

반응 시간	0	t	$2t$	$3t$
A(g)의 질량(g)	136	68	34	17
B(g)의 질량(g)	0	36	54	63
C(g)의 질량(g)	0	32	48	56

따라서 $\odot = 48^\circ$ 이고, $\frac{\odot}{\odot} = \frac{48}{136} = \frac{6}{17}$ 이다.

11 1차 반응과 반감기

2t일 때 [B]가 [C]의 2배이므로 t일 때 [B]는 [C]의 2배인 2 M이다. 반응 계수비는 B : C = 2 : 1이므로 $b=2$ 이다.

①. [C]의 증가량은 $t \sim 2t$ 동안이 $0 \sim t$ 동안의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 $0 \sim t$ 동안 반응한 A(g)의 양(mol)은 $t \sim 2t$ 동안 반응한 A(g)의 양(mol)의 2배이다. 따라서 이 반응은 반감기가 t 인 A에 대한 1차 반응이다.

②. 반감기가 t 이므로 t일 때 [A] = 2 M이고, [C] = 1 M이므로 $a=2$ 이다. 따라서 $a=b$ 이다.

③. 3t일 때는 반감기가 3번 지났을 때이므로 $[A] = \frac{1}{2} M$ 이다.

12 1차 반응과 부분 압력

A에 대한 1차 반응이므로 2t일 때는 반감기가 2번 지났을 때이다. 반응 전 A(g)의 부분 압력(atm)과 B(g)의 부분 압력(atm)을 각각 P_A , P_B 라고 하면, 반응 몰비가 A : B = 1 : 2이므로 반응 시간에 따른 A(g)와 B(g)의 부분 압력(atm)은 표와 같다.

반응 시간	0	$2t$
A(g)의 부분 압력(atm)	P_A	$\frac{1}{4}P_A$
B(g)의 부분 압력(atm)	P_B	$\frac{3}{2}P_A + P_B$

2t일 때 $\frac{B(g)\text{의 부분 압력(atm)}}{A(g)\text{의 부분 압력(atm)}} = \frac{\frac{3}{2}P_A + P_B}{\frac{1}{4}P_A} = \frac{50}{7}$ 이므로

$\frac{P_B}{P_A} = \frac{2}{7}$ 이다. 따라서 $\odot = \frac{2}{7}$ 이다.

13 1차 반응과 부분 압력

3t일 때 B(g)의 부분 압력을 P atm이라고 하면, 3t일 때 A(g)~C(g)의 부분 압력은 각각 $(4-P)$ atm, P atm, P atm이고, $\frac{P_C}{P_A} = \frac{P}{4-P} = 7$ 이므로 $P = \frac{7}{2}$ 이다. 3t일 때 A(g)의 부분 압력은 $\frac{1}{2}$ atm으로 A(g)의 초기 부분 압력의 $\frac{1}{8}$ 배이므로 3t일 때는 반감기가 3번 지났다.

①. 반감기는 t 이다.

②. 2t일 때는 반감기가 2번 지났으므로 $P_B + P_C = 3+3=6$ 이다. 따라서 \odot 은 6이다.

③. $\frac{2t\text{일 때 용기 속 전체 기체의 압력}}{t\text{일 때 용기 속 전체 기체의 압력}} = \frac{1+3+3}{2+2+2} = \frac{7}{6}$ 이다.

14 1차 반응과 몰 분율

반응 전 A(g)~C(g)의 농도를 a M~ c M라고 하면 반응 시간에 따른 A(g)~C(g)의 농도는 표와 같다.

반응 시간	0	t	$2t$
[A](M)	a	$\frac{a}{2}$	$\frac{a}{4}$
[B](M)	b	$b + \frac{a}{2}$	$b + \frac{3a}{4}$
[C](M)	c	$c + \frac{a}{2}$	$c + \frac{3a}{4}$

t일 때 A(g)의 몰 분율은 $\frac{\frac{a}{2}}{\left(\frac{a}{2} + b + \frac{a}{2} + c + \frac{a}{2}\right)} = \frac{1}{6}$ 이고,

$\frac{[C]}{[B]} = \frac{c + \frac{a}{2}}{b + \frac{a}{2}} = \frac{3}{2}$ 이므로 $a : b : c = 2 : 1 : 2$ 이다. 따라서 \odot

$= \frac{c}{b} = 2$ 이고, $\odot = \frac{\frac{a}{4}}{\left(\frac{a}{4} + b + \frac{3a}{4} + c + \frac{3a}{4}\right)} = \frac{1}{13}$ 이므로

$\odot \times \odot = \frac{2}{13}$ 이다.

15 1차 반응과 전체 기체의 압력, 몰 분율

A에 대한 1차 반응이므로 반감기는 t 로 일정하고, 반응 시간에 따른 A(g)~C(g)의 부분 압력은 표와 같다.

반응 시간	0	t	$2t$	$3t$
A(<i>g</i>)의 부분 압력 (atm)	4	2	1	$\frac{1}{2}$
B(<i>g</i>)의 부분 압력 (atm)	0	$\frac{2b}{a}$	$\frac{3b}{a}$	$\frac{7b}{2a}$
C(<i>g</i>)의 부분 압력 (atm)	0	$\frac{2c}{a}$	$\frac{3c}{a}$	$\frac{7c}{2a}$

t 일 때 전체 기체의 압력(atm)은 $2+2\left(\frac{b+c}{a}\right)=7$ 이므로

$$\frac{b+c}{a}=\frac{5}{2} \text{이다. } 2t \text{일 때 } C(g) \text{의 몰 분율은 } \frac{\frac{3c}{a}}{1+3\left(\frac{b+c}{a}\right)}=$$

$$\frac{\frac{3c}{a}}{\frac{17}{2}}=\frac{3}{17} \text{이므로 } \frac{c}{a}=\frac{1}{2} \text{이고, } \frac{b}{a}=2 \text{이다. 따라서 이 반응의 }$$

화학 반응식은 $2A(g) \longrightarrow 4B(g)+C(g)$ 이다.

$$3t \text{일 때 전체 기체의 압력(atm)은 } \frac{1}{2}+\frac{7b}{2a}+\frac{7c}{2a}=\frac{37}{4} \text{이므로}$$

$$\textcircled{1}=\frac{37}{4} \text{이다. 따라서 } \textcircled{1} \times \frac{b}{c}=\frac{37}{4} \times \frac{4}{1}=37 \text{이다.}$$

16 1차 반응과 몰 분율

강철 용기에 A(*g*) a mol을 넣었다고 할 때, 반응 계수비가 A : B = 1 : 2이므로 반감기 횟수에 따른 용기 속 기체의 양(mol)과 몰 분율은 표와 같다.

반감기 횟수		1	2	3	4
양(mol)	A(<i>g</i>)	$\frac{1}{2}a$	$\frac{1}{4}a$	$\frac{1}{8}a$	$\frac{1}{16}a$
	B(<i>g</i>)	a	$\frac{3}{2}a$	$\frac{7}{4}a$	$\frac{15}{8}a$
몰 분율	A(<i>g</i>)	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{31}$
	B(<i>g</i>)	$\frac{2}{3}$	$\frac{6}{7}$	$\frac{14}{15}$	$\frac{30}{31}$

t 일 때 (가)의 몰 분율이 $\frac{1}{3}$ 이고, $2t$ 일 때 (나)의 몰 분율이 $\frac{6}{7}$ 이므로 이 반응은 반감기가 t 로 일정한 A에 대한 1차 반응이다.

☒. (가)는 A(*g*), (나)는 B(*g*)이다.

☒. 반감기는 t 이다.

Ⓐ. 용기 속 전체 기체의 압력은 기체의 양(mol)에 비례하므로

$$\frac{4t \text{일 때 용기 속 전체 기체의 압력}}{2t \text{일 때 용기 속 전체 기체의 압력}}=\frac{\frac{31}{16}a}{\frac{7}{4}a}=\frac{31}{28} \text{이다.}$$

수능 3점 테스트

본문 143~150쪽

- 01 ② 02 ③ 03 ① 04 ② 05 ⑤ 06 ③
 07 ③ 08 ③ 09 ② 10 ⑤ 11 ⑤ 12 ②
 13 ⑤ 14 ③ 15 ⑤ 16 ①

01 반응 속도식과 반응 속도 상수

B(*g*)의 농도는 Ⅱ에서가 Ⅰ에서의 $\frac{3}{2}$ 배이고, 초기 반응 속도는 Ⅱ에서가 Ⅰ에서의 $\frac{3}{2}$ 배이므로 이 반응은 B(*g*)에 대한 1차 반응이다. Ⅲ에서는 Ⅰ에서보다 A(*g*)의 농도는 4배, B(*g*)의 농도는 $\frac{1}{2}$ 배가 되었는데, 초기 반응 속도는 Ⅲ에서가 Ⅰ에서의 2배이므로 이 반응은 A(*g*)에 대한 1차 반응이다. 따라서 반응 속도식은 $v=k[A][B]$ 이다. Ⅰ에서 $v=4.84 \times 10^{-4} \text{ M/s}=k(0.1 \text{ M}) \times (0.2 \text{ M})$ 이므로 $k=2.42 \times 10^{-2} \text{ M}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 이다.

02 평균 반응 속도와 순간 반응 속도

1차 반응은 반감기가 일정하고, 순간 반응 속도는 반응물의 농도에 비례한다.

☒. A(*g*)의 순간 반응 속도는 $4t$ 일 때가 $2t$ 일 때의 $\frac{1}{4}$ 배이므로 반감기가 $2t$ 에서 $4t$ 까지 2번 지났다. 따라서 반감기는 t 이다.

☒. 반감기가 t 이므로 A(*g*)의 순간 반응 속도는 반응 전이 $2t$ 일 때의 4배이다. 따라서 Ⓛ=16이다.

Ⓐ. 반응 전 $[A]=a \text{ M}$ 라고 하면 반응 시간에 따른 $[A]$ 는 표와 같다.

반응 시간	0	t	$2t$	$3t$	$4t$
$[A](\text{M})$	a	$\frac{a}{2}$	$\frac{a}{4}$	$\frac{a}{8}$	$\frac{a}{16}$

$$\text{따라서 } \frac{t \sim 3t \text{ 동안 } A(g) \text{의 평균 반응 속도}}{0 \sim t \text{ 동안 } A(g) \text{의 평균 반응 속도}} = \frac{\left(\frac{a}{8} - \frac{a}{2}\right) \text{ M}}{\left(\frac{a}{2} - a\right) \text{ M}} = \frac{\frac{3}{8}a \text{ M}}{\frac{3}{2}a \text{ M}} = \frac{1}{8}$$

03 1차 반응과 순간 반응 속도

1차 반응은 반감기가 일정하고, 순간 반응 속도는 반응물의 농도에 비례한다. $[A]$ 는 반응 전이 $2t$ 일 때의 4배이므로 A(*g*)의 순간 반응 속도는 반응 전이 $2t$ 일 때의 4배이고, Ⓛ=5이다. 반응 전

$[A]=a$ M, $[C]=c$ M라고 하면 반응 시간에 따른 $[A]$ 와 $[C]$ 는 표와 같다.

반응 시간	0	t	$2t$	$3t$
$[A](M)$	a	$\frac{a}{2}$	$\frac{a}{4}$	$\frac{a}{8}$
$[C](M)$	c	$c + \frac{a}{2}$	$c + \frac{3a}{4}$	$c + \frac{7a}{8}$

2t일 때 $\frac{[C]}{[A]} = \frac{c + \frac{3a}{4}}{\frac{a}{4}} = \frac{7}{2}$ 이므로 $c = \frac{a}{8}$ 이다. 3t일 때 $[A] = \frac{a}{8}$ M, $[B] = \frac{7}{8}a$ M, $[C] = a$ M이므로 B(g)의 몰 분율은 $\frac{7}{16}$ 이다. 따라서 $\textcircled{1} \times 3t$ 일 때 B(g)의 몰 분율은 $= 5 \times \frac{7}{16} = \frac{35}{16}$ 이다.

