



수능특강

과학탐구영역 화학Ⅱ

정답과 해설

01 기체

수능 2점 테스트

본문 11~13쪽

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

01 기체의 성질

㉠ 혼합 기체의 전체 압력이 1 atm이고, B(g)의 부분 압력이 0.75 atm이므로 A(g)의 부분 압력은 1 atm - 0.75 atm = 0.25 atm이다.

㉡ A(g)의 몰 분율은 $\frac{0.25 \text{ atm}}{1 \text{ atm}} = \frac{1}{4}$ 이다.

㉢ B(g)의 몰 분율이 $1 - \frac{1}{4} = \frac{3}{4}$ 이므로 기체의 몰비는 A(g) : B(g) = 1 : 3이고, 기체의 질량비가 A(g) : B(g) = 8 : 6이다. 따라서 분자량비가 A : B = $\frac{8}{1} : \frac{6}{3} = 4 : 1$ 이므로 분자량은 A가 B의 4배이다.

02 이상 기체 방정식

㉣ 기체의 분자량 $M = \frac{dRT}{P}$ 이므로 온도가 일정할 때 분자량은 밀도에 비례한다. 따라서 분자량비가 A : B = $\frac{8d}{1} : \frac{4d}{4} = 8 : 1$ 이므로 분자량은 A가 B의 8배이다.

㉤ 기체의 양(mol) $n = \frac{PV}{RT}$ 이므로 온도가 일정할 때 기체의 양(mol)은 기체의 압력과 부피의 곱에 비례한다. 따라서 기체의 몰비가 B(g) : C(g) = 4 × 2V : 1 × V = 8 : 1이므로 기체의 양(mol)은 B(g)가 C(g)의 8배이다.

㉥ 밀도 = $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이므로 질량비는 A(g) : C(g) = 8d × 2V : 11d × V = 16 : 11이다. 따라서 기체의 질량은 A(g)가 C(g)보다 크다.

03 이상 기체 방정식

$PV = \frac{w}{M}RT$ 에서 분자량과 압력이 일정할 때 기체의 부피는 절대 온도에 비례한다.

㉦ 절대 온도의 비가 (가) : (나) : (다) = $\frac{V}{1} : \frac{2V}{2} : \frac{V}{3} = 3 : 3 : 1$ 이므로 온도는 (가)에서와 (나)에서가 같다.

㉧ 기체 분자의 평균 운동 에너지는 절대 온도에만 비례하

고, 절대 온도가 (가) > (다)이므로 분자의 평균 운동 에너지는 (가) > (다)이다.

㉨ 밀도 = $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이다. 질량은 (다)에서가 (가)에서의 3배이고 부피는 (가)에서와 (다)에서가 같으므로 기체의 밀도는 (다)에서가 (가)에서의 3배이다.

04 보일·샤를 법칙

A(g)의 압력이 (가)에서는 1140 mmHg이고, (나)에서는 380 mmHg이다.

$PV = nRT$ 에서 기체의 양(mol)이 일정할 때 기체의 압력과 부피의 곱은 절대 온도에 비례한다. 따라서 1140 × V : 380 × 2V = T : x에서 $x = \frac{2}{3}T$ 이다.

05 보일·샤를 법칙

$PV = nRT$ 에서 기체의 양(mol)은 $\frac{PV}{T}$ 에 비례한다. (나)에서 A(g)의 압력을 P_A 라고 하면 (가)와 (나)에서 A(g)의 양(mol)이 같으므로 $\frac{1 \text{ atm} \times V L}{T K} = \frac{P_A \times 3V L}{2T K}$ 에서 $P_A = \frac{2}{3} \text{ atm}$ 이므로 $z = \frac{2}{3}$ 이다.

$PV = nRT$ 에서 압력과 온도가 일정할 때, 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례한다.

분자량이 A가 B의 8배이고, (나)에서 기체의 부피비가 A(g) : B(g) = 3 : 1이므로 기체의 몰비는 A(g) : B(g) = $\frac{3 \cdot 2}{8} : \frac{x}{1} = 3 : 1$ 에서 $x = \frac{2}{15}$ 이다.

(가)와 (나)에서 B(g)의 양(mol)이 같으므로 $\frac{y \text{ atm} \times 3V L}{T K} = \frac{\frac{2}{3} \text{ atm} \times V L}{2T K}$ 에서 $y = \frac{1}{9}$ 이다. 따라서 $\frac{y \times z}{x} = \frac{5}{9}$ 이다.

06 이상 기체 방정식

기체의 양(mol) $n = \frac{PV}{RT}$ 이므로 온도가 일정할 때 기체의 양(mol)은 기체의 압력과 부피의 곱에 비례한다.

㉣ 기체의 압력과 부피의 곱이 X(g)는 2PV atm·L이고, Y(g)는 PV atm·L으로 기체의 양(mol)이 X(g)가 Y(g)의 2배이므로 기체의 양(mol)은 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.

㉤ X(g)와 Y(g)의 질량이 같고, 기체의 양(mol)이 X(g)가 Y(g)의 2배이므로 분자량은 Y가 X의 2배이다.

㉥ 기체의 부피가 (나)에서는 V L, (다)에서는 $\frac{1}{3}V L$ 이고, (나)와 (다)에서 기체의 질량이 같으므로 기체의 밀도는 (다)에서가 (나)에서의 3배이다.

07 이상 기체 방정식

$PV=nRT$ 에서 압력과 부피가 일정할 때 기체의 양(mol)은 절대 온도에 반비례한다.

기체의 양(mol)이 (나)에서가 (가)에서의 2배이므로 절대 온도는 (가)에서가 (나)에서의 2배이다. 따라서 $x=\frac{1}{2}$ 이다.

온도가 일정할 때 기체의 압력은 $\frac{n}{V}$ 에 비례한다. 모형 1개를 n mol 이라고 하면 (가)와 (다)에서 기체의 압력비가 $1 \text{ atm} : y \text{ atm} = \frac{2n \text{ mol}}{1 \text{ L}} : \frac{6n \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 2 : 3$ 이므로 $y=\frac{3}{2}$ 이다.

㉠ $x=\frac{1}{2}, y=\frac{3}{2}$ 이므로 $\frac{y}{x}=3$ 이다.

㉡ (다)에서 혼합 기체의 전체 압력이 $\frac{3}{2} \text{ atm}$ 이고, X(g)의 몰 분율이 $\frac{1}{3}$ 이므로 X(g)의 부분 압력은 $\frac{3}{2} \text{ atm} \times \frac{1}{3} = 0.5 \text{ atm}$ 이다.

㉢ 기체의 밀도 = $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이고 기체의 질량은 기체의 양(mol)과 분자량의 곱에 비례한다. 분자량이 X가 Y의 2배이므로 전체 기체의 밀도비는 (나) : (다) = $\frac{1 \times 4n}{1} : \frac{2 \times 2n + 1 \times 4n}{2} = 1 : 1$ 이다. 따라서 (나)와 (다)에서 전체 기체의 밀도는 같다.

08 부분 압력 법칙

$PV=nRT$ 에서 온도가 일정할 때 기체의 양(mol)은 기체의 압력과 부피의 곱에 비례한다.

꼭지를 열기 전 강철 용기 속 혼합 기체의 전체 압력을 $P_T \text{ atm}$ 이라고 하면 $P_T \text{ atm} \times V \text{ L} + 1 \text{ atm} \times 2V \text{ L} = 1 \text{ atm} \times 5V \text{ L}$ 에서 $P_T=3$ 이다. 따라서 B(g)의 부분 압력이 2 atm이므로 A(g)의 부분 압력은 1 atm이고, 기체의 양(mol)은 B(g)가 A(g)의 2배이다.

꼭지를 열기 전 A(g)의 압력이 강철 용기와 실린더에서 같고, 부피는 실린더에서가 강철 용기에서의 2배이므로 A(g)의 질량도 실린더에서가 강철 용기에서의 2배이다. 따라서 $x=16$ 이다.

꼭지를 열기 전 강철 용기 속 기체의 양(mol)이 B(g)가 A(g)의 2배이고, 질량은 A(g)가 B(g)의 2배이므로 분자량은 A가 B의 4배이다. 따라서 $x \times \frac{\text{B의 분자량}}{\text{A의 분자량}} = 4$ 이다.

09 부분 압력 법칙

$PV=nRT$ 에서 온도가 일정할 때 기체의 양(mol)은 기체의 압력과 부피의 곱에 비례한다.

㉠ (가)에서 B(g)의 압력은 1.5 atm이고, (나)에서 혼합 기체의 전체 압력은 2 atm이다.

A(g)의 양(mol)과 B(g)의 양(mol)의 합이 (가)와 (나)에서

같으므로 $x \text{ atm} \times V \text{ L} + 1.5 \text{ atm} \times 2V \text{ L} = 2 \text{ atm} \times 3V \text{ L}$ 에서 $x=3$ 이다.

㉡ (가)에서 기체의 압력과 부피의 곱이 A(g)와 B(g)가 같으므로 A(g)의 양(mol)과 B(g)의 양(mol)이 같고, 질량은 B(g)가 A(g)의 4배이므로 분자량은 B가 A의 4배이다.

㉢ 혼합 기체의 전체 압력은 2 atm이고, A(g)의 몰 분율이 $\frac{1}{2}$ 이므로 (나)에서 A(g)의 부분 압력은 $2 \text{ atm} \times \frac{1}{2} = 1 \text{ atm}$ 이다.

10 이상 기체 방정식

$PV=nRT$ 에서 $n = \frac{PV}{RT}$ 이므로 혼합 기체의 양은

$$\frac{\frac{3}{8} \text{ atm} \times 5 \text{ L}}{25 \text{ atm} \cdot \text{L/mol}} = 0.075 \text{ mol}$$

기체의 밀도 = $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이므로 혼합 기체의 질량은 $\frac{3}{5} \text{ g/L} \times 5 \text{ L} = 3 \text{ g}$ 이다.

㉠ A(g)의 양이 0.05 mol이므로 A(g)의 몰 분율은 $\frac{0.05}{0.075} = \frac{2}{3}$ 이다.

㉢ A(g) 0.05 mol의 질량이 2.2 g이므로 A(g) 1 mol의 질량은 44 g이다. 따라서 A의 분자량은 44이다.

㉡ B(g)의 질량은 $3 \text{ g} - 2.2 \text{ g} = 0.8 \text{ g}$ 이다.

11 기체의 화학 반응과 기체의 성질

반응 전 B(g)의 양을 n mol이라고 하면 반응에서 B(g)가 모두 반응하며, 이때의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g) + 2B(g) \longrightarrow 2C(g)$		
반응 전(mol)	2	n	0
반응(mol)	$-\frac{n}{2}$	$-n$	$+n$
반응 후(mol)	$2 - \frac{n}{2}$	0	n

$PV=nRT$ 에서 온도가 일정할 때 기체의 압력은 $\frac{n}{V}$ 에 비례하므로 반응 전과 후 A(g)의 압력비는 $1 \text{ atm} : \frac{3}{8} \text{ atm} = \frac{2 \text{ mol}}{V \text{ L}}$

$:\frac{(2 - \frac{n}{2}) \text{ mol}}{2V \text{ L}}$ 에서 $n=1$ 이다.

꼭지를 열기 전 V L의 A(g) 2 mol의 압력이 1 atm이므로 V L의 B(g) 1 mol의 압력은 $\frac{1}{2} \text{ atm}$ 이며, $x=\frac{1}{2}$ 이다.

C(g)의 몰 분율이 $\frac{1}{1.5+1} = \frac{2}{5}$ 이므로 C(g)의 몰 분율 $\times x = \frac{1}{5}$ 이다.

12 기체의 부분 압력

(가)에서 A(g)의 부분 압력이 $1 \text{ atm} \times \frac{x}{x+2} = 0.2 \text{ atm}$ 에서 $x=0.5$ 이다.

온도와 부피가 일정할 때 기체의 압력은 기체의 양(mol)에 비례한다. (나)에서 부분 압력이 A(g)는 0.1 atm, B(g)는 0.6 atm 이므로 기체의 몰비는 A(g) : B(g) = 0.1 atm : 0.6 atm = 0.5 mol : (2+y) mol이다. 따라서 $y=1$ 이다.

$PV=nRT$ 에서 기체의 양(mol)과 부피가 일정할 때 기체의 압력은 절대 온도에 비례한다. A(g)의 부분 압력이 (가)에서는 0.2 atm, (나)에서는 0.1 atm 이므로 $0.2 \text{ atm} : 0.1 \text{ atm} = T_1 \text{ K} : T_2 \text{ K}$ 에서 $\frac{T_1}{T_2} = 2$ 이다. 따라서 $\frac{T_1}{T_2} \times \frac{x}{y} = 1$ 이다.

수능 3점 테스트

본문 14~19쪽

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

01 기체의 성질

$PV=nRT$ 에서 기체의 양(mol) $n = \frac{PV}{RT}$ 이다.

✕. (가)에서 A(g)의 양은 $\frac{2 \text{ atm} \times 5 \text{ L}}{25 \text{ atm} \cdot \text{L/mol}} = 0.4 \text{ mol}$ 이고,

(나)에서 혼합 기체의 양은 $\frac{3 \text{ atm} \times 5 \text{ L}}{25 \text{ atm} \cdot \text{L/mol}} = 0.6 \text{ mol}$ 이다. 따라서 $x=0.4$, $y=0.4$ 이므로 $x+y=0.8$ 이다.

○. (나)에서 B(g)의 몰 분율이 $\frac{2}{3}$ 이므로 B(g)의 부분 압력은 $3 \text{ atm} \times \frac{2}{3} = 2 \text{ atm}$ 이다.

○. 기체의 밀도 = $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이다. (가)에서 A(g)의 질량은 $0.16 \text{ g/L} \times 5 \text{ L} = 0.8 \text{ g}$ 이고, (나)에서 혼합 기체의 질량은 $0.4 \text{ g/L} \times 5 \text{ L} = 2 \text{ g}$ 이다. (나)에서 A(g) 0.2 mol의 질량이 0.4 g이므로 B(g) 0.4 mol의 질량은 1.6 g이다. 따라서 분자량은 A가 2이고, B가 4이므로 분자량은 B가 A의 2배이다.

02 기체의 성질

$PV=nRT$ 에서 기체의 양(mol)은 $\frac{PV}{T}$ 에 비례한다. 추 1개의

압력을 P atm이라고 하면 (나)와 (다)에서 A(g)의 양(mol)은 같으므로 $\frac{(1+P) \text{ atm} \times 1.5V \text{ L}}{T \text{ K}} = \frac{(1+2P) \text{ atm} \times 2V \text{ L}}{2T \text{ K}}$

에서 $P=1$ 이다.

✕. (가)와 (나)에서 온도가 같으므로 (가)와 (나)에서 분자의 평균 운동 에너지는 같다.

✕. 추 1개에 의한 압력은 1 atm이다.

○. 온도가 일정할 때 기체의 양(mol)은 기체의 압력과 부피의 곱에 비례한다.

A(g) x g의 양을 a mol, A(g) y g의 양을 b mol이라고 하면 (가)와 (나)에서 A(g)의 몰비는 $a \text{ mol} : (a+b) \text{ mol} = 1 \text{ atm} \times V \text{ L} : 2 \text{ atm} \times 1.5V \text{ L}$ 에서 $b=2a$ 이다. 따라서 $\frac{y}{x} = 2$ 이다.

03 기체의 성질

$PV=nRT$ 에서 기체의 양(mol)이 일정할 때 기체의 압력은 $\frac{T}{V}$ 에 비례한다.

✕. (가)와 (나)에서 기체의 양(mol)이 같으므로

$P_1 : P_2 = \frac{T \text{ K}}{4 \text{ L}} : \frac{2T \text{ K}}{3 \text{ L}} = 3 : 8$ 이다. 따라서 $P_2 > P_1$ 이다.

○. 온도가 일정할 때 기체의 양(mol)은 기체의 압력과 부피의 곱에 비례하므로 (나)와 (다)에서 기체의 몰비는 $Y(g) : X(g) = P_2 \times 3 \text{ L} : P_1 \times 2 \text{ L} = 4 : 1$ 이다. (나)와 (다)에서 기체의 질량이 같으므로 분자량비는 $X : Y = 4 : 1$ 이다. 따라서 분자량은 $X > Y$ 이다.

○. (가)와 (나)에서 기체의 양(mol)이 같으므로 기체의 질량비는 (가) : (나) = 4 : 1이다.

따라서 기체의 밀도비는 (가) : (나) = $\frac{4}{4} : \frac{1}{3} = 3 : 1$ 이다. 따라서 기체의 밀도는 (가)에서가 (나)에서의 3배이다.

04 보일 법칙

실린더 속 기체의 압력이 (가)에서는 1140 mmHg이므로 1.5 atm이고, (나)에서는 1520 mmHg이므로 2 atm이다.

$PV=nRT$ 에서 온도와 기체의 양(mol)이 일정할 때 기체의 부피는 압력에 반비례한다.

(가)와 (나)에서 피스톤 오른쪽 실린더 속 A(g)의 양(mol)은 같으므로 $1.5 \text{ atm} \times 2 \text{ L} = 2 \text{ atm} \times y \text{ L}$ 에서 $y=1.5$ 이다.

(가)와 (나)에서 기체의 양(mol)은 변하지 않는다.

(나)에서 A(g)와 B(g)의 혼합 기체의 부피가 3.5 L이므로 $x \text{ atm} \times 1 \text{ L} + 1.5 \text{ atm} \times 2 \text{ L} : 1.5 \text{ atm} \times 2 \text{ L} = 3.5 : 1.5$ 에서 $x=4$ 이다.

㉠ $x=4, y=1.5$ 이므로 $x \times y=6$ 이다.

㉡ (가)의 실린더에서 B(g)의 압력은 1.5 atm이다.

㉢ (나)의 강철 용기에서 A(g)의 부분 압력은 $2 \text{ atm} \times \frac{4}{7} = \frac{8}{7} \text{ atm}$ 이다.

05 기체의 성질

$PV=nRT$ 에서 기체의 양(mol)은 $\frac{PV}{T}$ 에 비례한다. A(g)와

B(g)의 몰비가 (나) : (다) = $\frac{P \text{ atm} \times 3 \text{ L}}{3T \text{ K}} : \frac{2P \text{ atm} \times 2 \text{ L}}{2T \text{ K}} = 1 : 2$ 이다.

㉡ A(g)와 B(g)의 질량은 같고, 기체의 양(mol)은 B(g)가 A(g)의 2배이므로 분자량은 A가 B의 2배이다.

㉢ (가)와 (나)에서 A(g)의 압력과 부피의 곱은 같다. 따라서

(가)에서 A(g)의 압력은 $\frac{P \text{ atm} \times 3 \text{ L}}{4 \text{ L}} = \frac{3}{4}P \text{ atm}$ 이다.

㉣ 기체의 양(mol)은 (다)에서가 (나)에서의 2배이다.

06 기체의 부분 압력

(나)에서 혼합 기체의 전체 압력이 1 atm이고, He(g)의 부분 압력이 0.5 atm이므로 X(g)의 부분 압력은 0.5 atm이다.

He(g)의 몰비가 (가) : (나) = $2 \text{ atm} \times 5 \text{ L} : 0.5 \text{ atm} \times 10 \text{ L} = 2 : 1$ 이다. 따라서 $x=1.6$ 이다.

㉠ (나)에서 He(g)와 X(g)의 부분 압력이 같으므로 He(g)의 양(mol)과 X(g)의 양(mol)이 같다. (나)에서 He(g) 0.8 g이 0.2 mol이므로 X(g) 3.2 g도 0.2 mol이다. 따라서 X의 분자량은 16이다.

㉢ (가)에서 He(g) 1.6 g은 0.4 mol이고, X(g) 1.6 g은 0.1 mol이다. 따라서 (가)에서 혼합 기체의 양은 0.5 mol이다.

㉣ $PV=nRT$ 에서 온도와 부피가 일정할 때 기체의 압력은 기체의 양(mol)에 비례한다. 따라서 He(g)의 부분 압력이 2 atm이므로 X(g)의 부분 압력은 0.5 atm이다.

07 이상 기체 방정식

기체의 양(mol)은 $\frac{PV}{T}$ 에 비례하므로 I과 II에서 기체의 몰비

는 A(g) : B(g) = $\frac{1 \text{ atm} \times 1 \text{ L}}{T \text{ K}} : \frac{2 \text{ atm} \times 3 \text{ L}}{\frac{3}{2}T \text{ K}} = 1 : 4$ 이다.

I과 II에서 기체의 질량비가 A(g) : B(g) = 2 : 4이므로 분자량비는 A : B = $\frac{2}{1} : \frac{4}{4} = 2 : 1$ 이다.

III에서 A(g)의 질량을 a g, B(g)의 질량을 (8-a) g이라고 하면 A(g)의 몰 분율이 $\frac{3}{5}$ 이므로 몰비는 A(g) : B(g) = 3 : 2이다. 따라서 $\frac{a}{2} : \frac{8-a}{1} = 3 : 2$ 에서 $a=6$ 이다.

㉡ 기체의 몰비가 I : III = $\frac{2}{2} : \left(\frac{6}{2} + \frac{2}{1}\right) = 1 : 5$ 이므로

$\frac{1 \text{ atm} \times 1 \text{ L}}{T \text{ K}} : \frac{1 \text{ atm} \times V \text{ L}}{2T \text{ K}} = 1 : 5$ 에서 $V=10$ 이다.

㉢ III에서 기체의 질량은 A(g)가 6 g, B(g)가 2 g이다.

㉣ 온도가 같으므로 III에서 A(g)와 B(g)는 분자의 평균 운동 에너지가 같다.

08 화학 반응과 기체의 성질

$PV=nRT$ 에서 온도가 일정할 때 기체의 양(mol)은 기체의 압력과 부피의 곱에 비례한다.

(가)의 II에서 B(g)의 양을 $4n$ mol이라고 하면 I에서 A(g)의

양은 Pn mol이고, III에서 A(g)의 양은 $\frac{4}{3}n$ mol이다.

(나)에서 A(g)가 모두 반응하며, 이때의 양적 관계는 다음과 같다.

	$2A(g) +$	$B(g)$	\longrightarrow	$2C(g)$
반응 전(mol)	Pn	$4n$		0
반응(mol)	$-Pn$	$-\frac{P}{2}n$		$+Pn$
반응 후(mol)	0	$4n - \frac{P}{2}n$		Pn

㉠ (나) 과정 후 B(g)의 몰 분율이 $\frac{1}{2}$ 이므로 C(g)의 몰 분율도

$\frac{1}{2}$ 이고 $4n - \frac{P}{2}n = Pn$ 에서 $P = \frac{8}{3}$ 이다.

㉢ (가)에서 A(g)의 압력은 I에서가 III에서의 2배이므로 $w=2$ 이다.

(다)에서 A(g)가 모두 반응하며, 이때의 양적 관계는 다음과 같다.

	$2A(g) +$	$B(g)$	\longrightarrow	$2C(g)$
반응 전(mol)	$\frac{4}{3}n$	$\frac{8}{3}n$		$\frac{8}{3}n$
반응(mol)	$-\frac{4}{3}n$	$-\frac{2}{3}n$		$+\frac{4}{3}n$
반응 후(mol)	0	$2n$		$4n$

(다)에서 C(g)의 몰 분율이 $\frac{4n}{2n+4n} = \frac{2}{3}$ 이므로 $x = \frac{2}{3}$ 이다. 따

라서 $w \times x = \frac{4}{3}$ 이다.

㉣ (가)에서 기체의 몰비가 I : II = $\frac{8}{3} : 4 = 2 : 3$ 이므로 분자량

비는 A : B = $\frac{4}{2} : \frac{3}{3} = 2 : 1$ 이다. 따라서 분자량은 A가 B의 2배이다.