04 반응 속도

반응이 진행되는 동안 ■의 양은 감소하므로 ■은 반응물인 A(g)이다.

╳. ■의 양은 (나)에서가 $t=0$ 일 때의 $\frac{1}{2}$ 배이고, (가)에서가 (나)에서의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 (가)는 $t=2$ min일 때, (나)는 $t=1$ min일 때이다.

◎. A에 대한 1차 반응이고, A(g)의 양은 $t=1$ min일 때가 $t=2$ min일 때의 2배이므로 반감기는 1 min이다.

╳. $t=0$ 에서 (나)로 반응이 진행될 때 ■은 4개 반응하고, ○과 △은 각각 2개, 4개가 생성되므로 △은 B, ○은 C이다.

05 평균 반응 속도

0~3 min 동안 A(g)의 평균 반응 속도는 0.35 M/min이며 감소한 A(g)의 몰 농도는 1.05 M이고, 반응 계수비가 A : B = 1 : 1이므로 3 min일 때 $[B] = 1.05$ M이다.

◎. A(g)의 초기 농도를 a M라고 하면 3 min일 때 $\frac{[B]}{[A]} = \frac{1.05}{a-1.05} = 7$ 이므로 $a = 1.2$ 이다. 따라서 A(g)의 초기 농도는 1.2 M이다.

◎. 반응 계수비가 A : B = 1 : 1이므로 1 min일 때 $\frac{[B]}{[A]} = \frac{0.6}{0.6} = 1$ 이고, 1 min일 때 $[A] = 0.6$ M이다. 0~2 min 동안 감소한 A의 농도를 x M라고 하면 반응 계수비가 A : B = 1 : 1이므로 2 min일 때 $\frac{[B]}{[A]} = \frac{x}{1.2-x} = 3$ 이고, $x = 0.9$ 이며, 2 min일 때 $[A] = 0.3$ M이다. 따라서 이 반응은 반감기가 1 min으로 일정한 A에 대한 1차 반응이다.

◎. 0~2 min 동안 A(g)의 평균 반응 속도는

$$-\frac{(0.3-1.2)}{2 \text{ min}} = -0.45 \text{ M/min} \text{이다.}$$

06 평균 반응 속도

평균 반응 속도 = $-\frac{\Delta[A]}{\Delta t}$ 이다.

◎. 반응 시간에 따른 $\Delta[A]$ 는 표와 같다.

반응 시간	0~1 min	0~2 min	0~3 min
$\Delta[A](M)$	$-12x$	$-18x$	$-21x$

1~2 min 동안 $\Delta[A] = -6x$ M, 2~3 min 동안 $\Delta[A] = -3x$ M로 1 min마다 $\Delta[A]$ 이 절반씩 줄어들고 있으므로 반감기는 1 min이다.

╳. 0~1 min 동안 $\Delta[A] = -12x$ M이므로 A(g)의 초기 농도는 $24x$ M이다. 반응 계수비는 A : B = 1 : 2이고, 2 min일 때는 반감기가 2번 지났으므로 $[A] = 6x$ M, $[B] = 36x$ M이다. 따라서 $\frac{[A]}{[B]} = \frac{1}{6}$ 이다.

◎. 1~2 min 동안 A(g)의 평균 반응 속도 = $-\frac{(6x-12x)}{(2-1) \text{ min}} = 6x$ M/min이다.

07 1차 반응과 몰 분율

강철 용기의 부피를 1 L라고 하면, 0~4t 동안 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$aA(g) \longrightarrow 2B(g) + C(g)$		
반응 전(mol)	0.8	
반응(mol)	-0.6	$+\frac{2}{a} \times 0.6$
반응 후(mol)	0.2	$\frac{2}{a} \times 0.6$
		$\frac{1}{a} \times 0.6$

◎. 4t일 때 B(g)의 몰 분율은 $\frac{\frac{1.2}{a}}{\left(0.2 + \frac{1.2}{a} + \frac{0.6}{a}\right)} = \frac{6}{11}$ 이므로 $a = 2$ 이다.

╳. 반응 계수비는 A : B = 1 : 1이고, 2t일 때 $[X] = [A]$ 이므로 X는 B이다.

◎. 반감기가 2t로 일정하므로 A에 대한 1차 반응이고, 6t일 때는 반감기가 3번 지났다. 강철 용기의 부피가 1 L라고 하면, 0~6t 동안 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$2A(g) \longrightarrow 2B(g) + C(g)$		
반응 전(mol)	0.8	
반응(mol)	-0.7	$+0.7$
반응 후(mol)	0.1	0.7
		0.35

따라서 $6t$ 일 때 $B(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{0.7}{(0.1+0.7+0.35)} = \frac{14}{23}$ 이다.
므로 $\textcircled{1} = \frac{14}{23}$ 이다.

08 1차 반응과 전체 기체의 압력

주어진 반응의 반감기 횟수에 따른 용기 속 기체의 부분 압력과 전체 기체의 압력은 표와 같다.

반감기 횟수		1	2	3	4
부분 압력(atm)	A(g)	3.2	1.6	0.8	0.4
	B(g)	3.2	4.8	5.6	6
	C(g)	1.6	2.4	2.8	3
전체 기체의 압력(atm)	8	8.8	9.2	9.4	

※ 반감기가 1번 지났을 때 용기 속 전체 기체의 압력(atm)은 8.0이므로 이 반응의 반감기는 t_1 이다.

※ 용기 속 기체의 전체 압력(atm)이 t_2 일 때와 t_3 일 때가 각각 8.8, 9.4이므로 t_2 일 때는 반감기가 2번, t_3 일 때는 반감기가 4번 지났다. 1차 반응은 반감기가 일정하므로 $t_2 = 2t_1$ 이고, $t_3 = 4t_1$ 이다. 따라서 $\frac{t_3}{t_2} = 2$ 이다.

◎ t_2 일 때 $\frac{B(g)\text{의 부분 압력}}{A(g)\text{의 부분 압력}} = \frac{4.8}{1.6} = 3$ 이다.

09 1차 반응과 부분 압력, 전체 기체의 압력

반감기가 2번 지난 $2t$ 일 때 $A(g)$ 의 부분 압력이 $2P$ 이므로, 반응 초기 $A(g)$ 의 압력은 $8P$ 이고, t 일 때와 $2t$ 일 때 각 기체의 부분 압력은 표와 같다.

시간		t	$2t$
부분 입력(atm)	A(g)	$4P$	$2P$
	B(g)	$4P \times \frac{b}{2}$	$6P \times \frac{b}{2}$
	C(g)	$4P \times \frac{c}{2}$	$6P \times \frac{c}{2}$

$2t$ 일 때 $C(g)$ 의 부분 압력(atm)은 $6P \times \frac{c}{2} = 3P$ 이므로 $c=1$ 이다.

$$\frac{t\text{일 때 전체 기체의 압력}}{2t\text{일 때 전체 기체의 압력}} = \frac{\left(4P + 4P \times \frac{b}{2} + 2P\right)}{\left(2P + 6P \times \frac{b}{2} + 3P\right)} = \frac{6+2b}{5+3b}$$

$= \frac{14}{17}$ 이므로 $b=4$ 이고, t 일 때 $B(g)$ 의 부분 압력은 $4P \times \frac{b}{2} =$

$8P$ 이다. 따라서 $\textcircled{1} \times \frac{c}{b} = 8P \times \frac{1}{4} = 2P$ 이다.

10 1차 반응과 부분 압력, 전체 기체의 압력

반감기 횟수에 따른 $A(g) \sim C(g)$ 의 부분 압력은 표와 같다.

반감기 횟수	1	2	3	
부분 압력(atm)	A(g)	$\frac{1}{2}P$	$\frac{1}{4}P$	$\frac{1}{8}P$
	B(g)	$\frac{1}{2}P$	$\frac{3}{4}P$	$\frac{7}{8}P$
	C(g)	$\frac{1}{2}P$	$\frac{3}{4}P$	$\frac{7}{8}P$

◎ $2t$ 일 때 $\frac{A(g)\text{의 부분 압력}}{B(g)\text{의 부분 압력}} = \frac{1}{3}$ 이므로 $2t$ 일 때까지 반감기는 2번 지났으며, A에 대한 1차 반응이므로 이 반응의 반감기는 t 이다.

◎ $2t$ 일 때 $A(g) \sim C(g)$ 의 부분 압력(atm)은 각각 $\frac{1}{4}P$, $\frac{3}{4}P$, $\frac{3}{4}P$ 이므로 전체 기체의 압력(atm)은 $\frac{7}{4}P$ 이고, $\frac{7}{4}P = \frac{21}{4}$ 이므로 $P=3$ 이다.

◎ $3t$ 일 때 전체 기체의 압력(atm)은 $\frac{15}{8}P = \frac{45}{8}$ 이다. 따라서 $x = \frac{45}{8}$ 이다.

11 1차 반응과 기체의 질량

$A(g)$ 의 질량(g)은 $2t$ 일 때가 반응 전의 $\frac{1}{4}$ 배이므로 반감기는 t 이다. 생성되는 생성물의 질량은 $0 \sim t$ 동안이 $t \sim 2t$ 동안의 2배이므로 반응 시간에 따른 $A(g) \sim C(g)$ 의 질량은 표와 같다.

반응 시간	0	t	$2t$
A(g)의 질량(g)	116	58	29
B(g)의 질량(g)	0	$5w$	$\frac{15}{2}w$
C(g)의 질량(g)	0	$\frac{14}{3}w$	$7w$

질량 보존 법칙에 따라 전체 질량(g)은 116으로 일정하므로 $2t$ 일 때 $29 + \frac{15}{2}w + 7w = 116$ 이고, $w=6$ 이다. $\textcircled{1} = \frac{15}{2}w =$

$\frac{15}{2} \times 6 = 45$ 이다. $2t$ 일 때까지 생성된 B(g)와 C(g)의 질량(g)은 각각 45, 42($=7w$)이고, $\frac{C\text{의 분자량}}{B\text{의 분자량}} = \frac{14}{15}$ 이므로 반응 몰비는

$B : C = \frac{45}{B\text{의 분자량}} : \frac{42}{C\text{의 분자량}} = \frac{45}{15} : \frac{42}{14} = b : 1$ 이며, $b=1$ 이다. 따라서 $\frac{\textcircled{1}}{b} = 45$ 이다.

12 1차 반응과 기체의 질량

1차 반응은 반감기가 일정하고, 반감기가 진행될수록 생성되는 C(g)의 질량은 $\frac{1}{2}$ 배가 된다.

$$\text{※ } \frac{\text{C(g)의 질량}}{\text{전체 기체의 질량}} \text{은 } t\text{일 때와 } 2t\text{일 때가 각각 } \frac{2}{27}, \frac{1}{9} \left(= \frac{3}{27}\right)$$

이므로 $t \sim 2t$ 동안 생성된 C(g)의 질량은 0~ t 동안 생성된 C(g)의 질량의 $\frac{1}{2}$ 배이다. 따라서 반응의 반감기는 t 이다.

◎ 반응 전 A(g)의 질량(g)을 $27w$ 라고 하면, t 일 때 A(g)의 질량(g)은 $\frac{27}{2}w$, C(g)의 질량(g)은 $2w$ 이고 B(g)의 질량(g)은 $\frac{23}{2}w$ 이다. 0~ t 동안 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	2A(g)	\longrightarrow	4B(g)	+	C(g)
반응 전(g)	$27w$				
반응(g)	$-\frac{27}{2}w$		$+\frac{23}{2}w$		$+2w$
반응 후(g)	$\frac{27}{2}w$		$\frac{23}{2}w$		$2w$

반응 몰비는 $A : B = \frac{\frac{27}{2}w}{A\text{의 분자량}} : \frac{\frac{23}{2}w}{B\text{의 분자량}} = 2 : 4$ 이므로 $\frac{B\text{의 분자량}}{A\text{의 분자량}} = \frac{23}{54}$ 이다.

※ $4t$ 일 때는 반감기가 4번 지났을 때이므로 A(g)의 질량은 반응 전 질량의 $\frac{1}{16}$ 배이다. 반응 전 A(g)의 질량(g)을 $27w$ 라고 하면 반응 시간에 따른 A(g)와 C(g)의 질량은 표와 같다.

반응 시간	t	$2t$	$3t$	$4t$
A(g)의 질량(g)	$\frac{27}{2}w$	$\frac{27}{4}w$	$\frac{27}{8}w$	$\frac{27}{16}w$
C(g)의 질량(g)	$2w$	$3w$	$\frac{7}{2}w$	$\frac{15}{4}w$

따라서 $\frac{C(g)\text{의 질량}}{A(g)\text{의 질량}} = \frac{\frac{15}{4}w}{\frac{27}{16}w} = \frac{20}{9}$ 이다.

13 1차 반응과 전체 기체의 압력, 몰 분율

$3t$ 일 때 A(g)의 순간 반응 속도 = $\frac{1}{4}$ 이므로 [A]는 t 일 때가 $3t$ 일 때 A(g)의 순간 반응 속도 = $\frac{1}{4}$ 이므로 [A]는 t 일 때의 4배이고, t 에서 $3t$ 까지 반감기가 2번 지난 A에 대한 1차 반응이므로 반감기는 t 이다. 반응 시간에 따른 A(g)~C(g)의 양(mol)은 표와 같다.

반응 시간	t	$2t$	$3t$
A의 양(mol)	4	2	1
B의 양(mol)	$\frac{4b}{a}$	$\frac{6b}{a}$	$\frac{7b}{a}$
C의 양(mol)	$\frac{4}{a}$	$\frac{6}{a}$	$\frac{7}{a}$

$$t\text{일 때 } C(g)\text{의 몰 분율} = \frac{\frac{4}{a}}{\left(4 + \frac{4b}{a} + \frac{4}{a}\right)} = \frac{1}{7} \text{이므로 } a+b=6$$

$$\text{이고, } \frac{t\text{일 때 전체 기체의 압력}}{2t\text{일 때 전체 기체의 압력}} = \frac{\left(4 + \frac{4b}{a} + \frac{4}{a}\right)}{\left(2 + \frac{6b}{a} + \frac{6}{a}\right)} = \frac{14}{17} \text{이므로}$$

$5a - 2b = 2$ 이다. 두 식을 연립하면 $a=2, b=4$ 이다.

$$x = \frac{\frac{7}{a}}{\left(1 + \frac{7b}{a} + \frac{7}{a}\right)} = \frac{3.5}{(1+14+3.5)} = \frac{7}{37} \text{이다. 따라서 } x \times \frac{b}{a} = \frac{7}{37} \times \frac{4}{2} = \frac{14}{37} \text{이다.}$$

14 1차 반응과 부분 압력, 몰 분율

반응 전 $[A]=x$ M라고 하면 반응 시간에 따른 $[A] \sim [C]$ 는 표와 같다.

반응 시간	$2t$	$4t$
$[A](M)$	$\frac{1}{4}x$	$\frac{1}{16}x$
$[B](M)$	$\frac{3b}{8}x$	$\frac{15b}{32}x$
$[C](M)$	$\frac{3c}{8}x$	$\frac{15c}{32}x$

$$2t\text{일 때 } \frac{B(g)\text{의 부분 압력(atm)}}{A(g)\text{의 부분 압력(atm)}} = \frac{\frac{3b}{8}x}{\frac{1}{4}x} = 6 \text{이므로 } b=4 \text{이다.}$$

$$\text{다. } 4t\text{일 때 } C(g)\text{의 몰 분율은 } \frac{\frac{15c}{32}x}{\frac{1}{16}x + \frac{15b}{32}x + \frac{15c}{32}x} = \frac{15}{77} \text{이다.}$$

$$\text{므로 } c=1 \text{이다. } 2t\text{일 때 } C(g)\text{의 몰 분율은 } \frac{\frac{3}{8}x}{\frac{1}{4}x + \frac{3}{2}x + \frac{3}{8}x} = \frac{3}{17} \text{이다.}$$

$$\text{고, } \textcircled{1} = \frac{3}{17} \text{이다. 따라서 } \textcircled{1} \times \frac{b}{c} = \frac{3}{17} \times \frac{4}{1} = \frac{12}{17} \text{이다.}$$

15 1차 반응과 몰 농도, 전체 기체의 압력

I에서 순간 반응 속도는 $t=1\text{ min}$ 일 때가 $t=2\text{ min}$ 일 때의 2배 이므로 반감기는 1 min이다. I에서 반응 전 $\text{A}(g) \sim \text{C}(g)$ 의 부분 압력을 $P_{\text{A}} \sim P_{\text{C}}$ 라고 하면 반응 시간에 따른 $\text{A}(g) \sim \text{C}(g)$ 의 부분 압력은 표와 같다.

반응 시간	$t=0$	$t=1\text{ min}$	$t=2\text{ min}$
$\text{A}(g)$ 의 부분 압력 (atm)	P_{A}	$\frac{P_{\text{A}}}{2}$	$\frac{P_{\text{A}}}{4}$
$\text{B}(g)$ 의 부분 압력 (atm)	P_{B}	$P_{\text{B}} + \frac{P_{\text{A}}}{2}$	$P_{\text{B}} + \frac{3P_{\text{A}}}{4}$
$\text{C}(g)$ 의 부분 압력 (atm)	P_{C}	$P_{\text{C}} + \frac{P_{\text{A}}}{4}$	$P_{\text{C}} + \frac{3P_{\text{A}}}{8}$

I에서 $t=2\text{ min}$ 일 때와 $t=1\text{ min}$ 일 때 전체 기체의 압력(atm)의 차이는 $\left(\frac{11P_{\text{A}}}{8} + P_{\text{B}} + P_{\text{C}}\right) - \left(\frac{5P_{\text{A}}}{4} + P_{\text{B}} + P_{\text{C}}\right) = \frac{P_{\text{A}}}{8}$ 이므로 $P_{\text{A}} = 8P$ 이고, $P_{\text{B}} + P_{\text{C}} = 6P$ 이다. II에서 $t=2\text{ min}$ 일 때와 $t=1\text{ min}$ 일 때 전체 압력(atm)의 차이는 $2P$ 이므로 II에서 반응 전 $\text{A}(g)$ 의 부분 압력은 $16P$ 이고, $\text{B}(g)$ 와 $\text{C}(g)$ 의 부분 압력의 합은 $12P$ 이다.

$t=0\text{일 때}$		
I	P_{A}	$8P$
	$P_{\text{B}} + P_{\text{C}}$	$6P$
II	P_{A}	$16P$
	$P_{\text{B}} + P_{\text{C}}$	$12P$

◎ $t=0\text{일 때}$ I에서와 II에서 $\text{A}(g)$ 의 몰 분율은 모두 $\frac{4}{7}$ 이다.

$$\textcircled{Q} \text{ I에서 } t=1\text{ min} \text{일 때 } \frac{\text{C}(g)\text{의 부분 압력}}{\text{B}(g)\text{의 부분 압력}} = \frac{\left(P_{\text{C}} + \frac{P_{\text{A}}}{4}\right)}{\left(P_{\text{B}} + \frac{P_{\text{A}}}{2}\right)}$$

$$= \frac{P_{\text{C}} + 2P}{P_{\text{B}} + 4P} = \frac{1}{2} \text{[o]} \text{고, } P_{\text{B}} + P_{\text{C}} = 6P \text{[o]므로 } P_{\text{B}} = 4P, P_{\text{C}} = 2P \text{이다. 따라서 I에서 } t=0\text{일 때 } \text{C}(g)\text{의 부분 압력은 } 2P \text{ atm이다.}$$

$$\textcircled{Q} \text{ II에서 } t=2\text{ min} \text{일 때 } \frac{[\text{C}]}{[\text{B}]} = \frac{\left(P_{\text{C}} + \frac{3P_{\text{A}}}{8}\right)}{\left(P_{\text{B}} + \frac{3P_{\text{A}}}{4}\right)} = \frac{P_{\text{C}} + 6P}{P_{\text{B}} + 12P}$$

$$= \frac{2}{3} \text{[o]} \text{고, } P_{\text{B}} + P_{\text{C}} = 12P \text{[o]므로 } P_{\text{B}} = 6P, P_{\text{C}} = 6P \text{이다. 따라}$$

$$\text{서 } t=1\text{ min} \text{일 때 } \frac{[\text{C}]}{[\text{B}]} = \frac{\left(P_{\text{C}} + \frac{P_{\text{A}}}{4}\right)}{\left(P_{\text{B}} + \frac{P_{\text{A}}}{2}\right)} = \frac{5}{7} \text{[o]} \text{고, } \textcircled{Q} = \frac{5}{7} \text{[o]다.}$$

16 1차 반응과 전체 기체의 압력, 몰 분율

(가)와 (나)에서 초기 압력을 각각 $P_{\text{A}}, P_{\text{D}}$ 라고 하면 반감기 횟수에 따른 전체 압력 및 $\text{A}(g)$ 와 $\text{D}(g)$ 의 몰 분율은 표와 같다.

	반감기 횟수	1	2
(가)	전체 기체의 압력	$\frac{3}{2}P_{\text{A}}$	$\frac{7}{4}P_{\text{A}}$
	$\text{A}(g)$ 의 몰 분율	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{7}$
(나)	전체 기체의 압력	$\frac{3}{2}P_{\text{D}}$	$\frac{7}{4}P_{\text{D}}$
	$\text{D}(g)$ 의 몰 분율	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{7}$

2t일 때 $\frac{(\text{나})\text{에서 D(g)의 몰 분율}}{(\text{가})\text{에서 A(g)의 몰 분율}} = \frac{3}{7}$ 이므로 반감기는 (가)가 $2t$, (나)가 t 이다. (가)에서 $2t$ 일 때 전체 기체의 압력 : (나)에서 t 일 때 전체 기체의 압력 = $\frac{3}{2}P_{\text{A}} : \frac{3}{2}P_{\text{D}} = 2 : 1$ 이므로 $P_{\text{A}} = 2P_{\text{D}}$ 이고, $x = 2y$ 이다. (나)에서 t 일 때 전체 기체의 압력 : $2t$ 일 때 전체 기체의 압력 = $\frac{3}{2}P_{\text{D}} : \frac{7}{4}P_{\text{D}} = 1 : \frac{7}{6}$ 이므로 $\textcircled{Q} = \frac{7}{6}$ 이다. 따라서 $\textcircled{Q} \times \frac{x}{y} = \frac{7}{6} \times 2 = \frac{7}{3}$ [o]다.

08 반응 속도에 영향을 미치는 요인

수능 2점 테스트

본문 159~160쪽

- 01 ③ 02 ③ 03 ① 04 ① 05 ③ 06 ⑤
07 ③ 08 ③

01 온도가 반응 속도에 미치는 영향

화학 반응에서 온도가 높아지면 반응 속도식에서 반응 속도 상수가 커지고, 정반응 속도와 역반응 속도는 모두 빨라진다. 따라서 (가)와 (나)는 각각 ‘반응 속도 상수’와 ‘빨라진다’가 적절하다.

02 농도가 반응 속도에 미치는 영향

HCl(*aq*)의 농도가 클수록 피스톤이 붉은색 선까지 밀려나는 데 걸린 시간이 줄어들었으므로 반응 속도는 빨라진다.

⑦ ‘반응물의 농도가 클수록 반응 속도는 빨라진다.’는 ⑦으로 적절하다.

☒. 촉매가 첨가되지 않았으므로 정반응의 활성화 에너지(E_a)는 I~III에서 모두 같다.

⑧. 강철솜이 공기 중에서보다 산소가 든 집기병에서 빠르게 연소하는 현상은 반응물인 산소의 농도가 커져 반응 속도가 빨라지는 것이므로 이 탐구 활동의 결론과 같은 원리이다.