09 기체의 부분 압력

$PV=nRT$ 에서 온도가 일정할 때 기체의 양(mol)은 기체의 압력과 부피의 곱에 비례한다.

(가)에서 압력과 부피의 곱이 $A(g)$ 는 $2 \text{ atm} \times 0.5V \text{ L} = V \text{ atm} \cdot \text{L}$ 이고, 실린더에 들어 있는 $B(g)$ 는 $1 \text{ atm} \times V \text{ L} = V \text{ atm} \cdot \text{L}$ 으로 같으므로 $A(g)$ 의 양은 1 mol이다. (나)에서 혼합 기체의 전체 압력이 1.5 atm이고, $A(g)$ 의 부분 압력이 $\frac{3}{5} \text{ atm}$ 이므로 $A(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{2}{5}$ 이다. 따라서 $B(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{3}{5}$ 이다.

$A(g)$ 의 양이 1 mol이므로 $B(g)$ 의 양은 1.5 mol이며 $x=0.5$ 이다.

$PV=nRT$ 에서 기체의 부피는 $\frac{nT}{P}$ 에 비례한다. (가)에서 실린더 속 $B(g)$ 와 (나)에서 혼합 기체의 부피비는

$$V \text{ L} : \frac{1 \text{ mol} \times T \text{ K}}{1 \text{ atm}} = (1+y)V \text{ L} : \frac{2.5 \text{ mol} \times \frac{3}{2} T \text{ K}}{1.5 \text{ atm}}$$

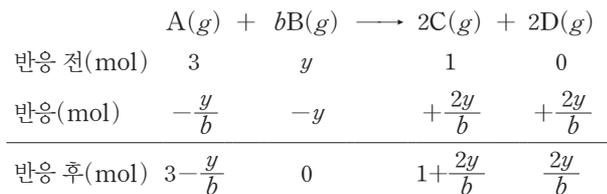
에서 $y=1.5$ 이다. 따라서 $x=0.5$, $y=1.5$ 이므로 $\frac{y}{x}=3$ 이다.

10 화학 반응과 기체의 성질

$PV=nRT$ 에서 온도가 일정할 때 기체의 양(mol)은 기체의 압력과 부피의 곱에 비례한다.

(가)에서 I의 $A(g)$ 와 II의 $C(g)$ 의 몰비는 $x : 1 = 3 \text{ atm} \times V \text{ L} : \frac{1}{2} \text{ atm} \times 2V \text{ L} = 3 : 1$ 에서 $x=3$ 이다.

(나)에서 $B(g)$ 가 모두 반응하며, 이때의 양적 관계는 다음과 같다.



(나) 과정 후 II에서 $C(g)$ 의 부분 압력이 $\frac{5}{3} \text{ atm}$ 이다. 온도가 일정할 때 기체의 압력은 $\frac{n}{V}$ 에 비례하므로 (가)에서 $A(g)$ 의 압력과 (나)의 II에서 $C(g)$ 의 부분 압력비는 $3 \text{ atm} : \frac{5}{3} \text{ atm} =$

$$\frac{3 \text{ mol}}{V \text{ L}} : \frac{(1 + \frac{2y}{b}) \text{ mol}}{3V \text{ L}}$$

에서 $\frac{y}{b}=2$ 이다. (다)에서 $A(g)$ 1 mol과 $B(g)$ 3 mol이 모두 반응하므로 반응 몰비는 $A(g) : B(g) = 1 : 3$ 이다. 따라서 $b=3$ 이고, $y=6$ 이다.

(다)에서 $A(g)$ 1 mol과 $B(g)$ 3 mol이 반응할 때의 양적 관계는 다음과 같다.



반응 전(mol)	1	3	6	4
반응(mol)	-1	-3	+2	+2
반응 후(mol)	0	0	8	6

(다) 과정 후 I~III에 들어 있는 $C(g)$ 의 양은 8 mol이다.

(가)에서 $A(g)$ 의 압력과 (다)의 II에서 $C(g)$ 의 부분 압력비는

$$3 \text{ atm} : P_2 \text{ atm} = \frac{3 \text{ mol}}{V \text{ L}} : \frac{8 \text{ mol}}{4V \text{ L}}$$

에서 $P_2=2$ 이다. (가)의 II에서 $B(g)$ 와 $C(g)$ 의 부분 압력비는 몰비와 같으므로 기체의 부분 압력비는 $B(g) : C(g) = P_1 : 0.5 = 6 : 1$ 에서

$$P_1=3 \text{이다. 따라서 } (x+y) \times \frac{P_2}{P_1} = (3+6) \times \frac{2}{3} = 6 \text{이다.}$$

11 화학 반응과 기체의 성질

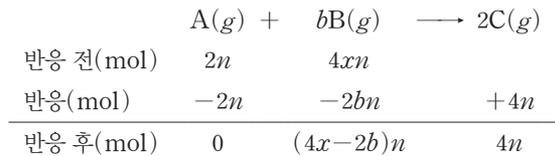
$PV=nRT$ 에서 온도가 일정할 때 기체의 양(mol)은 기체의 압력과 부피의 곱에 비례한다.

(가)의 실린더에서 $A(g)$ 의 양을 $2n \text{ mol}$ 이라고 하면 I에서 $B(g)$ 의 양은 $4xn \text{ mol}$ 이고, II에서 $A(g)$ 의 양은 $2n \text{ mol}$ 이다.

(나)에서 실린더와 I의 혼합 기체 전체 압력은 1 atm이고, 혼합 기체의 부피는 5 L이므로 혼합 기체의 양은 $5n \text{ mol}$ 이다.

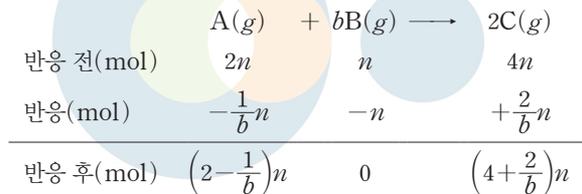
(다)에서 실린더와 I과 II의 혼합 기체의 전체 압력은 1 atm이고, 혼합 기체의 부피는 6.5 L이므로 혼합 기체의 양은 $6.5n \text{ mol}$ 이다.

(나)에서 $A(g)$ 가 모두 반응하며, 이때의 양적 관계는 다음과 같다.



반응 후 혼합 기체의 양이 $5n \text{ mol}$ 이므로 $4x-2b+4=5$ 에서 $4x-2b=1 \dots\dots$ ①이다.

(다)에서 $B(g)$ 가 모두 반응하며, 이때의 양적 관계는 다음과 같다.



반응 후 혼합 기체의 양이 $6.5n \text{ mol}$ 이므로 $6 + \frac{1}{b} = 6.5$ 에서 $b=2$ 이다.

∴ $b=2$ 를 식 ①에 대입하면 $x = \frac{5}{4}$ 이다. 따라서 $x \times b = \frac{5}{2}$ 이다.

㉠ (나) 과정 후 실린더와 I에 B(g) n mol, C(g) $4n$ mol이 들어 있으므로 (나) 과정 후 I에서 B(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{5}$ 이다.

㉡ C(g)의 몰 분율이 (나) 과정 후는 $\frac{4}{5}$ 이고, (다) 과정 후는 $\frac{10}{13}$ 이며, 혼합 기체의 전체 압력은 1 atm으로 같으므로 I에서 C(g)의 부분 압력은 (나) 과정 후에서가 (다) 과정 후에서보다 크다.

12 화학 반응과 기체의 성질

$PV=nRT$ 에서 온도가 일정할 때 기체의 양(mol)은 기체의 압력과 부피의 곱에 비례한다. (가)에서 B(g)의 양을 p mol이라고 하면 기체의 몰비는 A(g) : B(g) = 0.1 mol : p mol = 1 atm × V L : $\frac{3}{4}$ atm × 4V L에서 $p=0.3$ 이다. (가)에서 C(g)의 양을 q mol이라고 하면 (나)에서 A(g)가 모두 반응하며, 이때 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g) + 2B(g) \longrightarrow C(g) + 2D(g)$			
반응 전(mol)	0.1	0.3	q	0
반응(mol)	-0.1	-0.2	+0.1	+0.2
반응 후(mol)	0	0.1	$q+0.1$	0.2

(나) 과정 후 D(g)의 몰 분율이 $\frac{1}{3}$ 이므로 $\frac{0.2}{q+0.4} = \frac{1}{3}$ 에서 $q=0.2$ 이다. 따라서 C(g)의 몰 분율이 $\frac{1}{2}$ 이므로 $y = \frac{1}{2}$ 이다.

$PV=nRT$ 에서 온도가 일정할 때 기체의 압력은 $\frac{n}{V}$ 에 비례한다. (가)의 I에서 A(g)의 양이 0.1 mol이고, 부피가 V L일 때 압력이 1 atm이며, (나) 과정 후 B(g)의 양이 0.1 mol이고, 부피가 5V L일 때 압력이 x atm이므로 기체의 압력비는 A(g) : B(g) = 1 atm : x atm = $\frac{0.1 \text{ mol}}{V L} : \frac{0.1 \text{ mol}}{5V L}$ 에서 $x = \frac{1}{5}$ 이다. 따라서 $x \times y = \frac{1}{5} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{10}$ 이다.

02 액체와 고체

수능 2점 테스트

본문 33~35쪽

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

01 분자 사이의 힘

CH₃Cl은 C 원자를 중심으로 H 원자 3개와 Cl 원자 1개가 사면체 방향으로 결합되어 있는 극성 분자이다.

㉠ 분산력은 모든 분자 사이에 작용하는 분자 간 힘이다.

㉡ F, O, N 원자에 결합된 H 원자를 갖는 분자 사이에는 수소 결합이 존재한다. CH₃Cl(l)은 분자 사이에 수소 결합이 존재하지 않는다.

㉢ CH₃Cl은 극성 분자이므로 분자 사이에 쌍극자·쌍극자 힘이 존재한다.

02 분자 사이의 힘과 끓는점

액체 상태에서 분자 사이의 힘이 클수록 기준 끓는점이 높다.

㉠ HF는 F 원자에 결합된 H 원자가 있으므로 분자 사이에 수소 결합이 존재한다. (가)~(라) 중 HF가 분자량이 가장 작음에도 기준 끓는점이 가장 높은 주된 이유는 수소 결합이 존재하기 때문이다.

㉡ H₂S가 F₂보다 분자량이 약간 작음에도 더 높은 기준 끓는점을 가지는 주된 이유는 굽은 형의 극성 분자인 H₂S 분자 사이에 쌍극자·쌍극자 힘이 존재하기 때문이다.

㉢ Cl₂와 F₂은 무극성 분자로 분자 사이에 분산력만 작용한다. Cl₂가 F₂보다 기준 끓는점이 높은 이유는 분산력이 더 크기 때문이다.

03 탄소 화합물의 분자 사이의 힘

분산력은 모든 분자 사이에 작용하는 분자 사이의 힘이고, 쌍극자·쌍극자 힘은 극성 분자 사이에 작용하는 분자 사이의 힘이고, 수소 결합은 F, O, N 원자에 결합된 H 원자가 있을 때 작용하는 분자 사이의 힘이다.

㉠ 액체 상태에서 분자 사이의 힘이 클수록 기준 끓는점이 높다. (다)의 기준 끓는점이 가장 높으므로 액체 상태에서 분자 사이의 힘은 (다)가 가장 크다.

㉡ (가)~(다) 중 수소 결합이 존재하는 것은 (나)와 (다) 2가지이다. (가)의 경우 분자 내 H와 F이 존재하지만 두 원자 사이에 결합이 형성되어 있지 않으므로 분자 사이에 수소 결합이 존재하지 않는다.

✕. (가)~(다)는 모두 극성 분자이므로 쌍극자·쌍극자 힘이 존재하는 것은 3가지이다.

04 H₂O의 밀도와 단위 부피당 분자 수

온도가 높을수록 액체의 증기 압력이 증가하므로 $t_3 < t_2 < t_1$ 이다. H₂O(l)의 밀도가 4°C에서 가장 크므로 단위 부피당 분자 수도 4°C에서 최대이며, t_3 °C에서 t_1 °C로 온도가 상승할 때 단위 부피당 분자 수가 증가하다가 감소하므로 $t_1 \leq 4$ 이거나 $t_3 \geq 4$ 일 수 없고 $t_3 < 4 < t_1$ 이다. 4°C에서 H₂O(l)의 증기 압력이 t_2 °C에서 H₂O(l)의 증기 압력인 a 보다 작으므로 $4 < t_2$ 이다. 따라서 $t_3 < 4 < t_2 < t_1$ 이다.

05 물질의 가열 곡선과 비열

물은 1 atm, 0~100°C에서 액체 상태로 존재한다.

✕. (가)는 H₂O(l) 10 g의 가열 곡선이다.

㉠. (나)는 A(s) 10 g의 가열 곡선으로 1 atm, 16.6°C에서 A에 열을 가해도 온도가 일정하게 유지되는 것은 상변화가 일어나기 때문이다.

✕. 물질 10 g을 10°C에서 16.6°C로 같은 온도만큼 변화시키는 데 A(s)는 Q_1 , H₂O(l)은 Q_2 의 열량이 필요하므로 $\frac{H_2O(l)의 비열}{A(s)의 비열} = \frac{Q_2}{Q_1}$ 이다.

06 증기 압력 곡선

기준 끓는점은 외부 압력이 1 atm일 때의 끓는점이므로 기준 끓는점에서 액체의 증기 압력은 1 atm(760 mmHg)이다.

✕. 액체 상태에서 분자 사이의 힘이 클수록 기준 끓는점이 높다. B(l)가 A(l)보다 기준 끓는점이 높으므로 분자 사이의 힘은 B(l)가 A(l)보다 크다.

㉠. A(l)의 기준 끓는점이 t °C이므로 t °C에서 A(l)의 증기 압력은 760 mmHg이다. t °C에서 B(l)의 증기 압력은 100 mmHg이므로 t °C에서 A(l)와 B(l)의 증기 압력 차이는 660 mmHg이다.

㉡. 증기 압력보다 높은 외부 압력에서는 액체로 존재하고, 증기 압력보다 낮은 외부 압력에서는 기체로 존재한다. t °C에서 A(l)의 증기 압력이 500 mmHg보다 크므로 t °C, 500 mmHg에서 A의 안정한 상은 기체이다.

07 액체의 증기 압력

A(l)의 증기 압력은 막힌 J자관에서 진공 쪽으로 더 올라간 수은 기둥의 압력에 해당하므로 h_2 mmHg이고, 열린 J자관에서는 [외부 압력 = h_1 mmHg + A(l)의 증기 압력]이다. 따라서 h_1 mmHg + h_2 mmHg = 외부 압력이다.

✕. A(l)의 증기 압력은 외부 압력에서 h_1 mmHg를 뺀 값이므로 50°C에서 A(l)의 증기 압력은 760 mmHg - 410 mmHg = 350 mmHg이다.

㉠. A(l)의 증기 압력은 40°C에서가 50°C에서보다 작다. 따라서 h_2 는 a 보다 작고, 외부 압력 760 mmHg와 증기 압력의 차이는 증가하여 h_1 은 410보다 크다.

✕. 증기 압력은 온도에 따라지만 달라지므로 외부 압력 750 mmHg, 50°C에서도 h_2 는 a 와 같다. 외부 압력이 760 mmHg에서 750 mmHg로 감소했으므로 외부 압력과 증기 압력의 차이는 감소하여 h_1 은 410보다 작다.

08 녹는점, 끓는점, 밀도

밀도 = $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이므로 같은 질량의 부피가 작으면 밀도는 크다.

✕. 15°C는 A의 기준 녹는점과 기준 끓는점 사이의 온도이고, B의 기준 녹는점보다 낮은 온도이므로 1 atm, 15°C에서 안정한 상은 A는 액체, B는 고체이다.

㉠. 10°C에서 같은 질량의 부피를 비교하면 B(s)가 A(l)보다 작다. 따라서 10°C에서 밀도는 B(s)가 A(l)보다 크므로 B(s)는 A(l)에 가라앉는다.

㉡. 액체에서 고체로 상변화가 일어날 때 B는 부피가 감소하므로 밀도가 증가한다.

09 고체 결정의 종류

얼음은 분자 결정, 구리는 금속 결정, 다이아몬드는 공유 결정(원자 결정)이다.

㉠. 고체 상태에서 전기 전도성이 있는 것은 금속 결정이므로 (가)는 구리이다.

㉡. (나)는 얼음이며, 얼음은 물 분자들이 분자 사이에 작용하는 힘에 의해 규칙적으로 배열되어 결정을 이루고 있는 분자 결정이다.

✕. 다이아몬드에는 C 원자와 C 원자 사이에 공유 결합이 존재하고, 얼음 속 H₂O 분자에는 O 원자와 H 원자 사이에 공유 결합이 존재하므로 '공유 결합이 존재하는 물질인가?'는 다이아몬드와 얼음을 분류하는 기준 ㉠으로 적절하지 않다.

10 염화 나트륨과 염화 세슘의 결정 구조

NaCl 결정에서는 양이온인 Na⁺끼리 면심 입방 구조, 음이온인 Cl⁻끼리 면심 입방 구조를 이루고, CsCl 결정에서는 양이온인 Cs⁺끼리 단순 입방 구조, 음이온인 Cl⁻끼리 단순 입방 구조를 이루고 있다.

✕. 단위 세포당 Cl⁻의 수는 (가)에서는 $\frac{1}{8} \times 8 + \frac{1}{2} \times 6 = 4$ 이고,

(나)에서는 $\frac{1}{8} \times 8 = 1$ 이므로 (가)가 (나)의 4배이다.

✕. (가)에서는 Cl⁻의 전후상하좌우에 Na⁺이 존재하고 (나)에서

는 Cl^- 을 중심으로 하는 정육면체의 꼭짓점에 Cs^+ 이 존재한다. Cl^- 에 가장 가까운 양이온의 수가 (가)와 (나)에서 각각 6과 8이므로 (나)가 (가)보다 크다.

㉠ Cl^- 에 가장 가까운 Cl^- 의 수는 Cl^- 이 면심 입방 구조를 이루는 (가)에서는 12이고, Cl^- 이 단순 입방 구조를 이루는 (나)에서는 6이므로 (가)가 (나)의 2배이다.

11 금속의 결정 구조

한 원자에 가장 인접한 원자 수는 단순 입방 구조에서 6, 체심 입방 구조에서 8, 면심 입방 구조에서 12이다. 한 원자에 가장 인접한 원자 수가 금속 B에서 A에서의 $\frac{3}{2}$ 배이므로 금속 A와 B의 결정 구조는 각각 체심 입방 구조와 면심 입방 구조이다.

12 금속 결정의 단위 세포

단위 세포당 원자 수가 체심 입방 구조에서는 2, 면심 입방 구조에서는 4이다.

㉠ 원자의 질량은 $\frac{\text{단위 세포의 질량}}{\text{단위 세포당 원자 수}}$ 이므로 원자량비는 $A : B = \frac{7}{2} : \frac{27}{4} = 14 : 27$ 이다.

㉡ 단위 세포는 결정의 특징을 나타내는 가장 작은 단위 구조이며, 단위 세포가 반복적으로 배열되어 결정 전체를 이루므로 단위 세포의 밀도는 각 금속의 밀도와 같다. 따라서 단위 세포의 밀도 비는 $A : B = 16 : 21$ 이다.

㉢ 밀도 = $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이므로 단위 세포의 질량을 단위 세포의 밀도(금속의 밀도)로 나누어 단위 세포의 부피비를 구하면 $A : B = \frac{7}{8} : \frac{27}{10.5} = 49 : 144$ 이다. 따라서 단위 세포의 부피는 B가 A보다 크다.

수능 3점 테스트

본문 36~41쪽

01 ㉠ 02 ㉠ 03 ㉠ 04 ㉠ 05 ㉠ 06 ㉠ 07 ㉠
08 ㉠ 09 ㉠ 10 ㉠ 11 ㉠ 12 ㉠

01 분자 사이의 힘

1 atm에서 액체 상태로 존재하는 온도 구간은 기준 녹는점과 기준 끓는점 사이이다.

㉡ (가)~(다)는 분자량이 모두 같기 때문에 분자량과 분산력 사이의 관계를 파악하는 예가 될 수 없다. 분자량이 같지만 표면적이 달라서 분산력에 영향을 주어 끓는점이 다른 물질의 예에 해당한다.

㉢ 기준 끓는점이 (가)가 (다)보다 높으므로 액체 상태에서 분자 사이의 힘은 (가)가 (다)보다 크다.

㉣ (기준 끓는점 - 기준 어는점)은 1 atm에서 액체 상태로 존재하는 온도 구간과 같으므로 (나)가 (다)보다 크다.

02 분자 사이의 힘

F_2 과 Br_2 은 무극성 물질이고, HCl 과 BrCl 은 극성 물질이다.

㉡ '액체 상태에서 분자 사이의 힘은 분자량이 비슷한 경우 극성 물질이 무극성 물질보다 크다.'는 학습 내용을 확인하기 위해서는 분자량이 비슷한 무극성 물질과 극성 물질의 끓는점을 비교해야 하므로 가장 적절한 물질은 F_2 과 HCl 이다.

㉢ 같은 원자 2개로 이루어진 Br_2 은 무극성 분자로 쌍극자 모멘트가 0이다.

㉣ 25°C는 Br_2 의 기준 끓는점보다 낮은 온도이므로 25°C, 1 atm에서 Br_2 의 안정한 상은 기체가 아니다.

03 물의 구조와 성질

A는 H_2O 분자 사이의 수소 결합이고, B는 H_2O 분자를 구성하는 O 원자와 H 원자 사이의 공유 결합이다.

㉠ 0°C $\text{H}_2\text{O}(s)$ 이 녹아 0°C $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 될 때 얼음의 결정 구조를 이루는 수소 결합의 일부가 끊어지고, $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 온도가 상승함에 따라 H_2O 분자 사이에 수소 결합의 일부가 끊어진다. 따라서 H_2O 1 g당 수소 결합(A)의 수는 $P > Q > R$ 이다.

㉢ $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 표면 장력이 큰 주된 이유는 분자 사이에 수소 결합(A)이 존재하기 때문이다.

㉣ H_2O 1 mol은 18 g이다. 0°C, 1 atm에서 1 cm³ $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 질량은 1 g보다 작으므로 H_2O 의 양은 $\frac{1}{18}$ mol보다 작다.

04 가열 곡선

[열량 = 비열 × 질량 × 온도 변화]이다.

㉠ 1 atm에서 X(s)를 가열할 때 온도가 상승하다가 t_2 °C에서 온도가 일정하게 유지되므로 t_2 °C는 X의 기준 녹는점이다.

㉢ X(s)의 온도를 t_1 °C에서 t_2 °C로 올릴 때와 X(l)의 온도를 t_2 °C에서 t_3 °C로 올릴 때에 필요한 열량비는 $2a : 10a = 1 : 5$ 이다. X의 질량이 일정하므로 열량 ∝ 비열 × 온도 변화이며, X(s)와 X(l)의 비열을 각각 c, 2c라고 하면 $c(t_2 - t_1) : 2c(t_3 - t_2) = 1 : 5$ 가 성립하여 $5(t_2 - t_1) = 2(t_3 - t_2)$ 이다.

㉣ 1 atm에서 t_1 °C, 5 g의 X(s)를 t_3 °C, X(l)로 만드는 데는 10a kJ이 필요하고, t_3 °C, X(g)로 만드는 데는 37a kJ이 필요하다. 20a kJ은 10a kJ과 37a kJ 사이의 값이므로 20a kJ의 열량을 가했을 때 X(l)에서 X(g)로 상변화가 일어나며 X의 온도는 t_3 °C로 유지된다.

05 액체의 증기 압력과 기준 끓는점

F, O, N 원자에 결합된 H 원자가 있을 때 분자 사이에 수소 결합이 존재한다.