03 촉매가 반응 속도에 미치는 영향

촉매를 사용하면 반응의 활성화 에너지(E_a) 크기가 변하여 반응 속도가 달라진다.

⑨. KI(*s*)을 넣었을 때 반응 속도가 빨라졌으므로 KI(*s*)은 정촉매이다.

☒. KI(*s*)은 정촉매이므로 반응의 활성화 에너지(E_a) 크기가 작아지는 경로로 반응이 진행된다. 따라서 (가)와 (나)는 반응 경로가 다르다.

☒. 촉매를 넣어도 반응 엔탈피(ΔH)는 변하지 않으므로 (가)와 (나)는 반응 엔탈피(ΔH)가 같다.

04 촉매가 반응 속도에 미치는 영향

온도 T 에서 $v_1 > v_2 > v_3$ 으로 X(*s*)는 정촉매, Y(*s*)는 부촉매이다.

⑩. X(*s*)는 정촉매이다.

☒. 촉매는 활성화 에너지의 크기에만 영향을 미치고 반응물과 생성물의 에너지에는 영향을 미치지 않는다. 따라서 반응 엔탈피(ΔH)는 I~III에서 모두 같다.

☒. K 는 촉매의 영향은 받지 않고 온도에만 영향을 받는다. I~III은 온도가 T 로 일정하므로 K 는 I~III에서 모두 같다.

05 온도와 농도가 반응 속도에 미치는 영향

농도가 증가하면 반응 속도가 빨라지고, 온도가 높아지면 활성화 에너지(E_a) 이상의 에너지를 갖는 분자 수가 증가하여 반응 속도가 빨라진다.

⑪. 반응물의 초기 농도는 I과 III이 같고, 초기 반응 속도는 III > I이므로 $T_2 > T_1$ 이다.

☒. 온도가 일정하면 1차 반응의 반감기는 일정하므로 반감기는 $I = II$ 이다.

⑫. III과 IV의 반감기는 모두 t 로 같으므로 t 일 때까지 감소한 [A]는 IV에서가 III에서의 2배이다. 따라서 $0 \sim t$ 동안 A(*g*)의 평균 반응 속도는 IV에서가 III에서의 2배이다.

06 농도가 반응 속도에 미치는 영향

I에서 초기 A(*g*)의 양을 a mol이라고 하고, A(*g*)의 몰 분율이 $\frac{1}{3}$ 일 때까지 반응한 A(*g*)의 양을 x mol이라고 하면, 생성된 B(*g*)의 양은 $2x$ mol이고, A(*g*)의 몰 분율은 $\frac{a-x}{a-x+2x} = \frac{1}{3}$

이다. $a=2x$ 이므로 A(*g*)의 몰 분율이 $\frac{1}{3}$ 일 때는 반감기가 1번 지났을 때이다.

☒. I과 II는 온도가 T 로 일정하므로 k 는 I에서와 II에서가 같다.

⑬. 온도가 일정하면 1차 반응의 반감기가 일정하므로 A(*g*)의 몰 분율이 $\frac{1}{3}$ 이 되는 데 걸리는 시간은 I에서와 II에서가 같다.

⑭. 순간 반응 속도는 반응물의 농도에 비례한다. A(*g*)의 몰 분율이 $\frac{1}{3}$ 일 때 순간 반응 속도의 비는 I : II = 3 : 4이므로 이때,

[A]의 비는 I : II = 3 : 4이다. I과 II에서 반감기가 1번 지났을 때 [A]의 비는 I : II = 3 : 4이므로 $\frac{II}{I}$ 에서 A(*g*)의 초기 농도 $= \frac{4}{3}$ 이다.

07 온도가 반응 속도에 미치는 영향

온도가 높아지면 반응 속도는 빨라지고, 1차 반응에서 반감기는 짧아진다.

⑮. A에 대한 1차 반응이고, T_1 에서 [A]는 $0 \sim 2t$ 동안 초기 농도의 $\frac{1}{4}$ 배로 감소하므로 T_1 에서 반감기는 t 이다.

☒. T_2 에서 t 일 때 [A]는 초기 농도의 $\frac{1}{4}$ 배이므로 반감기가 2번 진행되었다. 반감기는 T_1 에서보다 T_2 에서가 짧으므로 반응 속도는 T_2 에서가 T_1 에서보다 빠르다. 따라서 $T_2 > T_1$ 이다.

④ T_2 에서 $2t$ 일 때까지 반감기가 4번 진행되었으므로 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$aA(g) \longrightarrow B(g)$	
반응 전(M)	0.8
반응(M)	$-0.75 + \frac{0.75}{a}$
반응 후(M)	$0.05 \frac{0.75}{a}$

$$T_2 \text{에서 } 2t \text{일 때 } \frac{[B]}{[A]} = \frac{\frac{0.75}{a}}{0.05} = \frac{15}{2} \text{이므로 } a=2 \text{이다.}$$

08 온도가 반응 속도에 미치는 영향

반감기 횟수에 따른 $A(g) \sim C(g)$ 의 부분 압력과 $A(g)$ 의 몰 분율은 표와 같다.

반감기 횟수	1	2	3	4
$A(g)$ 의 부분 압력(atm)	$\frac{1}{2}P$	$\frac{1}{4}P$	$\frac{1}{8}P$	$\frac{1}{16}P$
$B(g)$ 의 부분 압력(atm)	$\frac{1}{2}P$	$\frac{3}{4}P$	$\frac{7}{8}P$	$\frac{15}{16}P$
$C(g)$ 의 부분 압력(atm)	$\frac{1}{2}P$	$\frac{3}{4}P$	$\frac{7}{8}P$	$\frac{15}{16}P$
$A(g)$ 의 몰 분율	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{31}$

⑤ T_1 에서 $t=1 \text{ min}$ 일 때 반감기가 1번 지났고, $t=3 \text{ min}$ 일 때 반감기가 3번 지났으므로 이 반응은 T_1 에서 반감기가 1 min이다.

☒ T_2 에서 $t=2 \text{ min}$ 일 때 반감기가 4번 지났으므로 반감기는 $\frac{1}{2} \text{ min}$ 이다. 따라서 $T_2 > T_1$ 이다.

⑥ $t=2 \text{ min}$ 일 때 $\frac{T_2 \text{에서 전체 기체의 압력}}{T_1 \text{에서 전체 기체의 압력}} = \frac{\frac{31}{16}P}{\frac{7}{4}P} = \frac{31}{28}$

이다.

수능 3점 테스트

본문 161~164쪽

- 01 ⑤ 02 ③ 03 ⑤ 04 ⑤ 05 ④ 06 ③
07 ⑤ 08 ③

01 온도와 온도가 반응 속도에 미치는 영향

I에서 $v \text{ M/s} = ka \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$ 으로 T_1 에서 $k = \frac{v}{a} \text{ s}^{-1}$ 이다.

II에서 $2v \text{ M/s} = \frac{v}{a} \text{ s}^{-1} \times xa \text{ M}^{-1}$ 으로 $x=2$ 이다.

T_2 에서 반응 속도 상수 $= \frac{3}{2}$ 이므로 T_2 에서 $k = \frac{3v}{2a} \text{ s}^{-1}$ 이다. III

에서 $yv \text{ M/s} = \frac{3v}{2a} \text{ s}^{-1} \times 4a \text{ M}^{-1}$ 으로 $y=6$ 이다. 따라서 $\frac{y}{x} = \frac{6}{2} = 3$ 이다.

02 온도가 반응 속도에 미치는 영향

A에 대한 1차 반응이므로 온도가 일정하면 반감기는 일정하다.

⑦ T_1 에서 $t=3 \text{ min}$ 일 때까지 반응한 $A(g)$ 의 양이 $x \text{ mol}$ 이 라고 하면 $t=3 \text{ min}$ 일 때 $\frac{[B]}{[A]} = \frac{2x}{2-x} = 14$ 이고, $x = \frac{7}{4}$ 이다.

$t=3 \text{ min}$ 일 때 $A(g)$ 의 양이 $\frac{1}{4} \text{ mol}$ 이므로 반감기는 3번 지났고, T_1 에서 반감기는 1 min이다.

☒ T_2 에서 $t=1 \text{ min}$ 일 때까지 반응한 $A(g)$ 의 양을 $y \text{ mol}$ 이 라고 하면, $t=1 \text{ min}$ 일 때 $\frac{[B]}{[A]} = \frac{2y}{2-y} = 6$ 이고, $y = \frac{3}{2}$ 이다.

$t=1 \text{ min}$ 일 때 $A(g)$ 의 양이 $\frac{1}{2} \text{ mol}$ 이므로 $t=1 \text{ min}$ 까지 반감기는 2번 진행되었고, T_2 에서 반감기는 $\frac{1}{2} \text{ min}$ 이다. T_2 에서 반감기가 T_1 에서 반감기보다 짧으므로 $T_2 > T_1$ 이다.

⑧ T_2 에서 반감기는 $\frac{1}{2} \text{ min}$ 이므로 $t=2 \text{ min}$ 일 때는 반감기가 4번 지났을 때이다. 반감기가 4번 지났을 때 $[A] = \frac{1}{8} \text{ M}$, $[B] = \frac{15}{4} \text{ M}$ 이므로 $\frac{[B]}{[A]} = 30$ 이다. 따라서 ㉠ = 30이다.

03 온도가 반응 속도에 미치는 영향

$A(g)$ 의 초기 양을 $a \text{ mol}$, 2 min 일 때까지 반응한 $A(g)$ 의 양을 $x \text{ mol}$ 이라고 하면, 2 min 일 때 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 양은 각각 $(a-x) \text{ mol}$, $2x \text{ mol}$ 이고, $B(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{2x}{a-x+2x} = \frac{2}{3}$ 이다. 따라서 $a=2x$ 이다.

- ⑦ 2 min일 때 A(g)의 양이 초기 양의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 반감기는 1번 지났고, 4 min일 때 B(g)의 몰 분율이 $\frac{6}{7}$ 이므로 2~4 min 동안 반감기가 1번 지났다. 따라서 T_1 에서 반감기는 2 min이다.
- ⑧ 2 min일 때와 4 min일 때는 각각 반감기가 1번, 2번 지났을 때이므로 각 기체의 양(mol)은 표와 같다.

반응 시간	2 min	4 min
A(g)의 양(mol)	x	$\frac{1}{2}x$
B(g)의 양(mol)	$2x$	$3x$

용기 속 전체 기체의 압력은 기체의 양(mol)에 비례하므로 4 min 일 때 용기 속 전체 기체의 압력 $= \frac{1}{2}x + 3x = \frac{7}{6}x$ 이다. 2 min 일 때 용기 속 전체 기체의 압력 $= \frac{x + 2x}{6} = \frac{3}{2}x$ 이다. 온도가 T_1 로 일정하다면 6 min일 때는 반감기가 3번 지났을 때이므로 A(g)와 B(g)의 양은 각각 $\frac{1}{8}a \text{ mol}$, $\frac{7}{4}a \text{ mol}$ 이고 B(g)의 몰 분율은 $\frac{14}{15}$ 이어야 하는데, B(g)의 몰 분율이 $\frac{30}{31} (> \frac{14}{15})$ 이므로 온도가 T_2 로 변했을 때 반응 속도가 빨라졌다. 따라서 $T_2 > T_1$ 이다.

04 촉매가 반응 속도에 미치는 영향

온도가 일정하고, A에 대한 1차 반응이므로 X(s)를 넣기 전까지 반감기는 일정하다.

- ① A(g)와 B(g)의 반응 계수비가 1 : 1이고, 1 min일 때 B(g)의 몰 분율이 $\frac{1}{2}$ 이므로 반감기는 1 min이다. 따라서 X(s)를 넣기 전 반감기는 1 min이다.
- ② 2 min일 때는 반감기가 2번 지났을 때이므로 용기 속 A(g)의 양은 0.4 mol이다. 따라서 0~2 min 동안 A(g)의 평균 반응 속도는 $-\frac{(0.4 - 1.6) \text{ M}}{2 \text{ min}} = 0.6 \text{ M/min}$ 이다.

- ③ 3 min일 때까지 반응한 A(g)의 양을 $x \text{ mol}$ 이라고 하면 3 min일 때 A(g)와 B(g)의 양은 각각 $(1.6 - x) \text{ mol}$, $x \text{ mol}$ 이고, B(g)의 몰 분율은 $\frac{x}{1.6 - x + x} = \frac{15}{16}$ 이므로 $x = 1.5$ 이다. 3 min일 때까지 촉매를 넣지 않았다면 B(g)의 양은 1.4 mol이어야 하는데, 생성된 B(g)의 양이 1.5 (> 1.4) mol이므로 촉매에 의해 반응 속도가 빨라졌다. 따라서 X(s)는 정촉매이다.

05 온도가 반응 속도에 미치는 영향

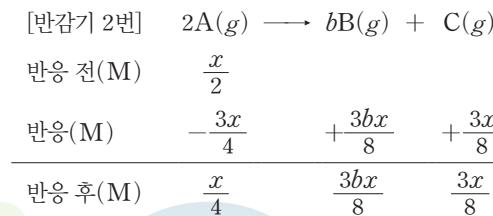
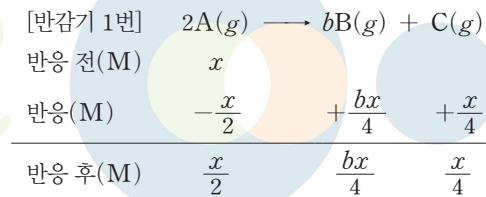
반감기 횟수에 따른 A(g)~C(g)의 부분 압력 및 전체 기체의 압력을 표와 같다.

반감기 횟수	1	2	3	4
A(g)의 부분 압력(atm)	$\frac{1}{2}P$	$\frac{1}{4}P$	$\frac{1}{8}P$	$\frac{1}{16}P$
B(g)의 부분 압력(atm)	$\frac{1}{2}P$	$\frac{3}{4}P$	$\frac{7}{8}P$	$\frac{15}{16}P$
C(g)의 부분 압력(atm)	$\frac{1}{4}P$	$\frac{3}{8}P$	$\frac{7}{16}P$	$\frac{15}{32}P$
전체 기체의 압력(atm)	$\frac{5}{4}P$	$\frac{11}{8}P$	$\frac{23}{16}P$	$\frac{47}{32}P$

t 일 때 T_1 에서 전체 기체의 압력 : T_2 에서 전체 기체의 압력 $= 40 : 44 = \frac{5}{4}P : \frac{11}{8}P$ 이다. 따라서 T_2 에서 t 일 때 반감기는 2번 지났다. 2t일 때 T_1 에서 전체 기체의 압력 : T_2 에서 전체 기체의 압력 $= \frac{11}{8}P : \frac{47}{32}P = 44 : 47$ 이다. 따라서 2t일 때 T_1 과 T_2 에서 전체 기체의 압력(상댓값)으로 가장 적절한 것은 ④이다.

06 농도가 반응 속도에 미치는 영향

A에 대한 1차 반응이므로 반감기는 일정하다. I에서 $t=0$ 일 때 I에서 A(g)의 농도를 $x \text{ M}$ 라고 하면 반감기가 1번 지날 때와 2번 지날 때의 양적 관계는 다음과 같다.



반감기가 1번 지날 때 $[\text{B}] + [\text{C}] = \frac{x}{4}(b+1) \text{ M}$ 이고, 반감기가 2번 지날 때 $[\text{B}] + [\text{C}] = \frac{3x}{8}(b+1) \text{ M}$ 이다. I에서 $[\text{B}] + [\text{C}]$ 는 $t=2 \text{ min}$ 일 때가 $t=1 \text{ min}$ 일 때의 $\frac{3}{2}$ 배이므로 $t=1 \text{ min}$ 일 때가 반감기 1번, $t=2 \text{ min}$ 일 때가 반감기 2번 지났을 때이다. 따라서 T에서 반감기는 1 min이다. I에서 $t=2 \text{ min}$ 일 때 A(g)

의 몰 분율은 $\frac{\frac{x}{4}}{\left(\frac{x}{4} + \frac{3bx}{8} + \frac{3x}{8}\right)} = \frac{2}{17}$ 이므로 $b = 4$ 이다.

$t=1 \text{ min}$ 일 때 $[\text{B}] + [\text{C}] = x + \frac{x}{4} = 5 \text{ M}$ 이므로 $x = 4$ 이다.

$t=0$ 일 때 Ⅱ에서 $A(g)$ 의 농도를 y M라고 하면, Ⅱ에서 $t=1$ min일 때 $[B]+[C]=\frac{y}{4}(b+1)=\frac{5}{4}$ M이므로 $y=1$ 이다.

따라서 $t=0$ 일 때 $\frac{\text{Ⅱ에서 } [A](M)}{\text{Ⅰ에서 } [A](M)} \times b = \frac{1}{4} \times 4 = 1$ 이다.

07 온도와 농도가 반응 속도에 미치는 영향

I에서 t 일 때 $B(g)$ 의 부분 압력을 P_1 atm이라고 하면 $A(g)$ 의 부분 압력은 $(4-2P_1)$ atm이고, 전체 기체의 압력(atm)은 $(4-2P_1)+P_1=3$ 이므로 $P_1=1$ 이다. t 일 때 $A(g)$ 의 부분 압력이 반응 초기의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 I에서 반감기는 t 이다. Ⅱ에서 t 일 때 $B(g)$ 의 부분 압력을 P_2 atm이라고 하면, $A(g)$ 의 부분 압력은 $(4-2P_2)$ atm이고, 전체 기체의 압력(atm)은 $(4-2P_2)+P_2=\frac{5}{2}$ 이므로 $P_2=\frac{3}{2}$ 이다. t 일 때 $A(g)$ 의 부분 압력이 반응 초기의 $\frac{1}{4}$ 배이므로 Ⅱ에서 반감기는 $\frac{t}{2}$ 이다.

① Ⅲ에서 $2t$ 일 때 $B(g)$ 의 부분 압력을 P_3 atm이라고 하면 전체 기체의 압력(atm)은 $(2-2P_3)+P_3=\frac{5}{4}$ 이므로 $P_3=\frac{3}{4}$ 이다. $2t$ 일 때 $A(g)$ 의 부분 압력이 반응 초기의 $\frac{1}{4}$ 배이므로 Ⅲ에서 반감기는 t 이다. 따라서 반감기는 I에서와 Ⅲ에서가 같다.

② 반감기는 Ⅱ에서가 I에서보다 짧으므로 반응 속도는 Ⅱ > I이다. 따라서 온도는 I에서 T_1 , Ⅱ에서 T_2 이다.

③ t 일 때 $B(g)$ 의 부분 압력(atm)은 I~Ⅲ이 각각 $1, \frac{3}{2}, \frac{1}{2}$ 이다. 따라서 $B(g)$ 의 부분 압력은 Ⅱ가 가장 크다.

08 온도가 반응 속도에 미치는 영향

I에서 $0\sim 2$ min 동안 $A(g)$ 의 평균 반응 속도는 $\frac{9}{10}$ M/min이므로 $0\sim 2$ min 동안 $[A]$ 의 감소량은 1.8 M이다.

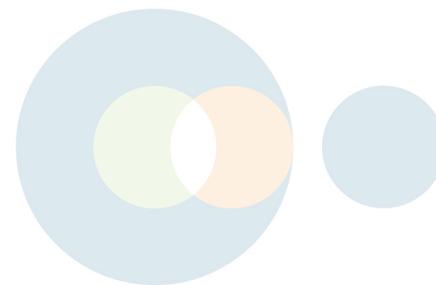
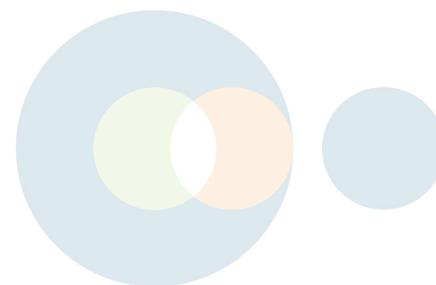
① T_1 에서 반감기는 1 min이므로 $0\sim 2$ min 동안 반감기는 2번 지났고, 반응이 진행될수록 $[A]$ 의 감소량은 $\frac{1}{2}$ 배가 되므로 반감기가 1번 지났을 때 $[A]$ 의 감소량은 1.2 M, 반감기가 2번 지났을 때 $[A]$ 의 감소량은 0.6 M이다. 반감기가 1번 지날 때 $[A]$ 의 감소량은 1.2 M이므로 반응 전 $[A]$ 는 1.2 M의 2배인 2.4 M이다. 따라서 $x=2.4$ 이다.

② I에서 4 min일 때까지 온도는 T_1 로 일정하게 유지되므로 4 min일 때까지 반감기가 4번 지났고, 반응 시간에 따른 $[A]$ 는 표와 같다.

반응 시간(min)	0	1	2	3	4
[A](M)	2.4	1.2	0.6	0.3	0.15

I에서 2~4 min 동안 $[A]$ 의 감소량은 0.45 M이므로 2~4 min 동안 $A(g)$ 의 평균 반응 속도는 $\frac{9}{40}$ M/min이다. 2~4 min 동안 $A(g)$ 의 평균 반응 속도는 Ⅱ > I > Ⅲ이므로 $T_2 > T_1 > T_3$ 이다.

▣ 2~4 min 동안 $A(g)$ 의 평균 반응 속도는 Ⅱ에서 $\frac{9}{32}$ M/min, Ⅲ에서 $\frac{3}{20}$ M/min으로 $[A]$ 의 감소량은 Ⅱ에서 $\frac{9}{16}$ M, Ⅲ에서 $\frac{3}{10}$ M이다. Ⅱ에서와 Ⅲ에서 모두 2 min일 때 $[A]=0.6$ M이므로 4 min일 때 $\frac{\text{Ⅲ에서 } [A]}{\text{Ⅱ에서 } [A]} = \frac{(0.6 - \frac{3}{10})}{(0.6 - \frac{9}{16})} = 8$ 이다. 따라서 4 min일 때 $[A]$ 는 Ⅲ에서가 Ⅱ에서의 8배이다.



09

전기 화학과 이용

수능 2점 테스트

본문 176~178쪽

- 01 ① 02 ⑤ 03 ⑤ 04 ③ 05 ③ 06 ③
 07 ④ 08 ② 09 ③ 10 ① 11 ③ 12 ⑤

01 수소 연료 전지

수소 연료 전지는 수소가 산소와 반응할 때 발생하는 에너지를 전기 에너지로 전환하는 장치로 수소 연료 전지의 최종 생성물은 물이다.

02 금속의 이온화 경향

(가)에서 반응이 일어나지 않았으므로 이온화 경향은 $H > A$ 이고, (나)와 (다)에서는 모두 반응이 일어났으므로 이온화 경향은 각각 $B > H$, $A > C$ 이다. 따라서 이온화 경향은 $B > H > A > C$ 이다.
 ⑦. 이온화 경향은 $B > A$ 이다.
 ⑧. (나)에서 $H^+(aq)$ 이 환원되어 $H_2(g)$ 가 발생한다.
 ⑨. 이온화 경향이 $B > H > A > C$ 이므로 $CSO_4(aq)$ 에 금속 B를 넣으면 금속 C가 석출된다.

03 화학 전지

Ⓐ. 화학 전지의 각 전극에서 산화 반응과 환원 반응이 일어난다.
 Ⓑ. 화학 전지는 산화 환원 반응을 통해 화학 에너지를 전기 에너지로 전환한다.
 Ⓒ. 화학 전지에서 (−)극에서 산화 반응, (+)극에서 환원 반응이 일어난다.