㉠. 탄소 화합물 B에는 O 원자에 결합된 H 원자가 있으므로 B(l)에서 분자 사이에는 수소 결합이 존재한다.

✕. $t^{\circ}\text{C}$ 에서 B(l)의 증기 압력은 대기압(760 mmHg)보다 746 mmHg만큼 작으므로 14 mmHg이다.

㉡. $t^{\circ}\text{C}$ 에서 A(l)의 증기 압력은 B(l)의 증기 압력보다 758 mmHg만큼 크므로 14 mmHg + 758 mmHg = 772 mmHg이다. A(l)의 증기 압력이 1 atm인 온도는 $t^{\circ}\text{C}$ 보다 낮으므로 외부 압력이 1 atm일 때 A(l)는 $t^{\circ}\text{C}$ 보다 낮은 온도에서 끓는다.

06 금속 결정의 단위 세포

표는 단순 입방 구조, 체심 입방 구조, 면심 입방 구조에서 단위 세포당 원자 수와 한 원자에 가장 인접한 원자 수를 정리한 것이다.

결정 구조	단순 입방 구조	체심 입방 구조	면심 입방 구조
단위 세포당 원자 수	1	2	4
한 원자에 가장 인접한 원자 수	6	8	12

단위 세포당 원자 수가 2보다 작은 ㉠은 단순 입방 구조이고, 한 원자에 가장 인접한 원자 수가 8보다 큰 ㉡은 면심 입방 구조이다.

㉠. 단위 세포당 원자 수가 2 이상이며 한 원자에 가장 인접한 원자 수가 8 이하인 ㉠은 체심 입방 구조이다.

㉡. $\frac{\text{한 원자에 가장 인접한 원자 수}}{\text{단위 세포당 원자 수}}$ 는 ㉠(체심 입방 구조)이 $\frac{8}{2} = 4$.

4. ㉡(면심 입방 구조)이 $\frac{12}{4} = 3$ 으로 ㉠ > ㉡이다.

✕. '단위 세포의 꼭짓점에만 원자가 존재하는가?'가 기준이라면 ㉠(단순 입방 구조)이 '예'로 분류되고 ㉠(체심 입방 구조)과 ㉡(면심 입방 구조)이 '아니요'로 분류되어야 하므로 A로 적절하지 않다.

07 증기 압력 곡선

용기 (가) 속 A(l)의 양은 0.75 mol로 일정해지며, (나) 속 B(l)의 양은 0.62 mol 이하인 n mol로 일정해지므로 액체와 평형을 이룬 용기 속 기체의 양(mol)은 B(g) > A(g)이다. 온도와 부피가 같을 때 기체의 압력은 기체의 양(mol)에 비례하므로 25°C에서 증기 압력은 B(l)가 A(l)보다 크다.

㉠. 액체 상태에서 분자 사이의 힘이 클수록 증기 압력은 작다. 같은 온도에서 증기 압력이 B(l) > A(l)이므로 분자 사이의 힘은 A(l) > B(l)이다.

㉡. 같은 온도에서 증기 압력이 B(l) > A(l)이므로 ㉠이 B(l)의 증기 압력 곡선이다.

✕. 25°C보다 낮은 $a^{\circ}\text{C}$ 에서 B(l)의 증기 압력이 25°C에서 A(l)의 증기 압력보다 크므로 동적 평형 상태에서 용기 속 기체 분자 수를 비교하면 $a^{\circ}\text{C}$, B(g) 분자 수가 25°C, A(g) 분자 수보다 크다. 따라서 $a^{\circ}\text{C}$ 에서 평형에 도달했을 때 B(g)는 0.25 mol보다 크고, B(l)는 0.75 mol보다 작으므로 $\frac{\text{B(l)의 양(mol)}}{\text{B(g)의 양(mol)}} < 3$ 이다.

08 액체의 증기 압력

40°C에서 증기 압력이 X(l)는 135 mmHg, Y(l)는 (760 + h_2) mmHg이다. A(l)와 B(l)는 각각 78.2°C와 118°C에서 증기 압력이 760 mmHg로 40°C에서 760 mmHg보다 큰 증기 압력을 가질 수 없으므로 Y는 C이다.

✕. 56°C에서 75 mmHg의 증기 압력을 가지는 B(l)가 더 낮은 온도인 40°C에서 135 mmHg의 증기 압력을 가질 수 없으므로 X는 A이다.

✕. 40°C에서 C(l)의 증기 압력이 760 mmHg보다 크므로 외부 압력이 760 mmHg일 때 C(l)의 끓는점은 40°C보다 낮다. 따라서 ㉠ < 40이다.

㉡. 40°C에서 Y(l)의 증기 압력은 (760 + h_2) mmHg이며 이 값은 X(l)의 증기 압력인 135 mmHg보다 h_1 mmHg만큼 크므로 $760 + h_2 = 135 + h_1$ 에서 $h_1 = h_2 + 625$ 이다.

09 액체의 증기 압력

$t_2^{\circ}\text{C}$ 에서 부피가 작은 용기 ㉠ 속은 A(l)와 A(g)가 동적 평형 상태이고, 부피가 큰 용기 ㉡ 속에는 A가 모두 기체로 존재한다. 따라서 작은 용기인 ㉠ 속의 압력 P_2 가 $t_2^{\circ}\text{C}$ 에서 A(l)의 증기 압력이다.

㉠. $t_1^{\circ}\text{C}$ 에서 두 용기 속 기체의 압력이 P_1 로 같다. 두 용기 모두 동적 평형 상태이며 $t_1^{\circ}\text{C}$ 에서 A(l)의 증기 압력은 P_1 이다.

✕. $t_2^{\circ}\text{C}$ 에서 A(l)와 A(g)가 평형 상태인 것은 부피가 작은 용기 ㉠이다.

✕. P_2 는 $t_2^{\circ}\text{C}$ 에서 A(l)와 평형을 이룬 증기의 압력이고, P_3 은 $t_2^{\circ}\text{C}$ 에서 안정한 상이 기체인 A(g)의 압력이므로 $P_2 > P_3$ 이다.

10 녹는점, 끓는점, 비열

[열량 = 비열 × 질량 × 온도 변화]이다.

㉠. 1 atm에서 끓는점이 B가 가장 높으므로 액체 상태에서 분자 사이의 힘은 B가 가장 크다.

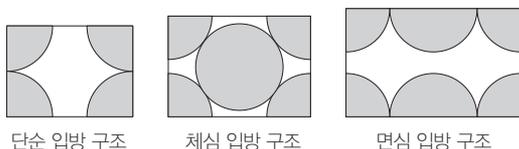
✕. 1 atm에서 B와 C는 녹는점이 0°C보다 높고, A는 녹는점이 0°C보다 낮고 끓는점이 0°C보다 높으므로 0°C, 1 atm에서 B와 C는 고체로 존재하고, A는 액체로 존재한다. 0°C, 1 atm에서 안정한 상이 고체인 것은 2가지이다.

㉡. B(l)와 C(l)의 질량이 같고 25°C부터 끓는점까지의 온도 변화가 B(l)가 C(l)보다 크고 비열이 B(l)가 C(l)보다 크므로

로 끓기 시작하기까지 가해야 할 열량은 $B(l)$ 가 $C(l)$ 보다 크다. 단위 시간당 동일한 열량으로 가열하므로 가열 시간은 열량에 비례하며, 따라서 끓기 시작하기까지 걸리는 시간은 $C(l)$ 가 $B(l)$ 보다 짧다.

11 단위 세포 만들기

단위 세포당 원자 수가 단순 입방 구조에서는 $\frac{1}{8} \times 8 = 1$, 체심 입방 구조에서는 $\frac{1}{8} \times 8 + 1 = 2$, 면심 입방 구조에서는 $\frac{1}{8} \times 8 + \frac{1}{2} \times 6 = 4$ 이다. 따라서 단순 입방 구조, 체심 입방 구조, 면심 입방 구조의 단위 세포 모형의 질량은 각각 스티이로폼 공 1개, 2개, 4개의 질량과 같다. 그림은 단위 세포 모형을 잘라 생긴 직사각형 단면에 존재하는 스티이로폼의 면적을 나타낸 것이다.



단순 입방 구조

체심 입방 구조

면심 입방 구조

반지름이 r 인 원의 면적을 S 라고 하면 단면에 존재하는 스티이로폼의 면적은 단순 입방 구조, 체심 입방 구조, 면심 입방 구조에서 각각 S , $2S$, $2S$ 이며, B의 모형이 C의 모형보다 단면에 존재하는 스티이로폼의 면적이 크므로 C가 만든 모형이 단순 입방 구조이다. 단위 세포 모형의 질량이 B의 모형이 A의 모형보다 크므로 A와 B가 각각 만든 모형은 체심 입방 구조, 면심 입방 구조이다.

✗. 자르지 않은 공이 포함된 단위 세포 모형을 만든 학생은 체심 입방 구조를 만든 A이다.

✗. C가 만든 단순 입방 구조의 단위 세포 모형은 스티이로폼 공 1개와 질량이 같다.

Ⓒ. 단위 세포 모형의 질량 (상댓값)은 단 직사각형 단면에 존재하는 스티이로폼의 면적 (상댓값)은 단순 입방 구조, 체심 입방 구조, 면심 입방 구조에서 각각 1, 1, 2이므로 단순 입방 구조(C)와 체심 입방 구조(A)에서 같다.

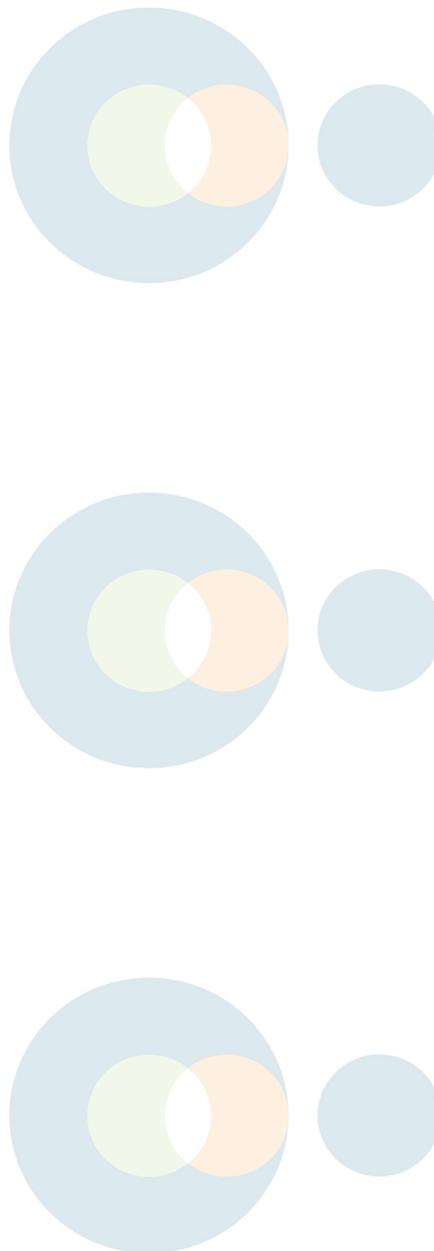
12 이온 결정의 구조

(가)에서 단위 세포당 양이온 수와 음이온 수는 각각 $1 + \frac{1}{4} \times 12 = 4$, $\frac{1}{8} \times 8 + \frac{1}{2} \times 6 = 4$ 이므로 (가)는 양이온과 음이온의 이온 수비가 1 : 1인 화합물이다. (나)에서 단위 세포당 양이온 수와 음이온 수는 각각 $\frac{1}{8} \times 8 = 1$, $\frac{1}{4} \times 12 = 3$ 이므로 (나)는 양이온과 음이온의 이온 수비가 1 : 3인 화합물이다. 따라서 (가)는 AB, (나)는 CB_3 이다.

✗. $n = 3$ 이다.

Ⓒ. 1개의 양이온에 가장 인접한 음이온은 전후상하좌우의 6개로 (가)와 (나)에서 같다.

Ⓒ. 단위 세포당 음이온의 수는 (가)의 AB에서는 4, (나)의 CB_n 에서는 3이므로 AB가 CB_n 보다 크다.



03 용액

수능 2점 테스트

본문 53~56쪽

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

01 용액의 농도

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

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

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

Ⓐ 용질의 질량과 용매의 질량을 알면 용액의 퍼센트 농도를 구할 수 있다.

ㄱ 용질의 양(mol)은 용질의 질량(g)을 용질의 화학식량으로 나누어 구할 수 있으므로 몰랄 농도를 구하는 데 필요한 것은 용질인 설탕의 분자량이다. 용매인 물의 분자량은 필요하지 않다.

Ⓒ 용질의 양(mol)은 용질의 질량(g)을 용질의 화학식량으로 나누어 구하고, 용액의 부피는 용액의 질량을 용액의 밀도로 나누어 구할 수 있으므로 몰 농도를 구하는 데 필요한 것은 설탕의 분자량과 수용액의 밀도이다.

02 퍼센트 농도, ppm, 몰 농도

ppm은 백만분의 1을 나타내는 단위로 $\frac{\text{용질의 질량}(g)}{\text{용액의 질량}(g)} \times 10^6$ 이다.

Ⓒ 바이타민 C의 퍼센트 농도(%)는 $\frac{900 \times 10^{-3} g}{180 g} \times 100 = 0.5\%$ 이다.

Ⓒ 나트륨의 ppm 농도는 $\frac{54 \times 10^{-3} g}{180 g} \times 10^6 = 300 \text{ ppm}$ 이다.

ㄱ. 몰 농도(M)는 용액 1 L에 녹아 있는 용질의 양(mol)을 나타낸 것이므로 같은 용액 속에 녹아 있는 여러 용질의 몰 농도는 용질의 양(mol)에 비례한다.

$$\frac{\text{나트륨의 몰 농도}}{\text{칼슘의 몰 농도}} = \frac{\text{나트륨의 양}(mol)}{\text{칼슘의 양}(mol)} = \frac{\frac{54 \times 10^{-3} g}{23 g/mol}}{\frac{10 \times 10^{-3} g}{40 g/mol}} = \frac{216}{23}$$

이므로 10보다 작은 값이다.

03 농도의 변환

10% 용액 100 g 중 용질과 용매의 질량은 각각 10 g과 90 g이다.

ㄱ. 농도의 변환 과정에 용액의 밀도가 필요한 (나)는 몰 농도이다.

Ⓒ. 몰 분율은 $\frac{\text{각 성분의 양}(mol)}{\text{혼합물의 전체 양}(mol)}$ 이며, 물질의 양(mol)은 질량(g)을 화학식량으로 나누어 구할 수 있으므로 몰의 분자량과 A의 화학식량이 필요한 (다)는 A의 몰 분율이다.

ㄱ. 용매 1 kg에 녹아 있는 용질 A의 질량은 $\frac{1000}{90} \times 10 \text{ g}$ 이다. (가)는 몰랄 농도이며, 용매 1 kg에 녹아 있는 용질 A의 양(mol)을 구하는 데 필요한 ㉠은 A의 화학식량이다.

04 용액의 농도

용질의 화학식량이 M일 때 1 m 용액 (1000 + M) g에 용질 1 mol, 질량으로는 M g이 녹아 있다.

Ⓒ. 1 m 요소 수용액은 물 1 kg에 요소 1 mol, 즉 60 g이 녹아 있는 용액이므로 물 250 g에 녹여야 하는 요소의 질량은 15 g이다.

Ⓒ. 15% 요소 수용액 10 g은 요소 1.5 g과 물 8.5 g으로 이루어져 있다. 요소 1.5 g이 녹아 있는 1 m 용액에서 물의 질량을 a g

이라고 하면 $\frac{\frac{1.5 g}{60 g/mol}}{\frac{a g}{1000 g/kg}} = 1 m$ 에서 $a = 25$ 이다. 따라서 추가

할 물의 질량은 25 g에서 8.5 g을 뺀 16.5 g이다.

ㄱ. 3 m 요소 수용액은 물 1 kg에 요소 3 mol (=180 g)이 녹아 있는 용액이므로 3 m 요소 수용액 118 g은 물 100 g과 요소 0.3 mol로 이루어져 있다. 3 m 농도를 1 m 농도로 만들려면 물의 질량이 3배가 되도록 물 200 g을 추가하면 된다.

05 몰랄 농도

1 m A(aq)에서는 용액 (1000 + A의 화학식량) g 속에 A 1 mol, 2 m A(aq)에서는 용액 (1000 + A의 화학식량 × 2) g 속에 A 2 mol이 녹아 있다.

Ⓒ. A 2 mol이 녹아 있는 2 m A(aq)의 질량이 A 1 mol이 녹아 있는 1 m A(aq)의 질량보다 크므로 같은 500 g의 용액 속에 녹아 있는 A의 질량은 2 m A(aq)이 1 m A(aq)의 2배보다 작다.

Ⓒ. 용액의 질량은 (가)와 (나)가 같고, 용질의 질량은 (나)가 (가)의 2배보다 작으므로 퍼센트 농도는 (나)가 (가)의 2배보다 작다.

Ⓒ. (가)와 (나)의 몰랄 농도가 각각 1 m와 2 m이므로 A의 몰 분율은 (가)와 (나)에서 각각 $\frac{1}{\frac{1000}{\text{몰의 분자량}} + 1}$, $\frac{2}{\frac{1000}{\text{몰의 분자량}} + 2}$

이며, 두 분수에서 분자는 (나)가 (가)의 2배이고 분모는 (나)가 (가)보다 크므로 A의 몰 분율은 (나)가 (가)의 2배보다 작다.

06 퍼센트 농도와 몰랄 농도

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

㉠ 20% A(aq) 300 g 속 A의 질량은 $\frac{300 \text{ g} \times 20}{100} = 60 \text{ g}$ 이고,

물의 질량은 240 g이다. 물을 추가하거나 증발시켜도 용질의 질량은 변하지 않으므로 용액 (나)에 녹아 있는 A의 질량은 60 g이다.

㉡ A 60 g은 $\frac{60 \text{ g}}{100 \text{ g/mol}} = 0.6 \text{ mol}$ 이며, A 0.6 mol이 녹아 있는 1.2 m 수용액에서 물의 질량을 a g이라고 하면 $\frac{0.6 \text{ mol}}{a \text{ g}} = \frac{0.6 \text{ mol}}{1000 \text{ g/kg}}$

$= 1.2 \text{ m}$ 에서 $a = 500$ 이다. 추가한 물의 질량은 $500 \text{ g} - 240 \text{ g} = 260 \text{ g}$ 이다.

㉢ 용질 0.6 mol이 녹아 있는 2.4 m 수용액에서 물의 질량을 b g이라고 하면 $\frac{0.6 \text{ mol}}{b \text{ g}} = 2.4 \text{ m}$ 에서 $b = 250$ 이다. 증발시킨 물의 질량은 $500 \text{ g} - 250 \text{ g} = 250 \text{ g}$ 이다.

07 몰랄 농도와 몰 분율

(가)와 (나)에서 용질의 몰 분율이 같으므로 용매의 양(mol)과 용질이 양(mol)이 각각 같다고 하면 분자량이 B가 A의 k배이므로 용매의 질량은 (나)가 (가)의 k배이며, (나)의 몰랄 농도는 $\frac{a}{k} \text{ m}$ 이다. (가)와 (다)는 용질의 종류만 다르고 용매의 종류와 몰랄 농도가 같으므로 두 용액에서 용매의 질량과 용질의 양(mol)이 각각 같다고 하면 (다)에서 용질의 몰 분율은 (가)에서와 같다.

$$\frac{x \times y}{a \times b} = \frac{x}{a} \times \frac{y}{b} = \frac{1}{k} \times 1 = \frac{1}{k} \text{이다.}$$

08 퍼센트 농도, 몰랄 농도, 몰 분율

a% A(aq)에 물 80 g을 가했을 때 퍼센트 농도가 $\frac{1}{2}$ 배가 되므로 a% A(aq)의 질량은 80 g이다.

㉠ a% A(aq)에 물 x g을 가했을 때 농도가 $\frac{4a}{5}\%$ 인데, 용질의 질량은 일정하므로 물을 가하기 전과 후에 용액의 질량비는 4 : 5이다. 희석 전 용액의 질량이 80 g이므로 P에서 용액의 질량은 100 g이고, 가한 물의 질량은 20 g이다.

㉡ 용질 A의 질량을 w g이라고 하면 용매의 질량은 희석 전에 $(80 - w) \text{ g}$, P에서 $(100 - w) \text{ g}$ 이다. 용질의 양(mol)이 같을 때 용액의 몰랄 농도는 용매의 질량에 반비례하므로

$$\frac{\text{희석 전 A(aq)의 몰랄 농도}}{\text{P에서 A(aq)의 몰랄 농도}} = \frac{100 - w}{80 - w} \text{로 } \frac{5}{4} \text{보다 큰 값이다.}$$

㉢ 용질 A의 질량을 w g이라고 하고, 물의 분자량과 A의 화학식량을 각각 $M_{\text{물}}$, M_A 라고 하면 용액 속 물질의 전체 양은 희

석 전에는 $\left(\frac{80 - w}{M_{\text{물}}} + \frac{w}{M_A}\right) \text{ mol}$ 이고, Q에서는 $\left(\frac{160 - w}{M_{\text{물}}} + \frac{w}{M_A}\right) \text{ mol} = \left(\frac{2(80 - w)}{M_{\text{물}}} + \frac{w}{M_{\text{물}}} + \frac{w}{M_A}\right) \text{ mol}$ 이며, $M_A > M_{\text{물}}$ 이므로 물질의 전체 양(mol)은 Q에서 희석 전의 2배보다 크다. 용질의 양(mol)이 같을 때 용질의 몰 분율은 용액 속 물질의 전체 양(mol)에 반비례하므로 $\frac{\text{Q에서 용액 속 A의 몰 분율}}{\text{희석 전 용액 속 A의 몰 분율}} = \frac{\text{희석 전 용액 속 물질의 전체 양(mol)}}{\text{Q에서 용액 속 물질의 전체 양(mol)}} < \frac{1}{2}$ 이다.

09 일상생활에서의 끓는점 오름

비휘발성 용질이 녹아 있는 용액의 끓는점은 용매의 끓는점보다 높으며, 이를 끓는점 오름이라고 한다.

(X) 고도가 높은 산장에서 밥을 지으면 쌀이 설익는 것은 외부 압력이 낮을 때 끓는점이 낮아지기 때문이다.

(X) 외부 압력이 같을 때 물이 에탄올보다 높은 온도에서 끓는 것은 액체 상태에서 분자 사이의 힘이 물이 에탄올보다 크기 때문이다.

(O) 주방에서 물과 김치찌개가 끓고 있을 때 김치찌개의 온도가 더 높은 것은 비휘발성 용질이 녹아 있는 김치찌개가 순수한 용매인 물보다 끓는점이 높기 때문이다. 용액의 끓는점 오름과 관련된 현상이다.

10 용액의 증기 압력 내림

용액의 증기 압력 내림은 용질의 몰 분율에 비례한다.

㉠ $t^\circ\text{C}$ 에서 수은 기둥의 높이 차이가 h mm이므로 증기 압력은 용액 (가)가 (나)보다 h mmHg만큼 크다.

X 용액 (가)와 (나)에서 용매의 양(mol)을 각각 2a, a라고 하고, 용질의 양(mol)을 각각 b, b라고 하면 용질의 몰 분율은 (가)에서 $\frac{b}{2a+b}$, (나)에서 $\frac{b}{a+b} = \frac{2b}{2a+2b}$ 로 (나)가 (가)의 2배보다 작다.