04 금속의 이온화 경향

금속과 금속 이온의 반응에서 이온화 경향이 큰 금속이 산화되고, 이온화 경향이 작은 금속의 양이온은 환원된다.
 ⑩. A^{2+} 과 $B(s)$ 가 반응하지 않으므로 이온화 경향은 $A > B$ 이다.
 ⓫. (가)에서 A^{2+} 과 $C(s)$ 가 반응하였으므로 이온화 경향은 $C > A$ 이고, 3가지 금속의 이온화 경향은 $C > A > B$ 이다. (나)에서 이온화 경향이 가장 큰 C가 금속 양이온으로 존재하므로 반응이 일어나지 않는다.
 ⓬. 원자량은 $C > A$ 이므로 1M $CSO_4(aq)$ 은 1M $ASO_4(aq)$ 보다 밀도가 크다. (나)에서는 반응이 일어나지 않으므로 수용액의 밀도는 일정하고, (가)에서 반응이 진행될수록 수용액의 A^{2+} 의 양(mol)은 줄어들며 C^{2+} 의 양(mol)은 증가하므로 수용액의 밀

도는 증가한다. 따라서 시간이 지날수록 (가)에서와 (나)에서의 수용액의 밀도 차는 줄어든다.

05 화학 전지와 이온화 경향

이온화 경향이 $Zn > H > Cu$ 이므로 (가)에서 $Cu(s)$ 는 반응하지 않고, $Zn(s)$ 은 산화되어 $Zn^{2+}(aq)$ 이 되며 $H^+(aq)$ 은 $Zn(s)$ 표면에서 환원되어 $H_2(g)$ 가 된다. (나)에서 $Zn(s)$ 은 산화되어 $Zn^{2+}(aq)$ 이 되며, 이때 발생한 전자는 도선을 따라 $Cu(s)$ 로 이동하여 $Cu(s)$ 표면에서 $H^+(aq)$ 이 환원되어 $H_2(g)$ 가 된다.

Ⓐ. (가)와 (나) 모두 수용액의 $H^+(aq)$ 의 농도가 감소하므로 pH는 증가한다.

⓫. (가)는 $Zn(s)$ 표면에서 $H_2(g)$ 가 발생하고 (나)는 $Cu(s)$ 표면에서 $H_2(g)$ 가 발생한다.

⓭. (가)와 (나) 모두 $Cu(s)$ 는 반응하지 않으므로 질량이 변하지 않는다.

06 화학 전지

반응이 진행될 때, $B(s)$ 전극의 질량이 증가하였으므로 $B(s)$ 전극에서는 $B^{2+}(aq)$ 이 $B(s)$ 로 환원되고 $A(s)$ 전극에서는 $A(s)$ 가 $A^{2+}(aq)$ 으로 산화된다.

⓫. $A(s)$ 가 산화되고 $B^{2+}(aq)$ 이 환원되므로 이온화 경향은 $A > B$ 이다.

⓭. $A(s)$ 전극에서 산화 반응이 일어나므로 (−)극이다.

⓫. 반응이 진행될 때 $A^{2+}(aq)$ 의 농도는 증가하고 $B^{2+}(aq)$ 의 농도는 감소하므로 $\frac{BSO_4(aq)}{ASO_4(aq)}$ 에서 $\frac{[B^{2+}]}{[A^{2+}]}$ 는 감소한다.

07 화학 전지

이온화 경향이 $B > A$ 이므로 B 전극에서 산화 반응이, A 전극에서 환원 반응이 일어난다.

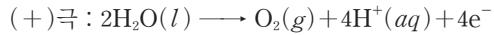
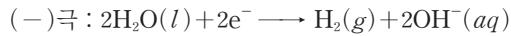
⓫. B 전극에서 산화 반응이 일어나므로 전자는 ⑦으로 이동한다.

⓭. A 전극에서 $A^{2+}(aq)$ 이 $A(s)$ 로 환원되므로 A 전극의 질량은 증가한다.

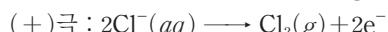
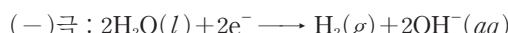
⓫. A^{2+} 과 B^{2+} 의 전하량이 같으므로 산화되어 생성된 B^{2+} 의 양(mol)과 석출되어 감소한 A^{2+} 의 양(mol)이 같으므로 반응이 진행되는 동안 $([A^{2+}] + [B^{2+}])$ 는 일정하다.

08 수용액의 전기 분해

(가)에서 $Na_2SO_4(aq)$ 을 전기 분해할 때 각 전극에서 일어나는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



(나)에서 $\text{NaCl}(aq)$ 을 전기 분해할 때 각 전극에서 일어나는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



▣. 전극 B와 C에서 같은 종류의 기체가 발생하였으므로 X는 수소(H_2)이고 두 전극은 모두 (-)극이다.

㉡. 전극 A는 (+)극이므로 $\text{O}_2(g)$ 가 발생하고, 전극 D도 (+)극이므로 $\text{Cl}_2(g)$ 가 발생한다. 따라서 전극 A와 D에서 발생하는 기체의 종류는 다르다.

▣. (가)에서 H_2 1 mol이 생성될 때 $\text{O}_2(g)$ 는 0.5 mol이 생성되고, (나)에서 H_2 1 mol이 생성될 때 $\text{Cl}_2(g)$ 는 1 mol이 생성되므로 전극 A와 D에서 생성되는 기체의 양(mol)은 서로 다르다.

09 물의 광분해

광촉매 전극에서 빛에너지에 의해 물의 산화 반응이 일어나 $\text{O}_2(g)$ 가 발생하고, 백금 전극에서는 물의 환원 반응이 일어나 $\text{H}_2(g)$ 가 발생한다.

▣. 광촉매 전극에서 일어나는 반응의 화학 반응식은 $2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4\text{e}^-$ 이다.

▣. 광촉매 전극에서 산화 반응이 일어나 발생한 전자가 백금 전극으로 이동하므로 전자의 이동 방향은 ⑦이다.

㉡. 백금 전극에서 발생한 $\text{H}_2(g)$ 는 수소 연료 전지의 연료로 사용될 수 있다.

10 금속의 도금

그림은 Cu 표면을 Ag으로 도금하는 장치이다.

㉡. Cu 전극 표면에서 환원 반응이 일어나 $\text{Ag}(s)$ 이 석출된다.

▣. 수용액의 Ag^+ 이 Cu 전극 표면에서 석출된 만큼 Ag 전극에서 Ag^+ 이 녹아 나오므로 감소한 Ag 전극의 질량은 증가한 Cu 전극의 질량과 같다.

▣. Cu 전극 대신에 Pt 전극을 사용하더라도 Pt 전극 표면에 $\text{Ag}(s)$ 이 석출된다.

11 수용액의 전기 분해

$\text{NaCl}(aq)$ 을 전기 분해하면 (+)극에서는 $\text{Cl}_2(g)$, (-)극에서는 $\text{H}_2(g)$ 가 생성되고, $\text{Na}_2\text{SO}_4(aq)$ 을 전기 분해하면 (+)극에서는 $\text{O}_2(g)$, (-)극에서는 $\text{H}_2(g)$ 가 생성된다.

㉡. (+)극에서는 $\text{O}_2(g)$, (-)극에서는 $\text{H}_2(g)$ 가 생성되므로 X는 Na_2SO_4 이다.

㉡. Y는 NaCl 이므로 ⑦은 Cl_2 이다.

▣. $\text{NaCl}(aq)$ 에서 H_2 1 mol이 생성될 때 $\text{O}_2(g)$ 는 0.5 mol이 생성되고 $\text{Na}_2\text{SO}_4(aq)$ 에서 H_2 1 mol이 생성될 때 $\text{Cl}_2(g)$ 1 mol이 생성되므로 H_2 1 mol이 생성될 때 생성되는 기체의 몰비는 $\text{O}_2 : ⑦ = 1 : 2$ 이다.

12 수소 연료 전지

수소 연료 전지의 (-)극에서 H_2 가 산화되고 (+)극에서 O_2 가 환원되어 물(H_2O)이 생성된다.

㉡. 수소 연료 전지의 생성물은 H_2O 이다.

㉡. (-)극에서 $\text{H}_2(g)$ 가 산화된다.

㉢. 수소 연료 전지는 화학 에너지를 전기 에너지로 전환하는 장치이다.

수능 3점 테스트

본문 179~184쪽

01 ② 02 ③ 03 ④ 04 ④ 05 ② 06 ④

07 ② 08 ① 09 ① 10 ② 11 ② 12 ⑤

01 화학 전지와 전극의 질량

▣. 반응 후 X 전극의 질량이 a 에서 $1.01a$ 로 증가하였으므로 전극 X에서는 환원 반응이 일어난다.

▣. X 전극에서 생성된 $\text{X}(s)$ 의 질량이 $0.01a$ g이므로 생성된 $\text{X}(s)$ 의 양(mol)은 $\frac{0.01a}{65}$ mol이다. Y 전극에서 산화된

$\text{Y}(s)$ 의 양(mol)도 $\frac{0.01a}{65}$ mol이고, 이를 질량으로 환산하면 $\frac{63 \times 0.01a}{65}$ g이다. $\text{Y}(s)$ 전극은 질량이 $\frac{63 \times 0.01a}{65}$ g 만큼 감소하므로 $b = a(1 - \frac{63}{6500})$ 이다.

㉡. 반응 후 X^{2+} 의 양(mol)은 감소하고 Y^{2+} 의 양(mol)은 증가 하므로 $\frac{[\text{Y}^{2+}]}{[\text{X}^{2+}] > 1}$ 이다.

02 전기 분해와 전극의 질량

전극 A에서 금속 이온이 환원되므로 전극 B에서는 산화 반응이 일어난다.

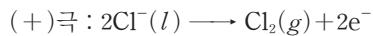
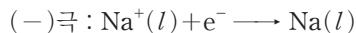
㉡. 전극 B에서 일어나는 화학 반응의 반응식은 $2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4\text{e}^-$ 이고 전극 B에서 생성되는 기체는 O_2 이다.

▣. 전극 B에서 생성되는 기체의 질량이 같다면 도선을 따라 이동한 전자의 양(mol)이 같다. 전극 B에서 생성되는 기체의 질량이 같을 때, 원자량은 $\text{Y} > \text{X}$ 인데 전극의 질량은 $\text{X}^{n+}(aq)$ 일 때가 더 크므로 석출된 금속의 양(mol)은 $\text{X}(s)$ 가 $\text{Y}(s)$ 보다 많아야 한다. 따라서 X 이온은 X^+ 이고, $a = 2$ 이다.

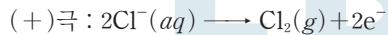
㉡. $\text{Z}^+(aq)$ 을 이용한 실험에서 전극 A의 질량이 증가하지 않았으므로 생성된 물질은 기체이고 $\text{Z}^+(aq)$ 대신 H_2O 이 환원되어 H_2 가 발생하였다.

03 NaCl 용융액과 수용액의 전기 분해

NaCl(l)을 전기 분해할 때 각 전극에서 일어나는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



NaCl(aq)을 전기 분해할 때 각 전극에서 일어나는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



ⓧ. 전극 X에서 기체가 생성되지 않으므로 전극 X에는 Na(l)이 생성된다. 따라서 (가)는 NaCl(l)의 전기 분해 장치이므로 ㉠은 NaCl(l)이다.

㉡. (나)는 NaCl(aq)의 전기 분해 장치이고 전극 Y에서 발생하는 기체는 Cl₂(g)이고, (가)의 (+)극에서도 생성된다.

㉢. 전극 X에서 Na(l)이 생성되므로 전극 X는 (-)극이고 환원 반응이 일어난다. 전극 Y는 (+)극으로 산화 반응이 일어난다.