X 용매의 종류가 같으므로 $t^\circ\text{C}$ 에서 증기 압력 내림(ΔP)은 용액 (나)가 (가)보다 h mmHg만큼 크다. (가)와 (나)의 증기 압력 내림을 각각 $\Delta P_{(가)}$, $\Delta P_{(나)}$ 라고 하면 용질의 몰 분율이 (나)가 (가)의 2배보다 작으므로 $\Delta P_{(나)} < 2\Delta P_{(가)}$, $\Delta P_{(나)} - \Delta P_{(가)} < \Delta P_{(가)}$ 이다. $t^\circ\text{C}$ 에서 (가)의 증기 압력 내림은 (나)와 (가)의 증기 압력 내림의 차이인 h mmHg보다 크다.

11 용액의 증기 압력 내림

온도가 높을수록 용액의 증기 압력이 증가하므로 $P_2 > P_1$ 이다. 같은 온도에서 b% A(aq)이 a% A(aq)보다 증기 압력이 크므로 $a > b$ 이다.

㉠ 같은 온도에서 퍼센트 농도가 a%로 같은 A(aq)과 B(aq)

중 B(aq)의 증기 압력이 더 크므로 용매(물)의 몰 분율은 B(aq)이 A(aq)보다 크다. 물의 양(mol)이 같을 때 용질의 양(mol)은 B가 A보다 작은 것이므로 화학식량은 B가 A보다 크다.

㉠ 25°C에서 a% B(aq)과 b% A(aq)의 증기 압력이 같으므로 용질의 몰 분율이 같으며, 몰 분율은 온도에 무관하므로 두 수용액의 몰 분율은 50°C에서도 같다. 50°C에서 두 수용액의 증기 압력이 같으므로 $x = P_3$ 이다.

㉡ 25°C와 50°C에서의 물의 증기 압력을 각각 $P_{\text{물}, 25^\circ\text{C}}$ 와 $P_{\text{물}, 50^\circ\text{C}}$ 라고 하고, a% A(aq)과 b% A(aq)에서 용매의 몰 분율을 각각 x_1, x_2 라고 하면 용액의 증기 압력은 표와 같다.

수용액	증기 압력(mmHg)	
	25°C	50°C
a% A(aq)	$P_1 = x_1 P_{\text{물}, 25^\circ\text{C}}$	$P_2 = x_1 P_{\text{물}, 50^\circ\text{C}}$
b% A(aq)	$P_2 = x_2 P_{\text{물}, 25^\circ\text{C}}$	$P_3 = x_2 P_{\text{물}, 50^\circ\text{C}}$

$P_2 - P_1 = (x_2 - x_1) P_{\text{물}, 25^\circ\text{C}}$, $P_3 - P_2 = (x_2 - x_1) P_{\text{물}, 50^\circ\text{C}}$ 이며, $P_{\text{물}, 50^\circ\text{C}} > P_{\text{물}, 25^\circ\text{C}}$ 이므로 $P_3 - P_2 > P_2 - P_1$ 이다. 따라서 $\frac{P_1 + P_3}{2} > P_2$ 이다.

12 용액의 끓는점 오름

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

✕ 화학식량이 X가 Y의 3배이므로 w g의 용질의 양(mol)은 Y가 X의 3배이다. 용매의 질량이 100 g으로 같으므로 P에서 몰랄 농도는 (나)가 (가)의 3배이다.

㉠ P에서 몰랄 농도(m)는 (나)가 (가)의 3배이며, 끓는점 오름(ΔT_b)은 (가)가 (나)보다 크므로 몰랄 오름 상수(K_b)는 A가 B보다 크다.

㉡ B(l) 150 g에 X w g을 녹인 용액은 B(l) 150 g에 Y $\frac{w}{3}$ g을 녹인 용액과 끓는점 오름이 같다. B(l) 100 g에 Y가 w g 녹아 있는 용액의 끓는점 오름이 $(a-b)^\circ\text{C}$ 이므로 B(l) 150 g에 Y $\frac{w}{3}$ g을 녹인 용액의 끓는점 오름은 $\frac{100 \times (a-b)^\circ\text{C}}{150 \times 3} = \frac{2(a-b)}{9}^\circ\text{C}$ 이다.

13 용액의 증기 압력 내림

온도와 용매의 종류가 같으면 증기 압력 내림의 비는 용질의 몰 분율의 비와 같다. 녹인 A(s)의 양을 n mol이라고 하면 용질의 몰 분율은 (가)와 (나)에서 각각 $\frac{n}{\frac{2W}{18} + n} = \frac{18n}{W + 18n}$.

$\frac{n}{\frac{2W}{18} + n} = \frac{18n}{2W + 18n}$ 이고, 증기 압력 내림이 (가)와 (나)에

서 각각 $\frac{101}{17}$ mmHg, 3 mmHg이므로 증기 압력 내림의 비는

(가) : (나) = $\frac{1}{W + 18n} : \frac{1}{2W + 18n} = 101 : 51$ 이며,

$101(W + 18n) = 51(2W + 18n)$ 에서 $W = 900n$ 이다.

용질의 몰 분율이 $\frac{1}{101}$ 인 (나)의 증기 압력 내림이 3 mmHg이므로 $P = 101 \times 3 = 303$ 이다.

(나)는 물 1800n g에 A n mol이 녹아 있는 용액이므로 몰랄 농

도는 $\frac{n \text{ mol}}{\frac{1800n \text{ g}}{1000 \text{ g/kg}}} = \frac{5}{9} m$ 이다.

$a \times P = \frac{5}{9} \times 303 = \frac{505}{3}$ 이다.

14 용액의 냉각 곡선

1 atm에서 물의 어는점은 0°C 이므로 0.2 m A(aq)의 어는점 내림(ΔT_f)은 $k^\circ\text{C}$ 이다.

㉠ 어는점 내림(ΔT_f)은 몰랄 내림 상수(K_f)에 몰랄 농도(m)를 곱한 값으로, $k^\circ\text{C} = K_f \times 0.2 m$ 이므로 물의 몰랄 내림 상수(K_f)는 $5k^\circ\text{C}/m$ 이다.

㉡ 몰랄 농도는 온도의 영향을 받지 않으므로 처음부터 얼기 시작할 때까지는 0.2 m로 일정하다. 용액이 얼 때 용매만 얼어 용액의 농도가 점점 진해지고 어는점은 더 낮아진다. R에서 어는점 내림은 $2k^\circ\text{C}$ 이며, 몰랄 농도는 $\frac{2k^\circ\text{C}}{5k^\circ\text{C}/m} = 0.4 m$ 이다. 따라서 몰랄 농도는 R에서가 P에서의 2배이다.

✕ 몰랄 농도는 R에서가 Q에서의 2배이다. 몰랄 농도가 2배이면 용질의 양(mol)이 같을 때 용매의 질량은 $\frac{1}{2}$ 배이며, 용질의

몰 분율 = $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 양(mol)} + \text{용질의 양(mol)}}$ 에서 분자는 R과 Q에서 같고 분모는 R에서가 Q에서의 $\frac{1}{2}$ 보다 큰 값이므로 용질의 몰 분율은 R에서가 Q에서의 2배보다 작은 값이다.

15 서로 다른 온도에서의 증기 압력 내림

물의 증기 압력은 $t_1^\circ\text{C}$ 에서 P mmHg, $t_2^\circ\text{C}$ 에서 $(P-150)$ mmHg이다. 용액의 증기 압력은 용매의 증기 압력에 용매의 몰 분율을 곱한 값이므로 $xP = P - 150 \dots$ ①, $x(P-150) = P - 270 \dots$ ②이다. 식 ①에서 식 ②를 빼면 $150x = 120$ 에서 $x = 0.8$ 이다. 그림에서 $t_1^\circ\text{C}$, $t_2^\circ\text{C}$ 에서의 증기 압력 차이가 용매의 몰 분율이 1일 때와 x 일 때 각각 150 mmHg와 120 mmHg이므로 $1 : x = 150 : 120$ 에서 $x = 0.8$ 을 구할 수도 있다.

$x=0.8$ 을 식 ①에 대입하면 $0.8 \times P = P - 150$, $P = 750$ 이므로 $x \times P = 0.8 \times 750 = 600$ 이다.

16 용액의 삼투압

온도가 다른 두 설탕물의 삼투압이 같을 때 낮은 온도의 설탕물의 농도가 더 크다.

㉠ 온도가 높을수록 삼투압이 증가한다. a M 설탕물의 삼투압이 $t_2^\circ\text{C}$ 에서가 $t_1^\circ\text{C}$ 에서보다 크므로 $t_2 > t_1$ 이다.

㉡ $t_1^\circ\text{C}$, a M 설탕물과 $t_2^\circ\text{C}$, b M 설탕물의 삼투압이 같으므로 $a > b$ 이다. 기준 어는점은 농도가 더 큰 a M 설탕물이 b M 설탕물보다 낮다.

㉢ $t_2^\circ\text{C}$ 보다 낮은 온도인 $t_1^\circ\text{C}$ 에서는 삼투압이 더 작으므로 액체 면의 높이 차이는 h_1 보다 작다.

수능 3점 테스트

본문 57~66쪽

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

01 퍼센트 농도와 몰 농도

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

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

$\frac{\text{퍼센트 농도}}{\text{몰 농도}} \propto \frac{\text{용질의 화학식량}}{\text{용액의 밀도}}$ 이다.

(가)와 (나)는 용액의 밀도가 같으므로 용질의 화학식량의 비는

$\frac{\text{퍼센트 농도}}{\text{몰 농도}}$ 의 비와 같다. $\frac{\text{퍼센트 농도}}{\text{몰 농도}}$ 의 비가 (가) : (나) = 3 : 1

이므로 화학식량의 비는 X : Y = 3 : 1이다. (나)와 (다)는 용질의 종류가 같으므로 용액의 밀도비는 $\frac{\text{몰 농도}}{\text{퍼센트 농도}}$ 의 비와 같다.

$\frac{\text{몰 농도}}{\text{퍼센트 농도}}$ 의 비가 (나) : (다) = 1 : $\frac{5}{4}$ 이므로 $d = \frac{5}{4}$ 이다. 따라

서 $\frac{Y \text{의 화학식량}}{X \text{의 화학식량}} \times d = \frac{1}{3} \times \frac{5}{4} = \frac{5}{12}$ 이다.

02 용액의 혼합과 농도

1 m A(aq) x g과 $a\%$ A(aq) y g에 들어 있는 A의 질량이 같다. 1 m A(aq) $(1000+M)$ g에 A M g이 들어 있고, $a\%$ A(aq) 100 g에 A a g이 들어 있으므로 A 1 g을 포함한 용액

의 질량은 1 m A(aq)은 $\frac{(1000+M)}{M}$ g, $a\%$ A(aq)은 $\frac{100}{a}$ g이다. 따라서 $\frac{y}{x} = \frac{100}{a} \times \frac{M}{1000+M} = \frac{100M}{a(1000+M)}$ 이다.

03 진한 염산을 이용한 염산 수용액의 제조

㉠ 36.5% 진한 염산 40 g에 들어 있는 HCl의 질량은 $40 \times \frac{36.5}{100}$ g이며, 물 x g을 넣어 7.3% HCl(aq)을 만들었으므로 $40 \times \frac{36.5}{100}$ g $\times 100 = 7.3$ 에서 $x = \frac{40 \times 36.5}{7.3} - 40 = 160$ 이다.

㉡ (가)에서 만든 7.3% HCl(aq) 중 HCl의 양은 $\frac{40 \times \frac{36.5}{100} \text{ g}}{36.5 \text{ g/mol}} = 0.4$ mol이고, 물의 질량은 $200 \text{ g} \times \frac{92.7}{100} = 185.4$ g이다.

HCl 0.4 mol이 녹아 있는 0.5 m HCl(aq)에서 용매의 질량은 800 g이므로 추가할 물의 질량은 $y = 800 - 185.4 = 614.6$ 이다.

㉢ (나)의 0.5 m HCl(aq) 속 HCl의 양은 0.4 mol이고 부피 1 L의 1.2 M HCl(aq) 속 HCl의 양은 1.2 mol이므로 36.5% 진한 염산 z mL 속 HCl의 양은 0.8 mol이다. HCl 0.8×36.5 g을 포함한 36.5% 진한 염산의 질량은 $0.8 \times 36.5 \text{ g} \times \frac{100}{36.5} = 80$ g이므로 $d \text{ g/mL} = \frac{80 \text{ g}}{z \text{ mL}}$ 에서 $z = \frac{80}{d}$ 이다.

04 몰랄 농도

c m 용액은 용매 1 kg에 용질 c mol이 녹아 있는 용액이므로 용액 $(1000+c \times \text{화학식량})$ g에 용질 c mol이 녹아 있다.

㉠ (가)와 (나)에서 물의 몰 분율은 $\frac{\frac{1000}{\text{물의 분자량}}}{\frac{1000}{\text{물의 분자량}} + c}$ 으로 같다.

㉡ c m A(aq)은 용액 $(1000+100c)$ g에 A c mol이 녹아 있는 용액이다. 용액의 질량 $(1000+100c)$ g을 밀도 d g/mL로 나누어 부피를 구하면 $\frac{1000+100c}{d}$ mL이므로 (가)의 몰 농도는

$\frac{c \text{ mol}}{\frac{1000+100c}{1000d} \text{ L}} = \frac{10cd}{10+c}$ M이다.

㉢ c m B(aq)은 용액 $(1000+60c)$ g에 B $60c$ g이 녹아 있는 용액이므로 (나)의 퍼센트 농도는 $\frac{60c \text{ g}}{(1000+60c) \text{ g}} \times 100 =$

$\frac{300c}{50+3c}\%$ 이다.

05 퍼센트 농도, 몰랄 농도, 몰 농도

a M A(aq)은 용액 (1000+100a) g에 A a mol이 녹아 있는 용액이다.

㉠ 5% A(aq) 120 g에 포함된 A의 양은 $\frac{120 \text{ g} \times \frac{5}{100}}{100 \text{ g/mol}} = 0.06 \text{ mol}$ 이다.

㉡ (나)에 녹아 있는 A의 양을 x mol이라고 하면 $260 \text{ g} : x \text{ mol} = (1000+100a) \text{ g} : a \text{ mol}$ 에서 $x = \frac{260a}{1000+100a} = \frac{13a}{50+5a}$ 이다.

㉢ (다) 0.16 M A(aq) 1 L에 녹아 있는 A의 양이 0.16 mol이므로 (나)에 녹아 있는 A의 양은 $0.16 \text{ mol} - 0.06 \text{ mol} = 0.1 \text{ mol}$ 이다. $\frac{13a}{50+5a} \text{ mol} = 0.1 \text{ mol}$ 이므로 $a = 0.4$ 이다.

06 몰 농도와 몰랄 농도

용질의 양(mol)은 몰 농도(M)에 용액의 부피(L)를 곱하거나 몰랄 농도(m)에 용매의 질량(kg)을 곱해서 구한다.

㉠ (가)와 (나)에 녹아 있는 A의 양은 $\frac{a}{10}$ mol로 같다.

㉡ 같은 온도에서 증기 압력이 (나)가 (가)보다 크므로 A의 몰 분율은 (가)가 (나)보다 크고 몰랄 농도도 (가)가 (나)보다 크다. 따라서 1 atm에서 (가)가 (나)보다 어는점 내림이 크므로 기준 어는점은 (나)가 (가)보다 높다.

㉢ 같은 양(mol)의 용질을 포함한 두 A(aq) 중 용액의 질량이 작은 쪽이 농도가 더 크므로 용액의 질량은 (가)가 (나)보다 작아야 한다. (가)와 (나)의 질량이 각각 100d g, $\left(100 + \frac{aM}{10}\right)$ g이며, $100d < \left(100 + \frac{aM}{10}\right)$ 이므로 $d < 1 + \frac{aM}{1000}$ 이다.

07 요소 수용액과 포도당 수용액의 증기 압력

수용액 A(포도당 수용액)와 수용액 B(요소 수용액)에서 용질의

몰 분율은 각각 $\frac{\frac{45}{180}}{\frac{355.5}{18} + \frac{45}{180}} = \frac{1}{80}$, $\frac{\frac{30}{60}}{\frac{360}{18} + \frac{30}{60}} = \frac{1}{41}$ 이다.

㉡ 수용액 A와 B 중 물의 몰 분율이 더 큰 것은 A이며, ㉠이 ㉡보다 증기 압력이 크므로 A는 ㉠이다.

㉢ $t^\circ\text{C}$ 에서 물의 증기 압력을 P mmHg라고 하면 요소 수용액과 포도당 수용액의 증기 압력 내림은 각각 $\frac{P}{41}$ mmHg와 $\frac{P}{80}$

mmHg이고 그 차이가 3.9 mmHg이므로 $\left(\frac{1}{41} - \frac{1}{80}\right)P = 3.9$

에서 $P = 3.9 \times \frac{41 \times 80}{39} = 328$ 이다.

㉠ 요소 수용액 ㉡ 포도당 수용액 ㉢은 용질의 몰 분율이 같다. ㉣

에서 물의 질량을 w g이라고 하면 $\frac{0.5}{\frac{w}{18} + 0.5} = \frac{1}{80}$ 에서 $w = 711$

이고, ㉣에 포함된 요소의 질량이 30 g이므로 ㉣의 질량은 $711 \text{ g} + 30 \text{ g} = 741 \text{ g}$ 이다.

08 물과 수용액의 증기 압력 곡선

용액의 증기 압력 내림은 용매의 증기 압력에 용질의 몰 분율을 곱한 값이다.

㉡ 용질 X의 몰 분율은 $\frac{\text{증기 압력 내림}}{\text{물의 증기 압력}}$ 이다. $t_2^\circ\text{C}$ 와 $t_3^\circ\text{C}$ 에서

$\frac{\text{증기 압력 내림}}{\text{물의 증기 압력}}$ 은 같은 값이므로 $\frac{55}{P} = \frac{60}{P+60}$ 에서 $P = 660$ 이다.

㉢ 용질 X의 몰 분율 $a = \frac{55}{P}$ 에 $P = 660$ 을 대입하면 $a = \frac{55}{660} = \frac{1}{12}$ 이다.

㉣ 외부 압력이 $(P+60)$ mmHg일 때 물의 끓는점이 $t_3^\circ\text{C}$ 이므로 X(aq)의 끓는점은 $t_3^\circ\text{C}$ 보다 높다.

09 용액의 증기 압력 내림

용액의 증기 압력은 용매의 증기 압력에 용매의 몰 분율을 곱한 값이다.

㉡ (나)에서 He의 부분 압력과 A(aq)의 증기 압력을 합한 값이 1 atm이다. $t^\circ\text{C}$ 에서 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 증기 압력이 0.25 atm이며 비휘발성 용질이 녹아 있는 A(aq)의 증기 압력은 0.25 atm보다 작으므로 He(g)의 부분 압력은 $\frac{3}{4}$ atm보다 크다.

㉢ 같은 온도에서 기체의 압력은 기체의 양(mol)에 비례하고 기체의 부피에 반비례한다. He(g)의 몰비는 (가) : (나) = 3 : 5이고, 기체의 부피비는 (가) : (나) = 3 : 4이므로 He(g)의 부분 압력의 비는 (가) : (나) = $1 : \frac{5}{4} = 4 : 5$ 이다.

㉣ (가)에서 전체 압력이 $\frac{7}{8}$ atm이고 물의 증기 압력이 0.25 atm이므로 He(g)의 부분 압력은 $\frac{7}{8} \text{ atm} - \frac{1}{4} \text{ atm} = \frac{5}{8} \text{ atm}$ 이다.

(나)에서 He(g)의 부분 압력을 x atm이라고 하면 $\frac{5}{8} : x = 4 : 5$ 에서 $x = \frac{25}{32}$ 이며, 1 atm에서 $\frac{25}{32}$ atm을 뺀 $\frac{7}{32}$ atm

이 A(aq)의 증기 압력이다. 용매의 몰 분율은 $\frac{\text{용액의 증기 압력}}{\text{용매의 증기 압력}}$

이므로 $\frac{\frac{7}{32} \text{ atm}}{0.25 \text{ atm}} = \frac{7}{8}$ 이다.

10 용액의 끓는점 오름

끓는점 오름(ΔT_b)은 용매의 몰랄 오름 상수(K_b)와 용액의 몰랄 농도(m)의 곱이므로 용매의 종류가 같으면 ΔT_b 는 m 에 비례한다.

㉠ 용매의 종류가 같은 두 용액의 끓는점 오름이 같으면 몰랄 농도가 같고, 같은 양(mol)의 용질이 녹아 있는 용매의 양(mol)이 같으므로 용매의 몰 분율이 같다. 수용액 (가)와 (다)는 끓는점 오름이 같으므로 용매의 몰 분율이 같다.

㉡ 수용액 (가)와 (다)는 용매의 몰 분율이 같으며 물의 질량이 (다)가 (가)의 1.5배이므로 전체 용질의 양(mol)도 (다)가 (가)의 1.5배이다.

A와 B의 화학식량을 각각 M_A , M_B 라고 하면 전체 용질의 양은

(가)에서 $\left(\frac{1}{M_A} + \frac{2}{M_B}\right)$ mol, (다)에서 $\left(\frac{3}{M_A} + \frac{2.5}{M_B}\right)$ mol이

며, (다)에서가 (가)에서의 1.5배이므로 $1.5 \times \left(\frac{1}{M_A} + \frac{2}{M_B}\right) =$

$\frac{3}{M_A} + \frac{2.5}{M_B}$ 에서 $\frac{3}{M_A} = \frac{1}{M_B}$ 이므로 M_A 는 M_B 의 3배이다.

㉢ 용매의 종류가 같으면 끓는점 오름은 $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 질량(kg)}}$

인 몰랄 농도에 비례한다. M_A 와 M_B 를 각각 $3k$, k 라고 하면

$$a : b = \frac{\frac{1}{3k} + \frac{2}{k}}{0.1} : \frac{\frac{2}{3k} + \frac{3}{k}}{0.2} = 14 : 11 \text{이다.}$$

11 용액의 어는점 내림

어는점 내림(ΔT_f)은 용매의 몰랄 내림 상수(K_f)와 용액의 몰랄 농도(m)의 곱이다. $\Delta T_f = K_f \times m$

ㄨ (가)는 용매 A 0.2 kg에 용질 0.1 mol이 녹아 있는 0.5 m 용액이므로 어는점 내림은 2.5°C이다. (나)는 용매의 종류가 (가)와 같고 어는점은 (가)보다 0.5°C 낮으므로 (나)의 어는점 내림은 3°C이다.

㉠ (가)와 (나)의 어는점 내림이 각각 2.5°C와 3°C이므로 (가)와 (나)의 몰랄 농도비가 5 : 6이다. 따라서 (나)의 농도는 $\frac{3}{5} m$ 이

다. Y의 화학식량을 M_Y 라고 하면 $\frac{\frac{a \text{ g}}{M_Y \text{ g/mol}}}{0.5 \text{ kg}} = \frac{3}{5} m$ 이므로

M_Y 는 $\frac{10a}{3}$ 이다.

ㄨ (다)는 몰랄 농도가 $\frac{\frac{\frac{a}{6} \text{ g}}{\frac{10a}{3} \text{ g/mol}}}{0.4 \text{ kg}} = \frac{1}{8} m$ 이므로 (다)의 어는점 내림은 $20 \text{ }^\circ\text{C}/m \times \frac{1}{8} m = 2.5^\circ\text{C}$ 이다. 1 atm에서 (다)의

어는점 $(t+1)^\circ\text{C}$ 는 용매 B(l)의 기준 어는점보다 2.5°C만큼 낮으므로 B(l)의 기준 어는점은 $(t+3.5)^\circ\text{C}$ 이다.

12 용질의 종류와 온도에 따른 삼투압

삼투압은 몰 농도와 절대 온도에 비례한다.

㉠ A(aq)과 B(aq)의 몰 농도를 각각 C_A , C_B 라고 하면 T_1 K의 A(aq)과 T_2 K의 B(aq)의 삼투압이 같으므로 $C_A T_1 = C_B T_2$

이며, 같은 부피의 용액에 같은 질량의 용질이 녹아 있을 때 몰 농

도는 용질의 분자량에 반비례하므로 $\frac{T_1}{A \text{의 분자량}} = \frac{T_2}{B \text{의 분자량}}$

이다. 분자량비는 $A : B = T_1 : T_2$ 이며, 분자량은 B가 A보다 크다.

㉡ 같은 온도에서 같은 부피의 용액에 같은 질량의 용질이 녹아 있는 용액의 삼투압은 용질의 분자량에 반비례한다. 따라서 분자

량비는 $B : C = \frac{1}{P_2} : \frac{1}{P_1} = P_1 : P_2$ 이다.

㉢ A(aq)은 T_1 K에서 삼투압이 P_2 atm이므로 T_2 K에서의 삼투압은 $\frac{T_2}{T_1} \times P_2$ atm이다. 같은 온도에서 삼투압의 비는

$A(aq) : C(aq) = \frac{P_2 T_2}{T_1} : P_1 = P_2 T_2 : P_1 T_1$ 이다.

13 용질의 몰 분율에 따른 증기 압력 내림

용액의 증기 압력 내림은 용매의 증기 압력에 용질의 몰 분율을 곱한 값이다.

㉠ $t^\circ\text{C}$ 에서 A(l)의 증기 압력이 k 이며, 용매가 A이고 용질의 몰 분율이 1.5a인 용액의 증기 압력 내림이 $\frac{k}{20}$ 이므로

$1.5a = \frac{1}{20}$ 에서 $a = \frac{1}{30}$ 이다.

㉡ $t^\circ\text{C}$ 에서 B(l)의 증기 압력을 x 라고 하면 a 가 $\frac{1}{30}$ 이므로 $\frac{x}{30}$

$= \frac{k}{20}$ 가 성립하여 $x = 1.5k$ 이다.

ㄨ 용질의 몰 분율은 Q에서가 P에서의 1.5배이다. 용질의 몰 분율이 1.5배인 것은 더 작은 용매 질량에 1.5배 양(mol)의 용질이 녹아 있는 것이므로 몰랄 농도는 Q에서가 P에서의 1.5배보다 크다.

14 용액의 끓는점 오름

A와 B의 몰랄 오름 상수를 각각 $K_{b,A} \text{ }^\circ\text{C}/m$, $K_{b,B} \text{ }^\circ\text{C}/m$ 이라고 하고, X와 Y의 화학식량을 각각 M_X , M_Y 라고 하면 (가)~(다)의 끓는점 오름(ΔT_b)은 각각

$$K_{b,A} \text{ }^\circ\text{C}/m \times \frac{\frac{1 \text{ g}}{M_X \text{ g/mol}}}{0.1 \text{ kg}} = \frac{10K_{b,A}}{M_X} \text{ }^\circ\text{C},$$

$$K_{b,B} \text{ } ^\circ\text{C}/m \times \frac{2 \text{ g}}{0.1 \text{ kg} \times \frac{M_Y \text{ g/mol}}{M_Y}} = \frac{20K_{b,B} \text{ } ^\circ\text{C}}{M_Y}$$

$$K_{b,B} \text{ } ^\circ\text{C}/m \times \frac{3 \text{ g}}{M_X \text{ g/mol}} + \frac{1 \text{ g}}{M_Y \text{ g/mol}} = \frac{\quad}{0.3 \text{ kg}}$$

$$10K_{b,B} \left(\frac{1}{M_X} + \frac{1}{3M_Y} \right) \text{ } ^\circ\text{C이고,}$$

$$\frac{K_{b,A}}{M_X} : \frac{2K_{b,B}}{M_Y} : \left(\frac{K_{b,B}}{M_X} + \frac{K_{b,B}}{3M_Y} \right) = 1 : 3 : 1 \text{이다.}$$

$$\frac{K_{b,A}}{M_X} = k \dots \text{①, } \frac{2K_{b,B}}{M_Y} = 3k \dots \text{②, } \frac{K_{b,B}}{M_X} + \frac{K_{b,B}}{3M_Y} = k \dots \text{③}$$

이고, 식 ②에서 얻은 $\frac{K_{b,B}}{3M_Y} = \frac{k}{2}$ 를 식 ③에 대입하면 $\frac{K_{b,B}}{M_X} =$

$$\frac{k}{2} \dots \text{④가 얻어지며 식 ①} \div \text{식 ④를 통해 } \frac{K_{b,A}}{K_{b,B}} = 2, \text{ 식 ②} \div \text{식 ④}$$

④를 통해 $\frac{M_X}{M_Y} = 3$ 임을 알 수 있다.

✕. 화학식량은 X가 Y의 3배이다.

✕. 몰랄 오름 상수는 A가 B의 2배이다.

Ⓒ. A(l) 200 g에 Y(s) 1 g을 녹인 용액은 A(l) 200 g에 X(s) 3 g을 녹인 용액과 끓는점 오름이 같으며, 이 용액은 용매 A(l)의 질량이 (가)의 2배, 용질 X(s)의 양(mol)이 (가)의 3배이므로 끓는점 오름은 (가)의 1.5배이다.

15 용액의 삼투압

같은 온도에서 삼투압은 용액의 몰 농도에 비례한다. 0.1 M A(aq)의 삼투압(상댓값)이 25이고, 0.1 M A(aq) V mL에 0.04 M A(aq) 150 mL를 넣은 용액의 삼투압(상댓값)이 16이므로 혼합 용액의 몰 농도는 $0.1 \text{ M} \times \frac{16}{25} = \frac{8}{125} \text{ M}$ 이며,

$$\frac{0.1 \text{ M} \times \frac{V}{1000} \text{ L} + 0.04 \text{ M} \times 0.15 \text{ L}}{\left(\frac{V}{1000} + 0.15 \right) \text{ L}} = \frac{8}{125} \text{ M에서 } V = 100$$

이다. 0.1 M A(aq) 100 mL에 0.04 M A(aq) 60 mL를 넣은 용액의 몰 농도는 $\frac{0.1 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} + 0.04 \text{ M} \times 0.06 \text{ L}}{(0.1 + 0.06) \text{ L}} = \frac{31}{400} \text{ M}$

이며, 삼투압은 몰 농도에 비례하므로 $25 : x = 0.1 : \frac{31}{400}$ 에서 $x = \frac{155}{8}$ 이다. 0.1 M A(aq) 100 mL에 c M A(aq) 100 mL

를 넣은 용액의 삼투압(상댓값)이 50이므로 혼합 용액의 몰 농도는 0.2 M이며, 같은 부피의 두 용액을 혼합했을 때 혼합 용액의 몰 농도는 두 용액의 몰 농도의 평균값이므로 $c = 0.3$ 이다. 0.1 M A(aq) 100 mL에 0.3 M A(aq) 150 mL를 넣은 용액의 몰 농도는 $\frac{0.1 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} + 0.3 \text{ M} \times 0.15 \text{ L}}{(0.1 + 0.15) \text{ L}} = \frac{11}{50} \text{ M}$ 이며, 삼투압

은 몰 농도에 비례하므로 $25 : y = 0.1 : \frac{11}{50}$ 에서 $y = 55$ 이다. 따

라서 $\frac{y}{x} = 55 \times \frac{8}{155} = \frac{88}{31}$ 이다.

16 용액의 삼투압

같은 온도의 수용액 (가)와 (나)는 부피와 삼투압이 같으므로 (가)와 (나)에 녹아 있는 전체 용질의 양(mol)이 같다. (가)에 X w g, (나)에 Y k g과 Z (w-k) g이 녹아 있을 때 두 용액 속 전체 용질의 양(mol)이 같으므로 $\frac{w}{2} = \frac{k}{1} + \frac{w-k}{6}$ 이다. $k = \frac{2w}{5}$ 이므로 (나)에 녹아 있는 $\frac{Z \text{의 질량}}{Y \text{의 질량}}$ 은 $\frac{3}{2}$ 이다.

17 용액의 증기 압력 내림

(가)에서 물과 A의 양을 각각 n mol, k mol이라고 하고, (가)~(다)에서 A의 몰 분율을 각각 $x_{A,(가)}, x_{A,(나)}, x_{A,(다)}$ 라고 하면 $x_{A,(가)}, x_{A,(나)}, x_{A,(다)}$ 는 각각 $\frac{k}{n+k}, \frac{k}{n+8+k}, \frac{k}{n+16+k}$ 이다.

✕. (가)~(다)의 증기 압력 내림을 각각 $\Delta P_{(가)}, \Delta P_{(나)}, \Delta P_{(다)}$ 라고 하면 $\Delta P_{(가)} : \Delta P_{(나)} : \Delta P_{(다)} = x_{A,(가)} : x_{A,(나)} : x_{A,(다)}$ 이며, $(\Delta P_{(가)} - \Delta P_{(나)}) : (\Delta P_{(가)} - \Delta P_{(다)}) = (x_{A,(가)} - x_{A,(나)}) : (x_{A,(가)} - x_{A,(다)}) = (658 - 655.2) : (660 - 655.2) = 2.8 : 4.8 = 7 : 12$ 이다.

$$\left(\frac{1}{n+k} - \frac{1}{n+8+k} \right) : \left(\frac{1}{n+k} - \frac{1}{n+16+k} \right) = \frac{8}{(n+k)(n+8+k)} : \frac{16}{(n+k)(n+16+k)} = \frac{1}{n+k+8} : \frac{2}{n+k+16} = 7 : 12 \text{이므로}$$

$(n+k+8) : (n+k+16) = 6 : 7$ 에서 $n+k = 40$ 이다.

Ⓒ. 용액의 증기 압력 내림(ΔP)의 비는 (가) : (나) = $\frac{k}{n+k} : \frac{k}{n+8+k} = \frac{k}{40} : \frac{k}{48} = 6 : 5$ 이다.

✕. 용액의 증기 압력 내림(ΔP)의 비가 (가) : (나) = 6 : 5이므로 물의 증기 압력(mmHg)을 P, (가)에서 증기 압력 내림(mmHg)을 6a라고 하면 $P - 6a = 655.2, P - 5a = 658$ 이다. 따라서 $a = 2.8$ 이므로 $P = 658 + 5 \times 2.8 = 672$ 이다.

18 삼투압과 용액의 몰 농도

같은 온도에서 용액의 삼투압은 용액의 몰 농도에 비례한다. 삼투압이 (나) > (가) > (다)이므로 몰 농도는 (나) > (가) > (다)이다.

✕. 몰 농도가 (나) > (가)이며, (가)와 (나)에 녹아 있는 용질의 종류가 같으므로 $\frac{\text{용질의 질량}}{\text{용액의 부피}}$ 은 (나) > (가)이다. 따라서 $\frac{\text{용질의 질량}}{\text{용액의 부피}}$

$= \frac{3w}{V}$ 인 ㉠이 (나)이고, $\frac{\text{용질의 질량}}{\text{용액의 부피}} = \frac{w}{V}$ 인 ㉡과 ㉢이 각각 (가)와 (다) 중 하나이다.

㉣ (가)와 (다)는 $\frac{\text{용질의 질량}}{\text{용액의 부피}} = \frac{w}{V}$ 로 같으며, 몰 농도가 (가) > (다)이므로 화학식량은 (다)에 녹아 있는 Y가 (가)에 녹아 있는 X보다 크다.

㉤ (가)와 (다)는 $\frac{\text{용질의 질량}}{\text{용액의 부피}}$ 이 같고 용액의 밀도가 같으므로 $\frac{\text{용질의 질량}}{\text{용액의 질량}}$ 이 같다. 따라서 (가)와 (다)의 퍼센트 농도는 같다.

19 용액의 삼투압

온도와 용액의 부피가 같을 때 삼투압은 용액 속 전체 용질의 양 (mol)에 비례한다.

㉠ 0.3 M 요소 수용액의 부피를 V mL, 0.1 M 포도당 수용액의 부피를 (100 - V) mL라고 하면 혼합 용액에 녹아 있는 요소와 포도당의 질량의 합은 $0.3 \text{ mol/L} \times \frac{V}{1000} \text{ L} \times 60 \text{ g/mol} + 0.1 \text{ mol/L} \times \frac{(100-V)}{1000} \text{ L} \times 180 \text{ g/mol} = 1.8 \text{ g}$ 으로 일정하다.

[다른 풀이] 포도당의 분자량이 요소의 분자량의 3배이므로 같은 부피의 0.3 M 요소 수용액과 0.1 M 포도당 수용액에 들어 있는 요소와 포도당의 질량은 같다. 두 수용액의 부피의 합이 100 mL로 일정한 혼합 용액에 녹아 있는 요소와 포도당의 질량의 합은 일정하며, 0.1 M 포도당 수용액 100 mL에 녹아 있는 포도당의 질량 $0.1 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} \times 180 \text{ g/mol} = 1.8 \text{ g}$ 과 같다. 0.3 M 요소 수용액 100 mL에 녹아 있는 요소의 질량 $0.3 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} \times 60 \text{ g/mol} = 1.8 \text{ g}$ 으로 구할 수도 있다.

㉡ 삼투압(상대습)이 13인 Q에서 $\frac{\text{요소 수용액의 부피}}{\text{포도당 수용액의 부피}} = 4$ 이므로 요소 수용액과 포도당 수용액의 부피는 각각 80 mL, 20 mL이며, 전체 용질의 양은 $0.3 \text{ M} \times 0.08 \text{ L} + 0.1 \text{ M} \times 0.02 \text{ L} = \frac{26}{1000} \text{ mol}$ 이다. 삼투압(상대습)이 10인 P에서 포도당 수용액의 부피를 V_1 mL라고 하면 $0.3 \text{ M} \times \frac{(100-V_1)}{1000} \text{ L} + 0.1 \text{ M} \times \frac{V_1}{1000} \text{ L} = \frac{20}{1000} \text{ mol}$ 에서 $V_1 = 50$ 이다. 혼합 용액을 만드는 데 넣은 포도당 수용액의 부피가 P와 Q에서 각각 50 mL, 20 mL이므로 Q에서가 P에서의 $\frac{2}{5}$ 배이다.

㉢ 삼투압(상대습)이 11일 때의 포도당 수용액의 부피를 V_2 mL라고 하면 $0.3 \text{ M} \times \frac{(100-V_2)}{1000} \text{ L} + 0.1 \text{ M} \times \frac{V_2}{1000} \text{ L} = \frac{22}{1000} \text{ mol}$ 에서 $V_2 = 40$ 이다. x 는 $\frac{60 \text{ mL}}{40 \text{ mL}} = \frac{3}{2}$ 이다.

20 용액의 끓는점 오름

수용액의 끓는점 오름은 몰랄 농도에 비례한다.

㉠ 용질 A와 B의 화학식량을 각각 M_A , M_B 라고 하면 용

액 (가)와 (나)의 몰랄 농도는 각각 $\frac{\frac{a \text{ g}}{M_A \text{ g/mol}}}{0.25 \text{ kg}} = \frac{4a}{M_A} \text{ m}$,

$\frac{\frac{0.2a \text{ g}}{M_B \text{ g/mol}}}{0.1 \text{ kg}} = \frac{2a}{M_B} \text{ m}$ 이며, $\frac{2}{M_A} : \frac{1}{M_B} = 2 : 3$ 이므로 M_A 는 M_B 의 3배이다.

㉡ (가)와 (나)에 물 w g을 추가한 용액의 몰랄 농도가 같으

로 A와 B의 화학식량을 각각 $3k$, k 라고 하면 $\frac{\frac{a}{3k}}{\frac{250+w}{1000}} =$

$\frac{0.2a}{k}$, $3(250+w) = 5(100+w)$ 에서 $w = 125$ 이다.

㉢ 용질의 양 (mol)이 같을 때 몰랄 농도는 용매의 질량에 반비례한다. 물 100 g에 용질이 녹아 있는 용액 (나)에 물 $2w$ g (=250 g)을 추가하여 물의 질량이 350 g이 되면 몰랄 농도의 비는 추가 전 : 추가 후 = $\frac{1}{100} : \frac{1}{350} = 7 : 2$ 이다. 끓는점 오름은 몰랄 농도에 비례하므로 $3 : x = 7 : 2$ 에서 $x = \frac{6}{7}$ 이다.

04 반응 엔탈피

수능 2점 테스트

본문 77~79쪽

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

01 반응열과 화학 반응식

(가)는 냉각 팩의 반응이므로 주위의 온도가 낮아지는 흡열 반응,
(나)는 손난로의 반응이므로 주위의 온도가 높아지는 발열 반응이다.
Ⓐ. (가)는 흡열 반응이다.
ⓧ. (나)는 발열 반응이므로 엔탈피 합은 생성물이 반응물보다 작다.
Ⓒ. 발열 반응이 진행되면 주위로 열을 방출하므로 주위의 온도는 높아진다.

02 열화학 반응식과 생성 엔탈피

반응의 진행에 따른 엔탈피 그림에서 엔탈피는 반응물 A(g)가 생성물 B(g)보다 크므로 반응 $A(g) \rightarrow B(g)$ 은 발열 반응이고 $x < 0$ 이다.
ⓧ. 반응 엔탈피(ΔH)=(생성물의 엔탈피 합)-(반응물의 엔탈피 합)이므로 $x = b - a$ 이다.
Ⓒ. 반응 엔탈피(ΔH)=(생성물의 생성 엔탈피 합)-(반응물의 생성 엔탈피 합)이고 반응 $A(g) \rightarrow B(g)$ 의 반응 엔탈피는 0보다 작으므로 생성 엔탈피는 A(g)가 B(g)보다 크다.
Ⓒ. 1 mol의 A(g)가 반응하여 1 mol의 B(g)가 생성될 때, $|x|$ kJ의 열을 방출하므로 2 mol의 A(g)가 반응하여 2 mol의 B(g)가 생성될 때, $|2x|$ kJ의 열을 방출한다.

03 열화학 반응식

Ⓐ. 주어진 반응에서 $\Delta H < 0$ 이므로 주위로 열을 방출하는 발열 반응이다.
Ⓒ. 반응 $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(l)$ 의 반응 엔탈피(ΔH)가 $H_2O(l)$ 의 생성 엔탈피이다. 따라서 $H_2O(l)$ 의 생성 엔탈피는 $\frac{1}{2} \times (-571) = -285.5$ (kJ/mol)이다.
Ⓒ. $H_2(g)$ 2 mol이 반응하여 $H_2O(l)$ 2 mol이 생성될 때, 반응 엔탈피(ΔH)는 -571 kJ이다. H_2 2 mol에 해당하는 질량이 4 g, H_2O 2 mol에 해당하는 질량이 36 g이므로 $H_2(g)$ 4 g이 모두 반응하여 $H_2O(l)$ 36 g이 생성될 때, 반응 엔탈피(ΔH)는 -571 kJ이다.

04 결합 에너지와 반응 엔탈피

NH_3 , N_2 , N_2H_4 의 구조식은 다음과 같다.



반응 엔탈피(ΔH)=(반응물의 결합 에너지 총합)-(생성물의 결합 에너지 총합)이므로
반응 $4NH_3(g) + N_2(g) \rightarrow 3N_2H_4(g)$ 에서
 $\Delta H = 12 \times (\text{N}-\text{H} \text{의 결합 에너지}) + (\text{N} \equiv \text{N} \text{의 결합 에너지}) - 3 \times (\text{N}-\text{N} \text{의 결합 에너지}) - 12 \times (\text{N}-\text{H} \text{의 결합 에너지}) = (\text{N} \equiv \text{N} \text{의 결합 에너지}) - 3 \times (\text{N}-\text{N} \text{의 결합 에너지}) = 945 - 3 \times 240 = 225$ (kJ)이다.

05 생성 엔탈피와 헤스 법칙

ⓧ. 반응 $\frac{1}{2}N_2(g) + O_2(g) \rightarrow NO_2(g)$ 의 반응 엔탈피(ΔH)는 $NO_2(g)$ 의 생성 엔탈피,
반응 $\frac{1}{2}N_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow NO(g)$ 의 반응 엔탈피(ΔH)는 $NO(g)$ 의 생성 엔탈피이므로 $NO_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 $\frac{a}{2}$ kJ/mol, $NO(g)$ 의 생성 엔탈피는 $\frac{a+b}{2}$ kJ/mol이다. 따라서 생성 엔탈피는 $NO_2(g)$ 가 $NO(g)$ 보다 작다.
[다른 풀이] $NO_2(g)$ 와 $NO(g)$ 의 생성 엔탈피는 $N_2(g)$ 와 $O_2(g)$ 로부터 $NO_2(g)$ 와 $NO(g)$ 가 각각 생성될 때의 반응 엔탈피(ΔH)이고, 엔탈피는 $NO(g)$ 가 $NO_2(g)$ 보다 크므로 생성 엔탈피는 $NO_2(g)$ 가 $NO(g)$ 보다 작다.
Ⓒ. $NO(g)$ 의 생성 엔탈피는 $\frac{a+b}{2}$ kJ/mol이다.
ⓧ. $NO(g)$ 와 $O_2(g)$ 의 엔탈피 합이 $NO_2(g)$ 의 엔탈피보다 크므로 $NO(g)$ 와 $O_2(g)$ 가 반응하여 $NO_2(g)$ 가 생성되는 반응은 발열 반응이다.

06 생성 엔탈피

주어진 생성 엔탈피(ΔH) 자료를 이용한 열화학 반응식은 다음과 같다.
 $\frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow O(g) \quad \Delta H = a$ kJ이므로
 $O(g) \rightarrow \frac{1}{2}O_2(g) \quad \Delta H = -a$ kJ ... ①
 $\frac{3}{2}O_2(g) \rightarrow O_3(g) \quad \Delta H = b$ kJ ... ②
식 ①+②에서
 $O_2(g) + O(g) \rightarrow O_3(g) \quad \Delta H = (-a+b)$ kJ
이므로 $x = -a+b$ 이다.

07 생성 엔탈피와 헤스 법칙

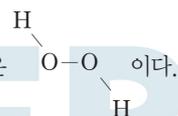
반응 엔탈피(ΔH)=(생성물의 생성 엔탈피 합)-(반응물의 생성 엔탈피 합)이므로

$C_2H_4(g) + 3O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g) + 2H_2O(l)$ $\Delta H = c$ kJ에서 $c = (2 \times H_2O(l)$ 의 생성 엔탈피) + $(2 \times CO_2(g)$ 의 생성 엔탈피) - $(C_2H_4(g)$ 의 생성 엔탈피)이다. 주어진 열화학 반응식에서 $CO_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 a kJ/mol, $C_2H_4(g)$ 의 생성 엔탈피는 b kJ/mol이다. $H_2O(l)$ 의 생성 엔탈피를 x kJ/mol이라고 하면 $c = 2x + 2a - b$ 이므로 $x = \frac{-2a + b + c}{2}$ 이다.

08 결합 에너지와 헤스 법칙

㉠ 반응 $2H_2(g) + 2O_2(g) \longrightarrow 4H(g) + 4O(g)$ 의 반응 엔탈피(ΔH)는 H-H 결합 2 mol과 O=O 결합 2 mol을 끊는데 필요한 에너지이다. 결합 에너지는 H-H가 436 kJ/mol, O=O가 498 kJ/mol이므로 $a = 436 \times 2 + 498 \times 2 = 1868$ 이다.

㉡ 반응 $2H_2O(g) \longrightarrow 4H(g) + 2O(g)$ 의 반응 엔탈피(ΔH)는 O-H 결합 4 mol이 끊어질 때의 에너지 변화이다. O-H의 결합 에너지는 460 kJ/mol이므로 $b = 4 \times 460 = 1840$ 이다.

㉢ H_2O_2 의 구조식은 이다.

$2H_2O_2(g) \longrightarrow 4H(g) + 4O(g)$ 의 반응 엔탈피(ΔH)는 O-H 결합 4 mol과 O-O 결합 2 mol이 끊어질 때의 에너지 변화이다. $2200 = 4 \times 460 + 2x$ 이므로 $x = 180$ 이다.