04 화학 전지

(가)와 (나)에서 모두 B(s)가 산화되거나, (가)와 (나) 모두 B²⁺(aq)이 환원되는 경우 (가)에서 $[\text{B}^{2+}]$ 은 1로 일정해야 한다.

(가)에서 B²⁺(aq)이 환원되고, (나)에서 B(s)가 산화되는 경우 (가)에서 $[\text{B}^{2+}]$ 은 1로 일정해야 한다. 따라서 (가)에서 B(s)가 산화되고, (나)에서 B²⁺(aq)이 환원된다.

ⓧ. B(s) 전극의 질량은 (가)에서는 감소하고, (나)에서는 증가한다.

㉡. 이온화 경향은 (가)에서 B > A이고, (나)에서 C > B이므로 C > B > A이다.

㉢. 이동한 전자의 양이 0.05 mol이므로 (가)에서 석출된 A의 양은 0.025 mol이고, (나)에서 생성된 C⁺의 양은 0.05 mol이다.

$$\text{따라서 } x = \frac{0.1 - 0.025}{0.1 + 0.05} = \frac{0.075}{0.15} = \frac{1}{2} \text{이다.}$$

(가)에서 생성된 B²⁺의 양은 0.025 mol이고, (나)에서 석출된 B의 양은 0.025 mol이다. 따라서 $y = \frac{0.1 + 0.025}{0.1 - 0.025} = \frac{0.125}{0.075} = \frac{5}{3}$

$$\text{이다. 따라서 } \frac{y}{x} = \frac{\frac{5}{3}}{\frac{1}{2}} = \frac{10}{3} \text{이다.}$$

05 전기 분해

(가)에서 A가 Cu이고 B가 Pt이라면 (-)극에서는 Cu(s)가 석출되고, (+)극에서는 Cu(s)가 산화되어 전극의 질량이 감소한다. (-)극에서 석출되는 Cu(s)의 양(mol)과 (+)극에서 산화되는 Cu(s)의 양(mol)이 같으므로 (-)극에서 생성된 물질

의 질량과 감소한 (+) 전극의 질량이 같아야 한다. 따라서 A는 Pt이고, B는 Cu이다.

ⓧ. (가)에서 Cu²⁺(aq)의 농도는 감소한다.

㉡. (나)의 (+)극에서 Cu(s)가 산화되므로 (+)극의 질량은 감소한다.

㉢. (다)의 (-)극에서 생성된 Cu(s)의 양(mol)은 (+)극에서 산화된 Cu(s)의 양(mol)과 같으므로 $x = 6.36$ 이다.

06 전기 분해와 전극에서 생성되는 물질

전극 A, B와 물질 ㉠, ㉡과 ㉠과 ㉡의 몰비는 다음과 같다.

	A	B	㉠	㉡	㉠과 ㉡의 몰비
①	(가)	(다)	Cu(s)	Ag(s)	㉠ : ㉡ = 1 : 2
②	(가)	(라)	Cu(s)	O ₂ (g)	㉠ : ㉡ = 2 : 1
③	(나)	(다)	Cl ₂ (g)	H ₂ (g)	㉠ : ㉡ = 1 : 1
④	(나)	(라)	Cl ₂ (g)	O ₂ (g)	㉠ : ㉡ = 2 : 1
⑤	(나)	(라)	Cl ₂ (g)	Cl ₂ (g)	㉠ : ㉡ = 1 : 1

따라서 모든 조건을 만족하는 것은 ④이다.

07 전기 분해와 연료 전지

전기 분해 장치의 (-)극에서는 물이 환원되어 H₂(g)가 발생하고, 수소 연료 전지의 (-)극에서는 H₂가 산화되어 H⁺이 생성된다.

ⓧ. (가)의 (-)극에서 물이 환원되어 H₂가 생성된다.

㉡. (가)의 (-)극에서 발생하는 기체는 H₂이고 (나)의 연료(㉠)로 사용할 수 있다.

㉢. (가)는 전기 에너지를 화학 에너지로, (나)는 화학 에너지를 전기 에너지로 전환하는 장치이다.

08 물의 광분해와 전기 분해

AgNO₃(aq)을 전기 분해하면 (+)극에서는 O₂(g)가 발생하고, (-)극에서 Ag(s)이 석출된다. 따라서 ㉠과 ㉡에서 발생하는 기체는 O₂(g)이다.

㉡. ㉠과 ㉡에서 산화 반응이 일어나므로 ㉡과 ㉢에서 환원 반응이 일어난다.

ⓧ. (나)에서 NO₃⁻(aq)은 반응하지 않고, Ag(s)의 1 mol 석출될 때, H⁺(aq)의 1 mol 생성되므로 (나)에서 수용액 속 양이온 수는 일정하다.

㉡. (가)의 (-)극에서 H₂(g) 2 mol이 생성될 때, (+)극에서 O₂(g) 1 mol이 생성되고 (나)의 (-)극에서 Ag(s) 4 mol이 생성될 때, (+)극에서 O₂(g) 1 mol이 생성되므로

(-)극에서 생성되는 기체 또는 고체의 양(mol)은 (나)>(가)
(+)극에서 생성되는 기체의 양(mol)이다.

09 금속의 이온화 경향

실험 I의 결과를 통해 이온화 경향이 C>X, X>A, X>B임을 알 수 있고, 실험 II의 결과를 통해 B>Y임을 알 수 있다.

①의 결과에서 Y>A이므로 C>X>B>Y>A가 되어 C>B>A가 된다.

②의 결과에서 A>X이므로 실험 I의 결과와 맞지 않다.

③의 결과에서 X>A이므로 A와 B의 이온화 경향성을 비교할 수 없다.

④의 결과에서 C>B이므로 C>X>B>Y임을 알 수 있으나 A와 B의 경향성을 비교할 수 없다.

⑤의 결과에서 A>B이므로 실험의 결론과 일치하지 않는다. 따라서 ⑦으로 가장 적절한 것은 ①이다.

10 금속의 이온화 경향

이온화 경향이 A>B>C이므로 각 전극에서 일어나는 반응의 화학 반응식과 전극의 종류는 다음과 같다.

전극	화학 반응식	전극의 종류
⑦	$A(s) \longrightarrow A^{2+}(aq) + 2e^-$	(-)
⑧	$B^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow B(s)$	(+)
⑨	$2H_2O(l) \longrightarrow O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^-$	(+)
⑩	$2H_2O(l) + 2e^- \longrightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$	(-)
⑪	$B(s) \longrightarrow B^{2+}(aq) + 2e^-$	(-)
⑫	$C^+(aq) + e^- \longrightarrow C(s)$	(+)

질량이 증가하는 전극은 ⑧과 ⑫으로 $a=2$ 이고, (-)극이면서 기체가 발생하는 전극은 ⑩로 $b=1$ 이다. 따라서 $a+b=3$ 이다.

11 전기 분해

다음은 각 수용액의 전극에서 일어나는 반응과
(-)극에서 생성되는 기체 또는 고체의 양(mol)(=a)에 대한
(+)극에서 생성되는 기체의 양(mol)(=b)에 대한
자료이다.

수용액	$CuCl_2(aq)$	$AgNO_3(aq)$
(+)극에서 일어나는 반응	$2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e^-$	$2H_2O \longrightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$
(-)극에서 일어나는 반응	$Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$	$Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag$
a	1	4

수용액	$NaCl(aq)$	$CuSO_4(aq)$
(+)극에서 일어나는 반응	$2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e^-$	$2H_2O \longrightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$
(-)극에서 일어나는 반응	$2H_2O + 2e^- \longrightarrow H_2 + 2OH^-$	$Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$
a	1	2

(+)극에서 $O_2(g)$ 가 발생하는 수용액은 $AgNO_3(aq)$ 과 $CuSO_4(aq)$ 이고, $Cl_2(g)$ 가 발생하는 수용액은 $CuCl_2(aq)$ 과 $NaCl(aq)$ 이다.

(다)가 $AgNO_3(aq)$ 이면 (나)는 $CuSO_4(aq)$ 인데, (라)가 $AgNO_3(aq)$ 이 되므로 모순이다. (다)가 $CuSO_4(aq)$ 이면 (나)는 $NaCl(aq)$ 또는 $CuCl_2(aq)$ 인데 (가)와 (나)에서 (-)극의 질량이 증가하므로 (-)극에서 금속이 석출된다. 따라서 (나)는 $CuCl_2(aq)$ 이고, (라)는 $NaCl(aq)$, (가)는 $AgNO_3(aq)$ 이다.

☒ (나)와 (라)의 전기 분해에서 (+)극에서 생성되는 기체는 $Cl_2(g)$ 이다.

☒ (라)는 $NaCl(aq)$ 으로 (-)극에서 $H_2(g)$ 가 발생한다.

☒ $AgNO_3(aq)$ 의 전기 분해에서 $\frac{\text{음이온 수}}{\text{양이온 수}}$ 는 일정하지만,

$CuSO_4(aq)$ 의 전기 분해에서 양이온 수가 증가하므로 $\frac{\text{음이온 수}}{\text{양이온 수}}$ 는 감소한다.

12 화학 전지

넣어 준 Z의 질량이 x g일 때 수용액에 존재하는 이온의 종류가 1가지이므로 X^{2+} 과 Y^+ 이 모두 환원되고 수용액에는 Z 이온만 남으므로 이온화 경향은 $Z > X, Y$ 이다.

☒ Z 이온의 전하가 2보다 크면 (가)에서 수용액에 존재하는 금속 이온의 수가 증가할 수 없으므로 Z 이온의 전하는 +1이다.

☒ 금속 이온의 수가 $3N$ 에서 $4N$ 으로 증가할 때 X^{2+} 이 환원되고 Z가 산화되므로 이온화 경향은 $Z > X$ 이다. X^{2+} 과 Y^+ 중 X^{2+} 이 먼저 환원되므로 이온화 경향은 $Y > X$ 이다. 따라서 이온화 경향은 $Z > Y > X$ 이다.

☒ 이온화 경향이 $Y > X$ 이므로 X 전극에서 X(s)가 석출되고 질량이 증가한다.

한눈에 보는 정답

EBS 수능특강 화학 II

01 기체

수능 2점 테스트

01 ⑤ 02 ④ 03 ② 04 ⑤ 05 ⑤ 06 ②
07 ③ 08 ② 09 ② 10 ① 11 ④ 12 ①

수능 3점 테스트

01 ② 02 ⑤ 03 ④ 04 ④ 05 ⑤ 06 ④
07 ③ 08 ⑤ 09 ③ 10 ① 11 ⑤ 12 ④
13 ③ 14 ③

수능 3점 테스트

본문 59~66쪽

01 ⑤ 02 ① 03 ② 04 ④ 05 ⑤ 06 ⑤
07 ② 08 ⑤ 09 ③ 10 ⑤ 11 ⑤ 12 ②
13 ⑤ 14 ② 15 ⑤ 16 ③

02 액체와 고체

수능 2점 테스트

01 ④ 02 ④ 03 ③ 04 ② 05 ① 06 ③
07 ⑤ 08 ① 09 ⑤ 10 ⑤ 11 ④ 12 ③

수능 3점 테스트

01 ④ 02 ③ 03 ③ 04 ⑤ 05 ① 06 ②
07 ④ 08 ② 09 ④ 10 ⑤ 11 ③ 12 ⑤
13 ⑤ 14 ①

04 반응 엔탈피

수능 2점 테스트

본문 77~79쪽

01 ③ 02 ③ 03 ③ 04 ④ 05 ③ 06 ①
07 ⑤ 08 ② 09 ③ 10 ③ 11 ③ 12 ④

수능 3점 테스트

본문 80~85쪽

01 ⑤ 02 ① 03 ③ 04 ③ 05 ④ 06 ③
07 ④ 08 ② 09 ⑤ 10 ④ 11 ⑤ 12 ②

03 용액

수능 2점 테스트

01 ⑤ 02 ② 03 ④ 04 ③ 05 ③ 06 ②
07 ⑤ 08 ④ 09 ⑤ 10 ① 11 ⑤ 12 ⑤
13 ② 14 ① 15 ① 16 ⑤

05 화학 평형과 평형 이동

수능 2점 테스트

본문 97~101쪽

01 ④ 02 ⑤ 03 ③ 04 ① 05 ③ 06 ④
07 ⑤ 08 ④ 09 ① 10 ③ 11 ④ 12 ②
13 ② 14 ⑤ 15 ③ 16 ① 17 ⑤ 18 ③
19 ② 20 ①