09 헤스 법칙

ㄱ. 반응 $C(s, \text{흑연}) + O_2(g) \longrightarrow C(g) + 2O(g)$ 의 반응 엔탈피(ΔH)는 C(s, 흑연)의 승화 엔탈피와 O=O 결합의 결합 에너지를 더한 값이다. 따라서 O=O의 결합 에너지는 a kJ/mol보다 작다.

㉠ C(s, 흑연), C(s, 다이아몬드)와 같이 동소체가 존재할 경우 가장 안정한 물질의 생성 엔탈피가 0이다. C(s, 흑연)의 생성 엔탈피가 0이므로 C(s, 다이아몬드)의 생성 엔탈피는 0보다 크다. 따라서 $b > 0$ 이다.

㉡ 반응물의 종류와 상태, 생성물의 종류와 상태가 같으면 반응 경로에 관계없이 반응 엔탈피의 총합은 일정하다.

$\Delta H_1 + \Delta H_3$ 과 $\Delta H_2 + \Delta H_4$ 에서 반응물은 C(s, 흑연)과 $O_2(g)$ 이고 생성물은 $CO_2(g)$ 로 동일하다. 따라서 $a + c = b + d$ 이다.

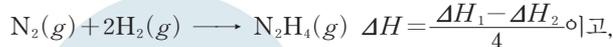
10 열화학 반응식과 헤스 법칙

ㄱ. (가)에서 $\Delta H_1 > 0$ 이므로 엔탈피(H)의 합은 반응물이 생성물보다 작다.

㉠ (나)에서 $\Delta H_2 > 0$ 이므로 결합 에너지의 총합은 반응물이 생성물보다 크다.



식 ①-②에서



$\Delta H_1 > \Delta H_2 > 0$ 이므로 $N_2H_4(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)는 0보다 크다.

11 반응열과 반응 엔탈피

㉠ I에서 X(s)를 물에 녹이면 온도가 높아지므로 X(s)가 물에 용해되는 반응은 발열 반응이다. 따라서 X(s)가 물에 용해되는 반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 0보다 작다.

ㄱ. II에서 Y(s)를 물에 녹이면 온도가 낮아지므로 Y(s)가 물에 용해되는 반응은 흡열 반응이다.

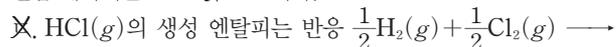
㉡ 100 g의 물에 X(s)와 Y(s)를 각각 1 g씩 녹인 실험 I과 II에서 온도 변화는 I에서가 II에서보다 크다. 따라서 같은 질량의 X(s)와 Y(s)가 각각 물에 용해될 때, 열의 출입량은 X(s)에서가 Y(s)에서보다 크다.

12 반응열과 화학 반응식

㉠ 반응 $H(g) + H(g) \longrightarrow H_2(g)$ 은 H-H 결합이 형성되는 반응으로 에너지를 방출하므로 $a < 0$ 이다.

반응 $Cl_2(g) \longrightarrow Cl(g) + Cl(g)$ 은 Cl-Cl 결합을 끊을 때 필요한 에너지를 흡수하므로 $b > 0$ 이다. 따라서 $a \times b < 0$ 이다.

ㄱ. $H(g) + Cl(g) \longrightarrow HCl(g)$ $\Delta H = c$ kJ이므로 H-Cl의 결합 에너지는 $-c$ kJ/mol이다.



$HCl(g)$ 의 반응 엔탈피이고, $\Delta H = (\text{반응물의 결합 에너지 총합}) - (\text{생성물의 결합 에너지 총합})$ 이므로 이 자료로부터 구한

$HCl(g)$ 의 생성 엔탈피는 $\frac{-a + b + 2c}{2}$ kJ/mol이다.

수능 3점 테스트

본문 80~85쪽

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

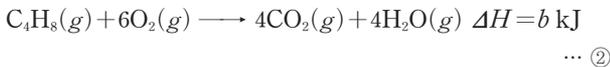
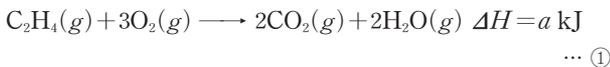
01 생성 엔탈피와 결합 에너지

반응 엔탈피(ΔH)=(생성물의 생성 엔탈피 합)-(반응물의 생성 엔탈피 합)이고 $\text{CH}_4(g)$, $\text{CO}_2(g)$, $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 생성 엔탈피가 주어졌으므로 주어진 문항은 CH_4 의 연소 반응과 관계가 있음을 알 수 있다. $\text{CH}_4(g)$ 이 연소되는 반응의 열화학 반응식은 다음과 같다.

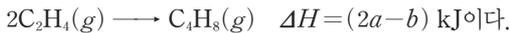


생성 엔탈피를 이용한 $\Delta H = (a + 2 \times b - x)$ kJ이고, 결합 에너지를 이용한 $\Delta H = (4 \times 410 + 2 \times 500 - 2 \times 800 - 4 \times 460)$ kJ = -800 kJ이다. 따라서 $\Delta H = a + 2 \times b - x = -800$ 이므로 $x = a + 2b + 800$ 이다.

02 결합 에너지와 반응 엔탈피



식 $2 \times \textcircled{1} - \textcircled{2}$ 에서

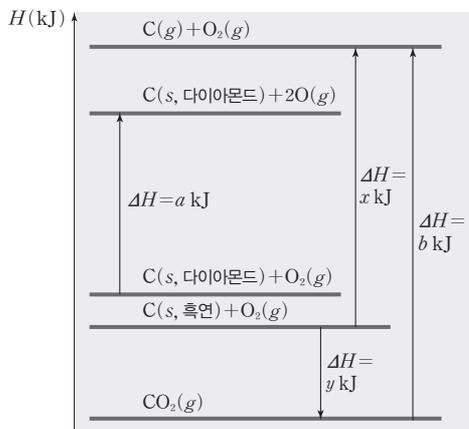


$\Delta H =$ (반응물의 결합 에너지 총합)-(생성물의 결합 에너지 총합)이므로 $2a - b = 2 \times (\text{C}=\text{C} \text{의 결합 에너지}) + 8 \times (\text{C}-\text{H} \text{의 결합 에너지}) - (\text{C}=\text{C} \text{의 결합 에너지}) - 2 \times (\text{C}-\text{C} \text{의 결합 에너지}) - 8 \times (\text{C}-\text{H} \text{의 결합 에너지})$ 이다. 따라서 $2 \times (\text{C}-\text{C} \text{의 결합 에너지}) - (\text{C}=\text{C} \text{의 결합 에너지})$ 는 $(-2a + b)$ kJ/mol이다.

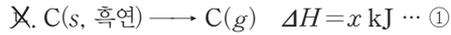
03 헤스 법칙과 열화학 반응식

$\text{C}(s, \text{흑연})$ 의 생성 엔탈피가 0이므로 생성 엔탈피는 $\text{C}(s, \text{다이아몬드})$ 가 $\text{C}(s, \text{흑연})$ 보다 크다.

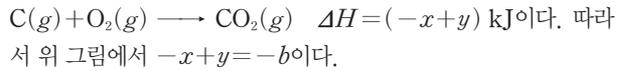
그림은 $\text{C}(s, \text{흑연})$ 의 엔탈피를 추가하여 몇 가지 반응의 반응 엔탈피(ΔH)를 나타낸 것이다.



$\textcircled{1}$ 반응 $\text{C}(s, \text{흑연}) \longrightarrow \text{C}(g)$ 의 $\Delta H = x$ kJ이고, 위 그림에서 $x > a$ 이다.



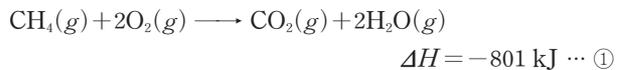
식 $\textcircled{2} - \textcircled{1}$ 에서



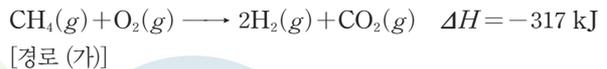
$\text{X. } \text{C}(g) + \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{CO}_2(g) \quad \Delta H = (-x + y) \text{ kJ}$ 에서 ΔH 는 (O=O의 결합 에너지) - $2 \times$ (C=O의 결합 에너지)로 구할 수 있다. 또한 그림에서 O=O의 결합 에너지는 a kJ/mol이다. 따라서 $-x + y = a - 2 \times (\text{C}=\text{O} \text{의 결합 에너지})$ 이다.

C=O의 결합 에너지는 $\frac{x - y + a}{2}$ kJ/mol이다.

04 헤스 법칙



식 $\textcircled{1} - \textcircled{2}$ 에서



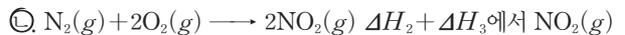
[경로 (나)]

$\text{CH}_4(g) + \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{C}(s, \text{흑연}) + 2\text{H}_2\text{O}(g)$ 에서 헤스 법칙에 의해 경로 (가)와 (나)의 반응 엔탈피의 총합은 같으므로, $x = -317 + (-90) = -407$ 이다.

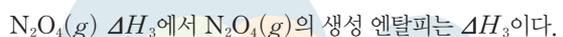
05 반응 엔탈피와 헤스 법칙



$\Delta H_1 \neq \Delta H_2 + \Delta H_3$ 이다.



의 생성 엔탈피는 $\frac{\Delta H_2 + \Delta H_3}{2}$ 이고, $\text{N}_2(g) + 2\text{O}_2(g) \longrightarrow$



$\Delta H_2 > \Delta H_3 > 0$ 이므로 $\frac{\Delta H_2 + \Delta H_3}{2} > \Delta H_3$ 이다.

$\text{X. } 2\text{NO}(g) + \text{O}_2(g) \longrightarrow 2\text{NO}_2(g)$ 의 반응 엔탈피(ΔH)는 $-\Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$ 이다.

06 생성 엔탈피와 결합 에너지

반응 엔탈피(ΔH)=(생성물의 생성 엔탈피 합)-(반응물의 생성 엔탈피 합)이므로 x 를 구하기 위해 $\text{C}_2\text{H}_4(g)$, $\text{CO}_2(g)$, $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 생성 엔탈피를 알아야 한다. 자료에서 $\text{C}_2\text{H}_4(g)$, $\text{CO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피가 주어졌으므로 x 를 구하기 위해

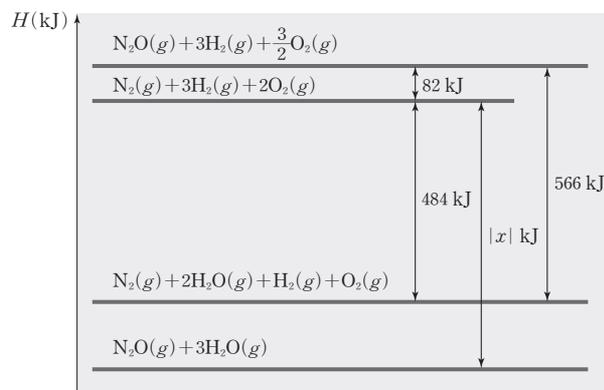
$\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 생성 엔탈피를 이용해야 한다. 또한 $\text{O}(g)$ 의 생성 엔탈피(249 kJ/mol)는 $\text{O}=\text{O}$ 의 결합 에너지의 $\frac{1}{2}$ 이다.

반응 $\text{H}_2(g) + \frac{1}{2}\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(g)$ 의 ΔH 가 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 생성 엔탈피이므로 ΔH 를 결합 에너지를 이용해 구하면,

$\Delta H = (\text{H}-\text{H}$ 의 결합 에너지) + $\frac{1}{2} \times (\text{O}=\text{O}$ 의 결합 에너지) - $2 \times (\text{O}-\text{H}$ 의 결합 에너지)이다. 따라서 $\text{H}-\text{H}$ 의 결합 에너지(γ)와 $\text{O}-\text{H}$ 의 결합 에너지(ϵ) 자료를 이용해야 한다.

07 생성 엔탈피와 헤스 법칙

헤스 법칙에 의해 반응에 대한 물질의 엔탈피(H)는 다음과 같다.



㉠ $2\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g) \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}(g) \quad \Delta H = -484 \text{ kJ}$ 이므로 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 생성 엔탈피는 -242 kJ/mol 이다.

㉡ $\text{N}_2(g) + \frac{1}{2}\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{N}_2\text{O}(g) \quad \Delta H = 82 \text{ kJ}$ 이므로 $\text{N}_2\text{O}(g)$ 의 생성 엔탈피는 82 kJ/mol 이다.

㉢ $\text{H}_2(g) + \frac{1}{2}\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(g) \quad \Delta H = -242 \text{ kJ} \dots \text{①}$

$\text{N}_2(g) + \frac{1}{2}\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{N}_2\text{O}(g) \quad \Delta H = 82 \text{ kJ} \dots \text{②}$

식 ①+②에서

$\text{N}_2(g) + \text{H}_2(g) + \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{N}_2\text{O}(g) + \text{H}_2\text{O}(g) \quad \Delta H = -160 \text{ kJ}$

이다. 따라서 $x = -484 - 160 = -644$ 이다.

08 결합 에너지와 헤스 법칙

$2\text{N}_2\text{O}(g) \longrightarrow 2\text{N}_2(g) + \text{O}_2(g) \quad \Delta H = x \text{ kJ} \dots \text{①}$

$2\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g) \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}(g) \quad \Delta H = y \text{ kJ} \dots \text{②}$

식 ①-3×②에서

$2\text{N}_2\text{O}(g) + 6\text{H}_2\text{O}(g) \longrightarrow 2\text{N}_2(g) + 4\text{O}_2(g) + 6\text{H}_2(g) \quad \Delta H = (x-3y) \text{ kJ} \dots \text{③}$

$2\text{NH}_3(g) + 2\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{N}_2\text{O}(g) + 3\text{H}_2\text{O}(g) \quad \Delta H = -552 \text{ kJ} \dots \text{④}$

식 ③+2×④에서

$4\text{NH}_3(g) \longrightarrow 2\text{N}_2(g) + 6\text{H}_2(g) \quad \Delta H = (x-3y-1104) \text{ kJ} \dots \text{⑤}$

결합 에너지를 이용하여 구한 ⑤의 $\Delta H = (12c-2a-6b) \text{ kJ}$ 이므로 $x-3y-1104 = -2a-6b+12c$ 이다. 따라서 $x-3y = -2a-6b+12c+1104$ 이다.

09 생성 엔탈피와 반응 엔탈피

$\text{O}_3(g)$ 과 $\text{O}(g)$ 의 생성 엔탈피를 열화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.

$\frac{3}{2}\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{O}_3(g) \quad \Delta H = x \text{ kJ} \dots \text{①}$

$\frac{1}{2}\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{O}(g) \quad \Delta H = y \text{ kJ} \dots \text{②}$

$\text{O}_3(g) \longrightarrow \text{O}_2(g) + \text{O}(g) \quad \Delta H = 106 \text{ kJ} \dots \text{③}$

㉠ 식 ①+③에서

$\frac{1}{2}\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{O}(g) \quad \Delta H = (x+106) \text{ kJ}$ 이다.

반응 $\frac{1}{2}\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{O}(g)$ 의 ΔH 는 $\text{O}=\text{O}$ 결합 에너지의 $\frac{1}{2}$ 이고 결합 에너지는 양수이므로 $x+106 > 0$ 이다. 따라서 $x > -106$ 이다.

㉡ 식 ②와 식 ①+③에서 $y = x+106$ 이므로 $x-y = -106$ 이다.

㉢ 식 2×②+③에서

$\text{O}_3(g) \longrightarrow 3\text{O}(g) \quad \Delta H = (2y+106) \text{ kJ}$ 이므로 $\text{O}_3(g)$ 1 mol의 공유 결합을 모두 끊는 데 필요한 에너지는 $(2y+106) \text{ kJ}$ 이다.

10 결합 에너지

$\text{H}_2(g) + \text{F}_2(g) \longrightarrow 2\text{HF}(g) \quad \Delta H$ 에서 $\text{H}-\text{F}$ 의 결합 에너지를 $x \text{ kJ/mol}$ 이라고 하면 결합 에너지를 이용하여 구한 $\Delta H = (436+160-2x) \text{ kJ}$ 이다.

$2\text{HOF}(g) \longrightarrow 2\text{HF}(g) + \text{O}_2(g) \quad \Delta H = -850 \text{ kJ}$ 에서 반응 엔탈피(ΔH)=(생성물의 생성 엔탈피 합)-(반응물의 생성 엔탈피 합)이므로 $-850 = 596 - 2x - 2a$, $x = -a + 723$ 이다. 따라서 이 자료로부터 구한 $\text{H}-\text{F}$ 의 결합 에너지(kJ/mol)는 $-a + 723$ 이다.

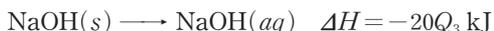
11 헤스 법칙

㉠ I은 $\text{H}^+(aq)$ 0.05 mol과 $\text{OH}^-(aq)$ 0.05 mol이 반응하여 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 0.05 mol이 생성되는 반응이다. 따라서 1 mol의 $\text{H}^+(aq)$ 과 1 mol의 $\text{OH}^-(aq)$ 이 반응하여 1 mol의 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 생성되는 반응의 열화학 반응식은 다음과 같다.

$\text{H}^+(aq) + \text{OH}^-(aq) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(l) \quad \Delta H = -20Q_1 \text{ kJ}$

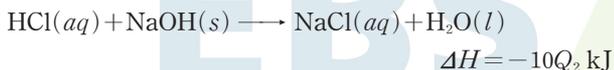
㉔. Ⅲ은 $\text{NaOH}(s) \xrightarrow{\frac{2}{40}} 0.05 \text{ mol}$ 이 물에 용해되는 반응이다.

따라서 1 mol의 $\text{NaOH}(s)$ 이 물에 용해되는 반응의 열화학 반응식은 다음과 같다.

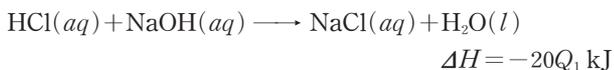


따라서 $\text{NaOH}(s)$ 1 mol이 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 에 용해될 때, $20Q_3$ kJ의 에너지를 방출한다.

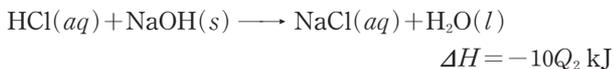
㉕. Ⅱ에서 반응하는 H^+ 의 양(mol)은 $1 \times 0.1 = 0.1$, OH^- 의 양(mol)은 $\frac{4}{40} = 0.1$ 이므로 이 반응의 열화학 반응식은 다음과 같다.



[경로 (가)]



[경로 (나)]

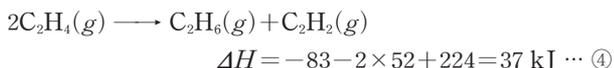


헤스 법칙에 의해 경로 (가)와 (나)의 반응 엔탈피의 총합은 같으므로 $-10Q_2 = -20Q_1 + (-20Q_3)$, $Q_2 = 2Q_1 + 2Q_3$ 이다.

12 결합 에너지와 헤스 법칙



식 ① - 2 × ② + ③에서



결합 에너지를 이용하여 구한 ④의 ΔH 는 $2 \times (\text{C}=\text{C}$ 의 결합 에너지) - ($\text{C}-\text{C}$ 의 결합 에너지) - ($\text{C}\equiv\text{C}$ 의 결합 에너지) = $(2y - x - z)$ kJ이다. 따라서 $x - 2y + z = -37$ 이다.

05 화학 평형과 평형 이동

수능 2점 테스트

본문 97~101쪽

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

01 화학 평형

㉑. $\text{X}(g) \sim \text{Z}(g)$ 가 화학 평형을 이루고 있으므로 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어나고 있다.

㉒. 일정한 온도에서 평형 상태에 있을 때 반응물의 농도 곱에 대한 생성물의 농도 곱의 비가 농도로 정의되는 평형 상수이므로 $K = \frac{[\text{Y}][\text{Z}]}{[\text{X}]}$ 이다.

㉓. 평형 상태에서 정반응 속도와 역반응 속도가 같으므로 반응물과 생성물의 양(mol)이 일정하다. 온도와 부피가 일정하므로 전체 기체의 압력은 일정하게 유지된다.

02 H₂O의 상평형 그림

H₂O의 상평형 그림에서 용해 곡선의 기울기는 음(-)의 값을 갖는다.

㉔. $t^\circ\text{C}$, $P \text{ atm}$ 은 삼중점이므로 안정한 상이 기체, 액체, 고체, 3가지이다.

㉕. 1 atm에서 용해 곡선 위의 온도인 어는점은 $t^\circ\text{C}$ 보다 낮다.

㉖. 1 atm일 때 어는점보다 높은 $t^\circ\text{C}$ 에서 안정한 상은 액체이다.

03 물 분율과 평형 상수

㉑. 각 기체의 몰 분율의 합은 1이다. $\text{A}(g)$ 와 $\text{B}(g)$ 의 몰 분율이 각각 $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$ 이므로 $\text{C}(g)$ 의 몰 분율은 $1 - \frac{1}{2} - \frac{1}{4} = \frac{1}{4}$ 이다.

㉒. $\text{A}(g) \sim \text{C}(g)$ 가 화학 평형을 이루고 있으므로 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어나고 있다.

㉓. $\text{A}(g) \sim \text{C}(g)$ 의 몰 분율이 각각 $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{4}$ 이므로 $\text{A}(g) \sim \text{C}(g)$ 의 몰 농도를 각각 $\frac{1}{2}a \text{ M}$, $\frac{1}{4}a \text{ M}$, $\frac{1}{4}a \text{ M}$ 라고 하면

$$K = \frac{[\text{C}]^2}{[\text{A}][\text{B}]} = \frac{\left(\frac{1}{4}a\right)^2}{\frac{1}{2}a \times \frac{1}{4}a} = \frac{1}{2}$$

04 평형 상수

$\text{A}(g) \sim \text{C}(g)$ 의 몰 농도는 각각 $\frac{1}{V} \text{ M}$, $\frac{2}{V} \text{ M}$, $\frac{3}{V} \text{ M}$ 이다.

$$K = \frac{[C]^2}{[A][B]^3} = \frac{\left(\frac{3}{V}\right)^2}{\frac{1}{V} \times \left(\frac{2}{V}\right)^3} = \frac{9V^2}{8} = 200 \text{ 이므로 } V^2 = \frac{1600}{9},$$

$$V = \frac{40}{3} \text{ 이다.}$$

05 화학 평형

초기에서 평형에 도달하기까지 반응물이 증가한 양은 A(g)가 0.1 mol, B(g)가 0.2 mol이므로 반응 몰비는 A(g) : B(g) = 1 : 2이고, b=2이다.

㉠ 반응 계수비가 A(g) : C(g) = 1 : 2이므로 A(g)가 0.1 mol 증가할 때 C(g)는 0.2 mol 감소한다. 따라서 $x = 0.8 - 0.2 = 0.6$ 이고, $b \times x = 1.2$ 이다.

㉡ 평형에 도달하기 전까지 반응물인 A(g)와 B(g)의 양(mol)이 증가하므로 역반응이 우세하게 진행된다.

㉢ 용기의 부피가 10 L이므로 $K = \frac{[C]^2}{[A][B]^2} = \frac{0.06^2}{0.03 \times 0.06^2} = \frac{100}{3}$ 이다.

06 CO₂의 상평형 그림

㉠ 증기 압력 곡선의 기울기가 양(+)의 값을 가지므로 삼중점의 압력보다 높은 P atm에서 끓는점은 삼중점의 온도(-56.6°C)보다 높다.

㉡ 용해 곡선의 기울기가 양(+)의 값을 가지므로 삼중점의 온도(-56.6°C), 삼중점의 압력보다 높은 P atm에서 안정한 상은 고체이다.