수능 3점 테스트

본문 102~111쪽

01 ⑤ 02 ② 03 ③ 04 ① 05 ③ 06 ④
07 ③ 08 ① 09 ④ 10 ③ 11 ① 12 ⑤
13 ④ 14 ⑤ 15 ⑤ 16 ③ 17 ③ 18 ①
19 ② 20 ②

06 산 염기 평형

수능 2점 테스트

본문 122~124쪽

- 01 ③ 02 ⑤ 03 ① 04 ④ 05 ① 06 ⑤
07 ③ 08 ① 09 ⑤ 10 ② 11 ② 12 ⑤

수능 3점 테스트

본문 125~130쪽

- 01 ⑤ 02 ③ 03 ④ 04 ③ 05 ② 06 ④
07 ① 08 ② 09 ⑤ 10 ② 11 ① 12 ⑤

08 반응 속도에 영향을 미치는 요인

수능 2점 테스트

본문 159~160쪽

- 01 ③ 02 ③ 03 ① 04 ① 05 ③ 06 ⑤
07 ③ 08 ③

수능 3점 테스트

본문 161~164쪽

- 01 ⑤ 02 ③ 03 ⑤ 04 ⑤ 05 ④ 06 ③
07 ⑤ 08 ③

07 반응 속도

수능 2점 테스트

본문 139~142쪽

- 01 ⑤ 02 ③ 03 ⑤ 04 ⑤ 05 ② 06 ③
07 ③ 08 ④ 09 ③ 10 ④ 11 ⑤ 12 ②
13 ⑤ 14 ④ 15 ④ 16 ③

수능 3점 테스트

본문 143~150쪽

- 01 ② 02 ③ 03 ① 04 ② 05 ⑤ 06 ③
07 ③ 08 ③ 09 ② 10 ⑤ 11 ⑤ 12 ②
13 ⑤ 14 ③ 15 ⑤ 16 ①

09 전기 화학과 이용

수능 2점 테스트

본문 176~178쪽

- 01 ① 02 ⑤ 03 ⑤ 04 ③ 05 ③ 06 ③
07 ④ 08 ② 09 ③ 10 ① 11 ③ 12 ⑤

수능 3점 테스트

본문 179~184쪽

- 01 ② 02 ③ 03 ④ 04 ④ 05 ② 06 ④
07 ② 08 ① 09 ① 10 ② 11 ② 12 ⑤

● 고1~2, 내신 중점

구분	고교 입문	>	기초	>	기본	>	특화	+	단기		
국어	고등예비 과정	내 등급은?	윤혜정의 개념의 나비효과 입문 편 + 워크북	기본서 올림포스	—	국어 특화 국어 독해의 원리	국어 문법의 원리	단기 특강			
			어휘가 독해다! 수능 국어 어휘								
			정승익의 수능 개념 잡는 대박구문	올림포스 전국연합 학력평가 기출문제집	—	영어 특화 Grammar POWER Reading POWER	Listening POWER Voca POWER				
			주혜연의 해석공식 논리 구조편								
			기초 50일 수학 + 기출 워크북			유형서 올림포스 유형편	영어 특화 고급영어독해				
수학			매쓰 디렉터의 고1 수학 개념 끝장내기			수학 특화 수학의 왕도					
한국사 사회				기본서 개념완성	고등학생을 위한 多담은 한국사 연표						
과학			50일 과학	개념완성 문항편	인공지능 수학과 함께하는 고교 AI 입문 수학과 함께하는 AI 기초						

과목	시리즈명	특징	난이도	권장 학년
전 과목	고등예비과정	예비 고등학생을 위한 과목별 단기 완성	■■■■■	예비 고1
국/영/수	내 등급은?	고1 첫 학력평가 + 반 배치고사 대비 모의고사	■■■■■	예비 고1
	올림포스	내신과 수능 대비 EBS 대표 국어·수학·영어 기본서	■■■■■	고1~2
	올림포스 전국연합학력평가 기출문제집	전국연합학력평가 문제 + 개념 기본서	■■■■■	고1~2
	단기 특강	단기간에 끝내는 유형별 문항 연습	■■■■■	고1~2
한/사/과	개념완성&개념완성 문항편	개념 한 권 + 문항 한 권으로 끝내는 한국사·탐구 기본서	■■■■■	고1~2
국어	윤혜정의 개념의 나비효과 입문 편 + 워크북	윤혜정 선생님과 함께 시작하는 국어 공부의 첫걸음	■■■■■	예비 고1~고2
	어휘가 독해다! 수능 국어 어휘	학평·모평·수능 출제 필수 어휘 학습	■■■■■	예비 고1~고2
	국어 독해의 원리	내신과 수능 대비 문학·독서(비문학) 특화서	■■■■■	고1~2
	국어 문법의 원리	필수 개념과 필수 문항의 언어(문법) 특화서	■■■■■	고1~2
영어	정승익의 수능 개념 잡는 대박구문	정승익 선생님과 CODE로 이해하는 영어 구문	■■■■■	예비 고1~고2
	주혜연의 해석공식 논리 구조편	주혜연 선생님과 함께하는 유형별 지문 독해	■■■■■	예비 고1~고2
	Grammar POWER	구문 분석 트리로 이해하는 영어 문법 특화서	■■■■■	고1~2
	Reading POWER	수준과 학습 목적에 따라 선택하는 영어 독해 특화서	■■■■■	고1~2
	Listening POWER	유형 연습과 모의고사·수행평가 대비 올인원 듣기 특화서	■■■■■	고1~2
	Voca POWER	영어 교육과정 필수 어휘와 어원별 어휘 학습	■■■■■	고1~2
수학	고급영어독해	영어 독해력을 높이는 영미 문학/비문학 읽기	■■■■■	고2~3
	50일 수학 + 기출 워크북	50일 만에 완성하는 초·중·고 수학의 맥	■■■■■	예비 고1~고2
	매쓰 디렉터의 고1 수학 개념 끝장내기	스타강사 강의, 손글씨 풀이와 함께 고1 수학 개념 정복	■■■■■	예비 고1~고1
	올림포스 유형편	유형별 반복 학습을 통해 실력 잡는 수학 유형서	■■■■■	고1~2
	올림포스 고난도	1등급을 위한 고난도 유형 집중 연습	■■■■■	고1~2
한국사	수학의 왕도	직관적 개념 설명과 세분화된 문항 수록 수학 특화서	■■■■■	고1~2
	고등학생을 위한 多담은 한국사 연표	연표로 흐름을 잡는 한국사 학습	■■■■■	예비 고1~고2
	50일 과학	50일 만에 통합과학의 핵심 개념 완벽 이해	■■■■■	예비 고1~고1
기타	수학과 함께하는 고교 AI 입문/AI 기초	파이선 프로그래밍, AI 알고리즘에 필요한 수학 개념 학습	■■■■■	예비 고1~고2

● 고2~N수, 수능 집중

구분	수능 입문	> 기출/연습	>	연계 + 연계 보완	>	고난도	>	모의고사
국어	윤혜정의 개념/패턴의 나비효과		윤혜정의 기출의 나비효과	수능특강 문학 연계 기출	수능특강 사용설명서	하루 3개 1등급 국어독서		FINAL 실전모의고사
영어	기본서 수능 빌드업	기본서 수능 빌드업 수능 특강 Light	기본서 수능 개념 수능 기출의 미래	수능연계교재의 VOCA 1800 수능연계 기출 Vaccine VOCA 2200	수능완성 사용설명서 수능 영어 간접연계 서치라이트	하루 6개 1등급 영어독해		만점마무리 봉투모의고사 시즌1
수학	수능 감(感)잡기		수능 기출의 미래 미니모의고사	수능연계교재 수능특강 eBook 전용	수능연계완성 3주 특강			만점마무리 봉투모의고사 시즌2
한국사 사회		수능 스타트		수능특강Q 미니모의고사	박봄의 사회·문화 표 분석의 패턴			만점마무리 봉투모의고사 고난도 Hyper
과학				수능완성R 모의고사 수능 등급을 올리는 변별 문항 공략				수능 직전보강 클리어 봉투모의고사

구분	시리즈명	특징	난이도	영역
수능 입문	윤혜정의 개념/패턴의 나비효과	윤혜정 선생님과 함께하는 수능 국어 개념/패턴 학습	●	국어
	수능 빌드업	개념부터 문항까지 한 권으로 시작하는 수능 특화 기본서	●	국/수/영
	수능 스타트	2028학년도 수능 예시 문항 분석과 문항 연습	●	사/과
	수능 감(感) 잡기	동일 소재·유형의 내신과 수능 문항 비교로 수능 입문	●	국/수/영
	수능특강 Light	수능 연계교재 학습 전 가볍게 시작하는 수능 도전	●	영어
	수능개념	EBSi 대표 강사들과 함께하는 수능 개념 다지기	●	전 영역
기출/연습	윤혜정의 기출의 나비효과	윤혜정 선생님과 함께하는 까다로운 국어 기출 완전 정복	●	국어
	수능 기출의 미래	올해 수능에 딱 필요한 문제만 선별한 기출문제집	●	전 영역
	수능 기출의 미래 미니모의고사	부담 없는 실전 훈련을 위한 기출 미니모의고사	●	국/수/영
	수능특강Q 미니모의고사	매일 15분 연계교재 우수문항 풀이 미니모의고사	●	국/수/영/사/과
	수능완성R 모의고사	과년도 수능 연계교재 수능완성 실전편 수록	●	수학
연계 + 연계 보완	수능특강	최신 수능 경향과 기출 유형을 반영한 종합 개념 학습	●	전 영역
	수능특강 사용설명서	수능 연계교재 수능특강의 국어·영어 지문 분석	●	국/영
	수능특강 문학 연계 기출	수능특강 수록 작품과 연관된 기출문제 학습	●	국어
	수능완성	유형·테마 학습 후 실전 모의고사로 문항 연습	●	전 영역
	수능완성 사용설명서	수능 연계교재 수능완성의 국어·영어 지문 분석	●	국/영
	수능 영어 간접연계 서치라이트	출제 가능성이 높은 핵심 간접연계 대비	●	영어
	수능연계교재의 VOCA 1800	수능특강과 수능완성의 필수 중요 어휘 1800개 수록	●	영어
	수능연계 기출 Vaccine VOCA 2200	수능 - EBS 연계와 평가원 최다 빈출 어휘 선별 수록	●	영어
고난도	하루 N개 1등급 국어독서/영어독해	매일 꾸준한 기출문제 학습으로 완성하는 1등급 실력	●	국/영
	수능연계완성 3주 특강	단기간에 끝내는 수능 1등급 변별 문항 대비	●	국/수/영
	박봄의 사회·문화 표 분석의 패턴	박봄 선생님과 사회·문화 표 분석 문항의 패턴 연습	●	사회탐구
	수능 등급을 올리는 변별 문항 공략	EBSi 선생님이 직접 선별한 고변별 문항 연습	●	수/영
모의고사	FINAL 실전모의고사	EBS 모의고사 중 최다 분량 최다 과목 모의고사	●	전 영역
	만점마무리 봉투모의고사 시즌1/시즌2	실제 시험지 형태와 OMR 카드로 실전 연습 모의고사	●	전 영역
	만점마무리 봉투모의고사 고난도 Hyper	고난도 문항까지 국·수·영 논스톱 훈련 모의고사	●	국·수·영
	수능 직전보강 클리어 봉투모의고사	수능 직전 성적을 끌어올리는 마지막 모의고사	●	국/수/영/사/과

memo