㉢ 삼중점의 압력보다 낮은 1 atm에서는 액체가 안정한 상으로 존재할 수 없다.

07 온도와 평형 상수

두 강철 용기의 부피가 각각 1 L이므로 (가)에서 A(g)와 B(g)의 몰 농도는 각각 a M, b M이고, (나)에서 A(g)와 B(g)의 몰 농도는 각각 x M, y M이다.

㉡ (가)는 A(g)와 B(g)가 화학 평형을 이루고 있으므로 정반응 속도와 역반응 속도가 같다.

㉢ T₁ K에서 $K = \frac{[B]}{[A]} = \frac{b}{a}$ 이다.

㉣ 반응 $A(g) \rightleftharpoons B(g)$ 은 흡열 반응($\Delta H > 0$)이므로 온도가 높은 T₁ K에서 평형 상수($\frac{b}{a}$)가 T₂ K에서 평형 상수($\frac{y}{x}$)보다 크다. 따라서 $b \times x > a \times y$ 이다.

08 평형 상수

평형에 도달했을 때 생성된 B(g)의 양을 x mol이라고 하면 기체의 양(mol) 변화는 다음과 같다.

$$2A(g) \rightleftharpoons B(g) + C(g)$$

초기(mol)	4	0	0
반응(mol)	-2x	+x	+x
평형(mol)	4-2x	x	x

용기의 부피를 V L라고 하면, 평형 상수

$$K = \frac{[B][C]}{[A]^2} = \frac{\left(\frac{x}{V}\right)^2}{\left(\frac{4-2x}{V}\right)^2} = \frac{1}{4} \text{ 이므로 } x=1 \text{ 이다. 따라서 평형}$$

에서 A(g)~C(g)의 양(mol)은 각각 2, 1, 1이고, B(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{2+1+1} = \frac{1}{4}$ 이다.

09 평형 상수

초기에서 평형에 도달할 때까지 증가한 B(g)의 몰 농도를 x M라고 하면 몰 농도의 변화는 다음과 같다.

$$2A(g) \rightleftharpoons B(g) + C(g)$$

초기(M)	1.6	0.6	0.2
반응(M)	-2x	+x	+x
평형(M)	a	b	2a

$2(1.6 - 2x) = 0.2 + x = 2a$ 이므로 $x = 0.6$, $a = 0.4$ 이고, 평형에서 A(g)~C(g)의 몰 농도(M)는 각각 0.4, 1.2(=b), 0.8이다.

$$K = \frac{[B][C]}{[A]^2} = \frac{1.2 \times 0.8}{0.4^2} = 6 \text{ 이므로 } \frac{K}{b} = \frac{6}{1.2} = 5 \text{ 이다.}$$

10 온도 변화에 의한 평형 이동

화학 반응이 평형 상태일 때 온도를 낮추면 열을 방출하는 발열 반응 쪽으로 평형이 이동한다.

㉠ NO₂(g)는 적갈색이고, N₂O₄(g)는 무색이므로 [NO₂]가 클수록 적갈색이 진하다. 따라서 [NO₂]는 25°C에서가 0°C에서보다 크다.

㉡ 온도를 낮추었을 때 반응물인 NO₂(g)의 농도가 작아져 전체 기체의 색깔이 옅어졌으므로 정반응 쪽으로 평형 이동하였다. 따라서 정반응은 발열 반응($\Delta H < 0$)이다.

㉢ 발열 반응은 온도가 높을 때(25°C)가 온도가 낮을 때(0°C)보다 평형 상수(K)가 작다.

11 상평형 그림

㉡ t₂°C, P₂ atm에서 안정한 상은 기체, 1가지이다.

㉢ P₁ atm에서 끓는점은 증기 압력 곡선 위의 온도인 t₂°C이다.

㉣ 용해 곡선의 기울기가 음(-)의 값을 가지는 상평형 그림에서, t₁°C에서 액체와 고체가 안정한 상인 압력 P₁ atm과 기체와 고

체가 안정한 상인 압력 P_2 atm의 평균인 압력 $\frac{P_1+P_2}{2}$ atm에서 안정한 상은 고체이다.

12 르사틀리에 원리

화학 반응이 평형 상태에 있을 때 농도, 온도, 압력의 반응 조건을 변화시키면, 그 변화를 상쇄하는 방향으로 반응이 우세하게 진행되어 새로운 평형에 도달한다.

㉠ 피스톤을 고정하고 A(g)를 추가하면 반응물의 농도가 증가하므로 정반응이 우세하게 진행된다.

㉡ 피스톤에 추를 올리면 기체의 부피가 감소하면서 기체의 압력이 증가한다. 화학 반응식에서 반응물의 계수 합(3+1)이 생성물의 계수(2)보다 크므로 전체 기체 분자 수가 감소하는 방향인 정반응이 우세하게 진행된다.

✕ 촉매는 평형을 이동시키지 않으므로 고체 정촉매를 첨가하여도 정반응이 우세하게 진행되지 않는다.

13 몰 분율과 평형 상수

평형에 도달했을 때 생성된 C(g)의 양을 x mol이라고 하면 기체의 양(mol) 변화는 다음과 같다.

	$A(g) + B(g) \rightleftharpoons C(g)$		
초기(mol)	5	5	0
반응(mol)	$-x$	$-x$	$+x$
평형(mol)	$5-x$	$5-x$	x

이때 C(g)의 몰 분율은 $\frac{x}{10-x} = \frac{2}{3}$ 이므로 $x=4$ 이고, 평형에서 A(g)~C(g)의 양(mol)은 각각 1, 1, 4이다. 강철 용기의 부피가

100 L이므로 평형 상수 $K = \frac{[C]}{[A][B]} = \frac{\frac{4}{100}}{\frac{1}{100} \times \frac{1}{100}} = 400$ 이다.

14 압력 변화에 의한 평형 이동

꼭지를 열면 기체의 부피는 2배가 되고 전체 기체의 압력이 $\frac{1}{2}$ 배가 된다. 화학 반응식에서 반응물의 계수 합(1+1)이 생성물의 계수(1)보다 크므로 전체 기체 분자 수가 증가하는 방향인 역반응이 우세하게 진행된다.

㉠ 평형에 도달하기 전까지 역반응이 우세하게 진행되므로 A(g)의 양(mol)은 증가한다.

㉡ A(g)와 B(g)의 양(mol)은 증가하고, C(g)의 양(mol)은 감소하므로 C(g)의 몰 분율은 감소한다.

✕ 평형 상수(K)는 온도 변화에 의해서만 달라지며 압력 변화에 의해서는 달라지지 않는다.

15 상평형 그림

㉠~㉣은 각각 고체, 액체, 기체이다.

㉠ $t_2^\circ\text{C}$, P_2 atm에서 안정한 상은 ㉢(기체)이다.

㉡ 용해 곡선의 기울기가 양(+)의 값을 가지므로 P_1 atm에서 ㉠(고체)과 ㉢(액체)이 모두 안정한 상일 때의 온도는 삼중점의 온도($t_1^\circ\text{C}$)보다 높다.

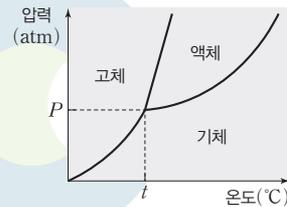
㉢ P_1 atm에서 끓는점은 증기 압력 곡선 위의 온도인 $t_2^\circ\text{C}$ 이다.

16 온도 변화에 의한 평형 이동

평형 상수(K)는 온도 변화에 의해서만 달라지고 농도 변화에 의해서는 달라지지 않으므로 (가)에서와 (나)에서가 같다. 정반응이 흡열 반응($\Delta H > 0$)일 때, 온도를 높이면 열을 흡수하는 정반응 쪽으로 평형이 이동하여 평형 상수(K)가 증가하므로 평형 상수는 (나)에서가 (가)에서보다 크다. 따라서 평형 상수(K)는 (나) > (가) = (나)이다.

17 상평형 그림

조건에 따라 A의 상평형 그림을 나타내면 다음과 같다.



㉠ 삼중점($t^\circ\text{C}$, P atm)에서 안정한 상의 수는 3이다.

✕ 용해 곡선의 기울기가 양(+)의 값을 가지므로 삼중점의 온도($t^\circ\text{C}$)보다 낮은 온도에서는 액체가 안정한 상으로 존재할 수 없다.

㉡ 승화 곡선의 기울기가 양(+)의 값을 가지므로 삼중점의 압력(P atm)보다 낮은 압력에서는 안정한 상의 수가 2(고체, 기체)인 온도는 삼중점의 온도($t^\circ\text{C}$)보다 낮다.

18 농도 변화에 의한 평형 이동

평형 상태에 있는 화학 반응에서 반응물의 농도를 증가시키면 반응물의 농도를 감소시키는 방향으로 반응이 진행되어 새로운 평형에 도달한다.

㉠ $K = \frac{[B]}{[A]^2} = \frac{\frac{0.4}{10}}{\left(\frac{0.4}{10}\right)^2} = 25$ 이다.

㉡ (나)에서 $Q = \frac{[B]}{[A]^2} = \frac{\frac{0.4}{10}}{\left(\frac{0.8}{10}\right)^2} = \frac{25}{4}$ 이다.

㉢ (나)에서 $Q < K$ 이므로 정반응이 우세하게 진행된다.

19 상평형 그림

㉠ 삼중점의 압력인 P atm, 삼중점의 온도보다 낮은 $t^\circ\text{C}$ 에서 X의 안정한 상은 고체이다.

㉡ 삼중점의 온도보다 낮은 $t^\circ\text{C}$ 에서 $X(g)$ 와 상평형을 이루는 $X(s)$ 의 상은 고체이다.

㉢ 승화 곡선의 기울기가 양(+)의 값을 가지므로 삼중점의 온도보다 낮은 $t^\circ\text{C}$ 에서 $X(s)$ 와 상평형을 이루는 $X(g)$ 의 압력은 삼중점의 압력인 P atm보다 작다.

20 온도 변화에 의한 평형 이동

화학 평형에 있는 화학 반응에서 온도를 높이면 열을 흡수하는 흡열 반응 쪽으로 평형이 이동한다.

㉠ T_1 K에서 T_2 K로 온도가 변할 때 몰 농도 증가량이 $A(g)$ 가 0.1 M, $B(g)$ 가 0.1 M이므로 $b=1$ 이고, 또 $A(g)$ 와 $C(g)$ 의 반응 계수비가 1 : 2이므로 $A(g)$ 의 몰 농도가 0.1 M 증가할 때 $C(g)$ 의 몰 농도는 0.2 M 감소하여 $0.3(=x)$ M가 된다. 따라서 $\frac{x}{b} = \frac{0.3}{1} = 0.3$ 이다.

㉡ 강철 용기의 부피를 V L라고 하면 T_2 K일 때 $K = \frac{[C]^2}{[A][B]}$
 $= \frac{\left(\frac{0.3}{V}\right)^2}{\frac{0.4}{V} \times \frac{0.5}{V}} = \frac{9}{20}$ 이다.

㉢ T_1 K에서 T_2 K로 온도를 높일 때 역반응이 우세하게 진행되었으므로 정반응은 발열 반응($\Delta H < 0$)이다.

수능 3점 테스트

본문 102~113쪽

01 ㉢ 02 ㉣ 03 ㉤ 04 ㉠ 05 ㉣ 06 ㉠ 07 ㉡
 08 ㉣ 09 ㉡ 10 ㉣ 11 ㉢ 12 ㉤ 13 ㉠ 14 ㉤
 15 ㉣ 16 ㉡ 17 ㉣ 18 ㉤ 19 ㉢ 20 ㉤

01 상평형 그림

상평형 그림에서 융해 곡선, 증기 압력 곡선, 승화 곡선 위에서의 안정한 상의 수는 각각 2이다.

㉡ 융해 곡선의 기울기가 음(-)의 값을 가지므로 $t^\circ\text{C}$ 에서 안정한 상의 수가 2인 압력이 2가지가 되기 위해서는 $t^\circ\text{C}$ 는 삼중점의 온도인 0.0098°C 보다 낮아야 한다.

㉢ $t^\circ\text{C}$, $\frac{P_1+P_2}{2}$ atm에서 A의 안정한 상은 고체, 1가지이다.

㉣ $P_1 > P_2$ 이므로, $t^\circ\text{C}$, P_1 atm에서 A의 안정한 상은 고체, 액

체이고, $t^\circ\text{C}$, P_2 atm에서 A의 안정한 상은 고체, 기체이므로 공통적인 안정한 상은 고체이다.

02 평형 상수

초기에는 실린더에 반응물인 $A(g)$ 와 $B(g)$ 만 들어 있으므로 정반응이 우세하게 진행되어 평형에 도달한다.

㉠ 일정한 온도에서 평형 상태에 있을 때 반응물의 농도 곱에 대한 생성물의 농도 곱의 비가 농도로 정의되는 평형 상수이므로 $K = \frac{[C]^2}{[A][B]^3}$ 이다.

㉢ 화학 반응식에서 반응물의 계수 합(1+3)이 생성물의 계수(2)보다 크므로 정반응이 우세하게 진행되었을 때 전체 기체의 분자 수가 감소하므로 혼합 기체의 압력이 일정할 때 기체의 부피는 감소한다. 따라서 혼합 기체의 부피는 초기 부피 V L보다 작다.

㉣ 평형에 도달했을 때 생성된 $C(g)$ 의 양을 $2x$ mol이라고 하면 $A(g)$ 의 양은 $(n-x)$ mol, $B(g)$ 의 양은 $(n-3x)$ mol이다.

따라서 $\frac{[B]}{[A]} = \frac{n-3x}{n-x} < 1$ 이다.

03 압력 변화에 의한 평형 이동

부피가 2배가 되면 전체 기체의 압력이 $\frac{1}{2}$ 배가 된다. 화학 반응식에서 반응물의 계수 합(2+1)이 생성물의 계수(2)보다 크므로 전체 기체 분자 수가 증가하는 방향인 역반응이 우세하게 진행된다.

㉠ $K = \frac{[C]^2}{[A]^2[B]} = \frac{0.2^2}{0.2^2 \times 0.2} = 5$ 이다.

㉢ (나)에서 $Q = \frac{[C]^2}{[A]^2[B]} = \frac{0.1^2}{0.1^2 \times 0.1} = 10$ 이다.

㉣ (나)에서 $Q = 10 > K = 5$ 이므로 역반응이 우세하게 진행되어 평형에 도달한다. (나)에서 $[A] = [C]$ 인데 역반응이 우세하게 진행되므로 (다)에서 $[A] > [C]$ 이다.

04 상평형 그림

상평형 그림에서 삼중점에서의 안정한 상의 수는 3이고, 융해 곡선, 증기 압력 곡선, 승화 곡선 위에서의 안정한 상의 수는 각각 2이다. 삼중점의 온도와 압력은 $t_2^\circ\text{C}$, P_3 atm이다.

㉠ 융해 곡선의 기울기가 음(-)의 값을 가지므로 $t_1^\circ\text{C}$ 에서 안정한 상의 수가 2인 압력이 2가지가 되기 위해서는 $t_1^\circ\text{C}$ 는 삼중점의 온도인 $t_2^\circ\text{C}$ 보다 작아야 한다. 따라서 $t_2 > t_1$ 이다.

㉡ $t_1^\circ\text{C}$, P_1 atm에서 A의 안정한 상은 고체, 액체이다.

㉢ $t_2^\circ\text{C}$, P_2 atm에서 A의 안정한 상은 기체이다.

05 평형 상수

초기 $A(g)$ 의 양(mol)을 $6n$ 이라고 하면 $B(g)$ 의 양(mol)은

3n이다. 평형에 도달할 때까지 감소한 A(g)의 양(mol)을 xn이라고 하면 기체의 양(mol) 변화는 다음과 같다.

	$A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$		
초기(mol)	6n	3n	0
반응(mol)	-xn	-xn	+2xn
평형(mol)	$(6-x)n$	$(3-x)n$	2xn

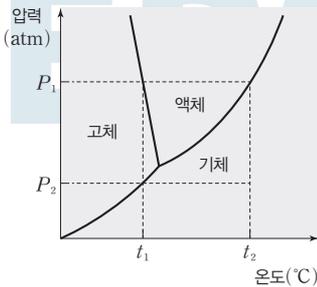
용기의 부피를 V L라고 하면, 평형 상수

$$K = \frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{\left(\frac{2xn}{V}\right)^2}{\frac{6-x}{V} \times \frac{3-x}{V}} = \frac{4x^2}{(6-x)(3-x)} = 4$$

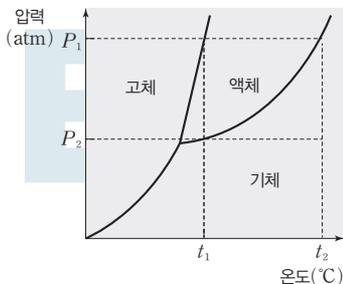
로 $x=2$ 이다. 평형에서 A(g)~C(g)의 양(mol)은 각각 4n, n, 4n이므로 모형에서 ●은 4개, □은 1개, ▲은 4개이다.

06 상평형 그림

P_1 atm에서 $t_1^\circ\text{C}$ 일 때와 $t_2^\circ\text{C}$ 일 때 안정한 상의 수가 각각 2가 되기 위해서는 P_1 atm은 X의 삼중점에서의 압력보다 커야 한다. (가)를 X의 상평형 그림이라고 하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.



㉠을 고체, ㉡을 액체, ㉢을 기체라고 하면 $t_2^\circ\text{C}$, P_1 atm에서 안정한 상은 ㉡, ㉢이 되어야 하는데 이는 조건과 맞지 않다. 따라서 (나)가 X의 상평형 그림이고, 다음과 같이 나타낼 수 있다.



㉠은 액체, ㉡은 고체, ㉢은 기체이다.

㉣, ㉤은 고체이다.

✕. (나)는 X의 상평형 그림이다.

✕. X의 삼중점에서의 압력은 P_2 atm보다 작다.

07 몰 분율과 반응 지수

초기 A(g)의 양(mol)이 8이고, 반응 $A(g) \rightleftharpoons B(g) + C(g)$ 에서 생성된 B(g)의 양(mol)이 n일 때, A(g)와 C(g)의 양(mol)은 각각 $8-n$ 과 n이므로 B(g)의 몰 분율은 $\frac{n}{8+n}$ 이다.

✕. (가)에서 $\frac{Q}{K}=1$ 이므로 (가)는 평형 상태이다. 따라서 정반응 속도와 역반응 속도는 같다.

㉣. 평형 상태인 (가)에서 생성된 B(g)의 양(mol)이 n_1 일 때 B(g)의 몰 분율이 $\frac{1}{3}$ 이므로 $\frac{n_1}{8+n_1} = \frac{1}{3}$, $n_1=4$ 이고, 이때 A(g)

와 C(g)의 양(mol)은 각각 4이다. 따라서 평형 상수 $K = \frac{[B][C]}{[A]}$

$$= \frac{\frac{4}{V} \times \frac{4}{V}}{\frac{4}{V}} = \frac{4}{V}$$

✕. B(g)의 몰 분율이 $\frac{1}{5}$ 일 때 생성된 B(g)의 양(mol)을 n_2 라고 하면 $\frac{n_2}{8+n_2} = \frac{1}{5}$, $n_2=2$ 이고, 이때 A(g)와 C(g)의 양

(mol)은 각각 6과 2이다. 반응 지수 $Q = \frac{[B][C]}{[A]} = \frac{\frac{2}{V} \times \frac{2}{V}}{\frac{6}{V}}$

$$= \frac{2}{3V}$$

이므로 $x = \frac{Q}{K} = \frac{\frac{2}{3V}}{\frac{4}{V}} = \frac{1}{6}$ 이다.

08 온도와 평형 상수

✕. (가)에서 T_1 K일 때 평형 상수 $K = \frac{[B][C]^3}{[A]^2} = \frac{\frac{a}{V} \times \left(\frac{a}{V}\right)^3}{\left(\frac{a}{V}\right)^2}$

$$= \frac{a^2}{V^2}$$

이고, (나)에서 T_2 K일 때 평형 상수 $K = \frac{[B][C]^3}{[A]^2} =$

$$\frac{\frac{2a}{2V} \times \left(\frac{a}{2V}\right)^3}{\left(\frac{2a}{2V}\right)^2} = \frac{a^2}{8V^2}$$

이다. 따라서 T_2 K에서 $K = \frac{1}{8}$ 이다.

㉣. K는 T_1 K일 때가 T_2 K일 때보다 크다. 정반응이 흡열 반응 ($\Delta H > 0$)인 반응의 K는 온도가 높을 때 온도가 낮을 때보다 크다. 따라서 $T_1 > T_2$ 이다.

㉤. K는 T_1 K일 때가 T_2 K일 때보다 크므로 (나)의 온도를 T_1 K로 변화시키면 정반응이 우세하게 진행된다. [A]는 감소하고, [B]는 증가하므로 평형에 도달하면 $\frac{[B]}{[A]} > 1$ 이다.

09 상평형 그림

$t_1^\circ\text{C}$, $2P_1$ atm에서 안정한 상이 고체와 기체이고, $t_2^\circ\text{C}$, P_1 atm에서 안정한 상이 고체와 기체이므로 이는 모두 승화 곡선 위의 점에 해당한다.

✕. 삼중점에서의 압력 P_2 atm은 P_1 atm보다 크다.

○. 승화 곡선의 기울기는 양(+)의 값을 가지므로 압력이 P_1 atm으로 낮아지기 위해서는 온도를 낮추어야 한다. 따라서 $t_1 > t_2$ 이다.

✕. $t_1^\circ\text{C} > t_2^\circ\text{C}$ 이고, P_1 atm에서 X의 승화점이 $t_2^\circ\text{C}$ 이므로 $\frac{t_1+t_2}{2}^\circ\text{C}$, P_1 atm에서 X의 안정한 상은 기체이다.

10 반응 지수와 평형 상수

초기 A(g)의 양(mol)이 a 이고, 반응 $2A(g) \rightleftharpoons 2B(g) + C(g)$ 에서 t_1 일 때 생성된 C(g)의 양(mol)이 1이면 A(g)와 B(g)의 양(mol)은 각각 $a-2$ 와 2이고, t_2 일 때 생성된 C(g)의 양(mol)이 2이면 A(g)와 B(g)의 양(mol)은 각각 $a-4$ 와 4이다. 온도 T 에서 K 는 일정하므로, 반응 지수 Q 는 t_2 일 때가 t_1 일 때의 18배이다. t_1 과 t_2 일 때 Q 는 각각 $\frac{2^2 \times 1}{(a-2)^2 V}$ 과 $\frac{4^2 \times 2}{(a-4)^2 V}$

이므로 $\frac{2^2 \times 1}{(a-2)^2 V} : \frac{4^2 \times 2}{(a-4)^2 V} = 1 : 18$ 이고, $\frac{2}{a-4} = \frac{3}{a-2}$,

$a=8$ 이다. t_2 일 때는 $\frac{K}{Q} = 1$ 이므로 평형 상태이다. t_2 일 때 A(g)~C(g)의 양(mol)이 각각 4, 4, 2이므로 $K = \frac{[B]^2[C]}{[A]^2} = \frac{4^2 \times 2}{4^2 V} = \frac{2}{V}$ 이다. 따라서 $\frac{a}{K} = \frac{8}{\frac{2}{V}} = 4V$ 이다.

11 농도 변화에 의한 평형 이동

○. (가)는 평형 상태이므로 $K = \frac{[C]}{[A][B]} = \frac{\frac{1}{2} \times V}{\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}} = 2V$ 이다.

✕. (나)에서 $Q = \frac{[C]}{[A][B]} = \frac{\frac{1}{2} \times V}{\left(\frac{1}{2} + x\right) \times \frac{1}{2}} < K = 2V$ 이다.

[다른 풀이] (나)에서 (다)가 될 때 생성물 C(g)가 증가하였으므로 (나)에서 정반응이 우세하게 진행된 것이다. 따라서 (나)에서 $Q < K$ 이다.

○. (나)에서 (다)가 될 때 C(g)가 $\frac{1}{10}$ mol만큼 증가하였으므로 (다)에서 A(g)와 B(g)의 양은 각각 $\left(\frac{2}{5} + x\right)$ mol, $\frac{2}{5}$ mol

이다. (다)에서 $K = \frac{[C]}{[A][B]} = \frac{\frac{3}{5} \times V}{\left(\frac{2}{5} + x\right) \times \frac{2}{5}} = 2V$ 이므로

$x = \frac{7}{20}$ 이다.

12 농도 변화에 의한 평형 이동

○. 추가한 B(g)의 양(mol)이 0일 때는 (가)에 해당하므로 $Q = 1 = K$ 이다. (가)에서 $K = \frac{[B]^b[C]}{[A]^2} = \frac{1^b \times x}{1^2} = 1$ 이므로 $x=1$ 이다.

○. 추가한 B(g)의 양(mol)이 1일 때 $Q = \frac{[B]^b[C]}{[A]^2} = \frac{(1+1)^b \times 1}{1^2} = 2^b = 2$ 이므로 $b=1$ 이다.

○. (가)에 B(g)를 0.7 mol 추가하였을 때 A(g)~C(g)의 양(mol)은 각각 1, 1.7, 1이고, 반응이 진행되어 $[C]=0.9$ M가 되었을 때 A(g)~C(g)의 양(mol)은 각각 1.2, 1.6, 0.9이므로 $Q = \frac{1.6 \times 0.9}{1.2^2} = \frac{1.44}{1.44} = 1 = K$ 이다.

13 용해 곡선과 안정한 상

물질 X(s)의 압력에 따른 녹는점을 연결한 선은 X의 상평형 그림에서 용해 곡선에 해당한다.

○. 탐구 과정 및 결과에서 X(s)는 압력이 20 atm에서 150 atm으로 커질수록 녹는점이 -0.14°C 에서 -1.14°C 로 낮아진다. 따라서 'X(s)는 압력이 커질수록 녹는점이 낮아진다.'는 가설 (가)로 적절하다.

✕. -0.37°C , 50 atm은 X(s)의 상평형 그림에서 용해 곡선 위의 점에 해당하므로 -0.37°C , 50 atm에서 X의 안정한 상의 수는 2이다.

✕. 100 atm에서 X(s)의 녹는점이 -0.75°C 이므로, -1.14°C 에서 안정한 상은 고체이다.

14 온도 변화에 의한 평형 이동

○. 평형 상수(K)는 T_2 K일 때가 T_1 K일 때보다 크다. 정반응이 흡열 반응($\Delta H > 0$)인 반응의 K 는 온도가 높을 때가 온도가 낮을 때보다 크다. 따라서 $T_2 > T_1$ 이다.

○. P_1 atm에서 (가)의 기체 8 mol의 부피가 8 L이고, (나)에서 A(g)~C(g)의 양(mol)은 각각 $5-x$, $3+x$, x 이므로 (나)의 기체 $(8+x)$ mol의 부피는 $(8+x)$ L이다. T_1 K 평형 I에서

$K = \frac{[B][C]}{[A]} = \frac{(3+x)x}{(5-x)(8+x)} = \frac{1}{9}$ 이므로 $x^2 + 3x - 4 = 0$ 이고,

$x=1$ 이며, (나)의 실린더 속 기체의 부피는 9 L이다. (다)에서 피스톤을 고정하였으므로 (다)의 실린더 속 기체의 부피도 9 L이고, (다)에서 A(g)~C(g)의 양(mol)은 각각 $5-y$, $3+y$, y

이므로 T_2 K 평형 II에서 $K = \frac{[B][C]}{[A]} = \frac{(3+y)y}{(5-y) \times 9} = 1$ 이다.

$y^2 + 12y - 45 = 0$, $y=3$ 이므로 $y-x=2$ 이다.

○. 실린더 속 기체의 부피는 (나)에서와 (다)에서가 같고, (다)에서 (나)에서보다 온도는 높으며 기체의 양(mol)은 크다. 따라서 압력은 (다)에서가 (나)에서보다 크므로 $P_2 > P_1$ 이다.

15 압력 변화에 의한 평형 이동

(가)에서 부피를 V_1 L라고 하면 평형 상수 $K = \frac{[C]^2}{[A][B]^2} =$

$$\frac{\left(\frac{a}{V_1}\right)^2}{\frac{a}{V_1} \times \left(\frac{a}{V_1}\right)^2} = \frac{V_1}{a}$$

이다. (나)에서 A(g)의 양(mol)이 $a-x$

$$\frac{[C]}{[A]} = \frac{a+2x}{a-x} = \frac{4}{3}$$

이므로, $x=0.1a$ 이다. 따라서 (나)에서 A(g) ~C(g)의 양(mol)은 각각 $a-0.1a=0.9a$, $a-0.2a=0.8a$, $a+0.2a=1.2a$ 이다. (나)에서 부피를 V_2 L라고 하면 평형 상수

$$K = \frac{[C]^2}{[A][B]^2} = \frac{\left(\frac{1.2a}{V_2}\right)^2}{\frac{0.9a}{V_2} \times \left(\frac{0.8a}{V_2}\right)^2} = \frac{5V_2}{2a}$$

이다. 온도 T에서 K

는 일정하므로 $K = \frac{V_1}{a} = \frac{5V_2}{2a}$, $V_2 = \frac{2}{5}V_1$ 이다. (가)에서 (나)

로 될 때, 기체의 질량은 일정한데 부피가 $\frac{2}{5}$ 배로 감소하므로 밀

도는 $\frac{5}{2}$ 배로 증가한다. 따라서 $\frac{d_2}{d_1} = \frac{5}{2}$ 이다.

16 평형 상수

✕ X(g)를 넣은 쪽은 부피가 감소하는데 이는 기체의 양(mol)이 감소하기 때문이고, Y(g)를 넣은 쪽은 부피가 증가하는데 이는 기체의 양(mol)이 증가하기 때문이다. 따라서 X는 B이고, Y는 A이다.

㉠ (나)에서 피스톤 오른쪽 기체의 부피가 $\frac{4}{3}$ L이고, A(g)와

B(g)의 양(mol)은 각각 $\frac{3}{5} - \frac{b}{2}$ 와 b 이므로 $K = \frac{[B]^2}{[A]} =$

$$\frac{b^2}{\left(\frac{3}{5} - \frac{b}{2}\right) \times \frac{4}{3}} = \frac{3}{10}$$

이다. $5b^2 + b - \frac{6}{5} = 0$ 이고, $b = \frac{2}{5}$ 이므로

$a = \frac{3}{5} - \frac{1}{2} \times \frac{2}{5} = \frac{2}{5}$ 이다. 따라서 $a=b$ 이다.

✕ (나)에서 피스톤 왼쪽 기체는 부피가 $\frac{2}{3}$ L이고, A(g)와 B(g)

의 양(mol)은 각각 $\frac{1}{5}$ 과 $\frac{1}{5}$ 로 평형을 이루고 있다. 따라서 피스

톤을 제거한 직후에도 평형을 이루어 평형 이동하지 않는다. 따라

서 반응 지수 $Q = K = \frac{3}{10}$ 이다.

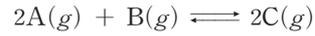
17 평형 상수

A(g)가 5 mol에서 1 mol로 4 mol만큼 감소할 때, B(g)가

10 mol에서 8 mol로 2 mol만큼 감소하였으므로 반응 계수비는

A(g) : B(g) = 2 : 1이다. 따라서 $a=2$ 이다. 평형에 도달할 때

기체의 양(mol) 변화는 다음과 같다.



초기(mol)	5	10	0
반응(mol)	-4	-2	+4
평형(mol)	1	8	4

$K = \frac{[C]^2}{[A]^2[B]} = \frac{4^2 \times V}{1^2 \times 8} = 2V$ 이다. 초기의 A(g) 5 mol과 B(g)

10 mol의 질량이 같으므로 A와 B의 분자량비는 2 : 1이고, 반

응 $2A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$ 에서 질량 보존 법칙에 따라 분

자량비는 A : B : C = 4 : 2 : 5이다. 따라서 $\frac{K \times C}{a \times A}$ 의 분자량

$= \frac{2V \times 5}{2 \times 4} = \frac{5}{4}V$ 이다.

18 농도 변화에 의한 평형 이동

✕ (나)에서 C(g)의 양(mol)이 $2y$ 인 강철 용기의 A(g)와 B(g)

의 양(mol)은 각각 $6-2y$ 와 $5-2y$ 이고, C(g)의 양(mol)이

$3y$ 인 강철 용기의 A(g)와 B(g)의 양(mol)은 각각 $7-3y$ 와

$9-3y$ 이다. 이 두 강철 용기에서 각각 평형을 이루고 있으므로

$K = \frac{[C]}{[A][B]} = \frac{2y \times V}{(6-2y)(5-2y)} = \frac{3y \times V}{(7-3y)(9-3y)}$ 이고,

$5-2y = 7-3y$ 이므로 $y=2$ 이다.

㉠ (나)에서 $y=2$ 를 대입하면 $K = \frac{[C]}{[A][B]} = \frac{4 \times V}{2 \times 1} = 2V$ 이다.

㉡ (나)에서 꼭지를 열기 전 전체 C(g)의 양(mol)은 $2y+3y=$

$5y$ 이고, 꼭지를 연 직후 반응 지수 $Q = \frac{[C]}{[A][B]} = \frac{10 \times 2V}{3 \times 4}$

$= \frac{5}{3}V$ 이다. $Q < K = 2V$ 이므로 정반응이 우세하게 진행되어 새

로운 평형에 도달하였을 때 C(g)의 양(mol)은 $5y$ 보다 크다. 따

라서 $x > 5y$ 이다.

㉢ (나)에서 $y=2$ 를 대입하면 $K = \frac{[C]}{[A][B]} = \frac{4 \times V}{2 \times 1} = 2V$ 이다.

㉣ (나)에서 꼭지를 열기 전 전체 C(g)의 양(mol)은 $2y+3y=$

$5y$ 이고, 꼭지를 연 직후 반응 지수 $Q = \frac{[C]}{[A][B]} = \frac{10 \times 2V}{3 \times 4}$

$= \frac{5}{3}V$ 이다. $Q < K = 2V$ 이므로 정반응이 우세하게 진행되어 새

로운 평형에 도달하였을 때 C(g)의 양(mol)은 $5y$ 보다 크다. 따

라서 $x > 5y$ 이다.

㉤ (나)에서 $y=2$ 를 대입하면 $K = \frac{[C]}{[A][B]} = \frac{4 \times V}{2 \times 1} = 2V$ 이다.

㉥ (나)에서 $y=2$ 를 대입하면 $K = \frac{[C]}{[A][B]} = \frac{4 \times V}{2 \times 1} = 2V$ 이다.

㉦ (나)에서 $y=2$ 를 대입하면 $K = \frac{[C]}{[A][B]} = \frac{4 \times V}{2 \times 1} = 2V$ 이다.

✕. T_1 K에서 T_2 K로 온도가 높아질 때 역반응이 우세하게 진행 되었으므로 정반응은 발열 반응($\Delta H < 0$)이다.

20 평형 상수

(가)에서 1 L 강철 용기에 B(g)의 몰 농도가 $\frac{1}{4}$ M이므로 B(g)의 양은 $\frac{1}{4} \text{ M} \times 1 \text{ L} = \frac{1}{4} \text{ mol}$ 이고, 1 L 강철 용기에 B(g)만 들어 있으므로 반응이 일어나지 않아 (나)에서도 B(g)의 양(mol)은 $\frac{1}{4} = b$ 이다. 2 L 강철 용기에서는 온도가 일정할 때 압력이 $\frac{P_2}{P_1} = \frac{9}{5}$ 배 증가하므로 기체의 양(mol)도 $\frac{9}{5}$ 배로 증가한다. 2 L 강철 용기에서 평형에 도달할 때 기체의 양(mol) 변화는 다음과 같다.

	$A(g) \rightleftharpoons B(g) + C(g)$		
초기(mol)	a	0	0
반응(mol)	$-y$	$+y$	$+y$
평형(mol)	$a-y$	y	y

$\frac{a-y+y+y}{a} = \frac{a+y}{a} = \frac{9}{5}$ 이고, $a-y = \frac{1}{4} = b$ 이므로 $y = 1$,

$a = \frac{5}{4}$ 이다. (나)에서 2 L 강철 용기 속 A(g)~C(g)의 양(mol)

은 각각 $\frac{1}{4}$, 1, 1이므로 $K = \frac{[B][C]}{[A]} = \frac{\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}}{\frac{1}{8}} = 2$ 이다. $PV =$

nRT 에서 온도가 일정할 때 기체의 부피는 $\frac{\text{기체의 양(mol)}}{\text{압력}}$ 에 비례한다. (가)에서 실린더 속 기체는 2 L 강철 용기 속 기체보다 압력이 $\frac{P_2}{P_1} = \frac{8}{5}$ 배, 기체의 양(mol)이 $\frac{11}{5} = \frac{44}{5}$ 배이므로 실린

더 속 기체의 부피는 $2 \text{ L} \times \frac{5}{8} \times \frac{44}{5} = 11 \text{ L}$ 이다. 실린더에서 평형에 도달할 때 기체의 양(mol) 변화는 다음과 같다.

	$A(g) \rightleftharpoons B(g) + C(g)$		
초기(mol)	0	6	5
반응(mol)	$+z$	$-z$	$-z$
평형(mol)	z	$6-z$	$5-z$

P_2 atm에서 초기 기체 11 mol의 부피가 11 L이므로 평형에서 $(11-z)$ mol의 부피는 $(11-z)$ L이다. 실린더의 평형에서 $K = \frac{[B][C]}{[A]} = \frac{(6-z)(5-z)}{z(11-z)} = 2$ 이므로 $z^2 - 11z + 10 = 0$ 이고, $z = 1$ 이다. 실린더의 평형에서 A(g)~C(g)의 양(mol)은 각각 1(=c), 5, 4이다. (나)에서 꼭지를 모두 연 직후 기체의 양

(mol)은 A(g)는 $\frac{1}{4} + 1 = \frac{5}{4}$, B(g)는 $1 + 5 + \frac{1}{4} = \frac{25}{4}$, C(g)는 $1 + 4 = 5$ 이고, 전체 기체의 양(mol)은 $\frac{5}{4} + \frac{25}{4} + 5 = \frac{25}{2}$ 이다. P_2 atm에서 초기 기체 11 mol의 부피가 11 L이므로 (나)에서 꼭지를 모두 연 직후 전체 기체 $\frac{25}{2}$ mol의 부피는 $\frac{25}{2} \text{ L}$

이고, 이때 반응 지수 $Q = \frac{[B][C]}{[A]} = \frac{\frac{25}{4} \times 5}{\frac{5}{4} \times \frac{25}{2}} = 2 = K$ 이므로

A(g), B(g), C(g)의 양(mol)은 변하지 않는다. 따라서 (나)에서 꼭지를 모두 열어 새로운 평형에 도달하였을 때 전체 기체 $\frac{25}{2}$ mol의 부피는 $\frac{25}{2} \text{ L}$ 이고, 두 강철 용기의 부피 3 L를 제외

하면 실린더 속 기체의 부피 $x \text{ L} = \frac{19}{2} \text{ L}$ 이다. 따라서 $\frac{c \times x}{a \times K}$

$$= \frac{1 \times \frac{19}{2}}{\frac{5}{4} \times 2} = \frac{19}{5} \text{이다.}$$

06 산 염기 평형

수능 2점 테스트

본문 122~124쪽

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

01 산의 세기

염기 C⁻의 $K_b = 5 \times 10^{-9}$ 이므로 그 짝산인 HC의 $K_a = \frac{K_w}{K_b} = \frac{1 \times 10^{-14}}{5 \times 10^{-9}} = 2 \times 10^{-6}$ 이다. 산의 K_a 가 클수록 산의 세기가 강하다. 따라서 K_a 는 $HA > HC > HB$ 이므로 산의 세기도 $HA > HC > HB$ 이다.

02 약산의 이온화 평형

✕. pH=5.0이므로 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-5}$ M이고, $[A^-] = [H_3O^+] = 1 \times 10^{-5}$ M이다.

○. $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-5}$ M이고, 수용액의 부피가 100 mL이므로 H_3O^+ 의 양은 $1 \times 10^{-5} \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 1 \times 10^{-6}$ mol이다.

✕. HA는 약산이므로 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{(1 \times 10^{-5})^2}{0.05 - 1 \times 10^{-5}} \approx \frac{(1 \times 10^{-5})^2}{0.05} = 2 \times 10^{-9}$ 이다.

03 약산의 이온화 평형

pH=3.0이므로 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-3}$ M이고, $[A^-] = [H_3O^+] = 1 \times 10^{-3}$ M이다. HA는 약산이므로 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]}$

$= \frac{(1 \times 10^{-3})^2}{x - 1 \times 10^{-3}} \approx \frac{(1 \times 10^{-3})^2}{x} = 5 \times 10^{-6}$ 이고, $x = 0.2$ 이다. $[OH^-] = \frac{K_w}{[H_3O^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-3}} = 1 \times 10^{-11}$ (M) = y (M)이므로 $\frac{y}{x} = \frac{1 \times 10^{-11}}{0.2} = 5 \times 10^{-11}$ 이다.

04 이온화 상수

✕. 염기의 K_b 가 클수록 염기의 세기가 강하다. 따라서 K_b 는 $CH_3NH_2 > NH_3$ 이므로 염기의 세기도 $CH_3NH_2 > NH_3$ 이다.

○. CH_3NH_2 의 $K_b = 4.6 \times 10^{-4}$ 이므로 그 짝산인 $CH_3NH_3^+$ 의 $K_a = \frac{K_w}{K_b} = \frac{1 \times 10^{-14}}{4.6 \times 10^{-4}} = \frac{5}{23} \times 10^{-10} > 1 \times 10^{-11}$ 이다.

○. CH_3NH_3Cl 은 물에 녹아 $CH_3NH_3^+$ 과 Cl^- 으로 이온화되고, $CH_3NH_3^+$ 이 가수 분해하여 H_3O^+ 을 생성하므로 0.01 M

$CH_3NH_3Cl(aq)$ 의 pH < 7.0이다.

05 염의 가수 분해

✕. NH_4Cl 은 강산인 HCl과 약염기인 NH_3 가 반응하여 생성된 염이다. $NH_4Cl(aq)$ 에서 NH_3 의 짝산인 NH_4^+ 이 가수 분해하여 H_3O^+ 을 생성하므로 $NH_4Cl(aq)$ 의 액성은 산성으로 pH < 7.0이다.

○. 25°C에서 NH_4^+ 의 이온화 상수 $K_a = \frac{K_w}{K_b} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1.8 \times 10^{-5}} = \frac{5}{9} \times 10^{-9} < 1.8 \times 10^{-5}$ 이다.

✕. NH_4^+ 은 약산이므로 일부만 이온화하여 NH_3 를 생성한다. 따라서 $[NH_3] < 0.1$ M이다.

06 완충 용액의 pH

약산 HA의 이온화 상수를 K_a 라고 하면 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]}$

이다. 같은 온도의 (가)~(다)에서 K_a 는 같으므로 $[H_3O^+]$ 는 $\frac{[HA]}{[A^-]}$

에 비례한다. $\frac{[HA]}{[A^-]}$ 는 (나) > (가) = (다)이다. pH = $-\log[H_3O^+]$ 이므로 $[H_3O^+]$ 가 클수록 pH는 작다. 따라서 pH는 (가) = (다) > (나)이다.

07 약산과 짝염기 수용액의 pH

HA(aq)에서 pH=3.0이므로 $[H_3O^+] = [A^-] = 1 \times 10^{-3}$ M이고, $[HA] = x \text{ M} - 1 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이다. HA는 약산이므로 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{(1 \times 10^{-3})^2}{x - 1 \times 10^{-3}} \approx \frac{(1 \times 10^{-3})^2}{x} = 3 \times 10^{-6}$, $x = \frac{1}{3}$ 이다. NaA(aq)의 몰 농도(M)는 $\frac{1}{100x} = 0.03$ 이고,

25°C에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14} 이므로 A⁻의 이온화 반응식은 $A^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons HA(aq) + OH^-(aq)$ 이다. NaA(aq)에서 $[OH^-] = z$ M라고 하면 $[OH^-] = [HA] = z$ M이므로 $K_b = \frac{[HA][OH^-]}{[A^-]} = \frac{z^2}{0.03 - z} \approx \frac{z^2}{0.03} = \frac{1}{3} \times 10^{-8}$ 이고

$[OH^-] = z \text{ M} = 1 \times 10^{-5}$ M이다. $[H_3O^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-5}} = 1 \times 10^{-9}$ (M)이고, pH = $y = 9.0$ 이다. 따라서 $x \times y = 3.0$ 이다.

08 완충 용액

○. pH=6.0이므로 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-6}$ M이다. 25°C에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14} 이므로 $[OH^-] = \frac{K_w}{[H_3O^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-6}} = 1 \times 10^{-8}$ (M)이다.

$$\textcircled{C} K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{0.03 \times 1 \times 10^{-6}}{0.03} = 1 \times 10^{-6} \text{이다.}$$

\textcircled{D} 1 M HCl(aq) 1 mL를 첨가하면 $[H_3O^+]$ 가 증가하여 역반응이 우세하게 진행되므로 $[HA] > [A^-]$ 이다.

09 완충 용액의 pH

\textcircled{A} $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = a$ 이고, (가)에서 $\frac{[HA]}{[A^-]} = 2$ 이므로 $[H_3O^+] = 2a$ M이다.

\times (가)에서 $\text{pH} = 5.0$ 이므로 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-5}$ M이다.

$$K_a = a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{1}{2} \times 1 \times 10^{-5} = 5 \times 10^{-6} \text{이다.}$$

\times 같은 온도의 (가)와 (나)에서 K_a 는 같으므로 $[H_3O^+]$ 는 $\frac{[HA]}{[A^-]}$ 에 비례한다. $\frac{[HA]}{[A^-]}$ 는 (가) > (나)이다. $\text{pH} = -\log[H_3O^+]$ 이므로 $[H_3O^+]$ 가 클수록 pH는 작다. 따라서 pH는 (나) > (가)이므로 $x > 5.0$ 이다.

10 염의 가수 분해

완충 용액은 약산과 그 약산의 짝염기가 섞여 있는 수용액이나 약염기와 그 약염기의 짝산이 섞여 있는 수용액으로 산이나 염기를 소량 가해도 pH가 거의 변하지 않는 용액이다.

\times (가)는 약산인 CH_3COOH 의 짝염기인 CH_3COO^- 만을 녹인 수용액이므로 완충 용액이 아니다.

\textcircled{A} (가)는 CH_3COO^- 이 가수 분해하여 OH^- 을 생성하므로 염기성이다. 따라서 $\text{pH} = x > 7.0$ 이다.

\textcircled{B} CH_3COOH 의 $K_a = 2 \times 10^{-5}$ 이므로 그 짝염기인 CH_3COO^- 의 $K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{1 \times 10^{-14}}{2 \times 10^{-5}} = 5 \times 10^{-10}$ 이다. CH_3COO^- 의 이온화 반응식은 $\text{CH}_3\text{COO}^-(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH}(aq) + \text{OH}^-(aq)$ 이다. $[\text{OH}^-] = y$ M라고 하면 $[\text{OH}^-] = [\text{CH}_3\text{COOH}] = y$ M이므로 $K_b = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} = \frac{y^2}{0.2 - y} \doteq \frac{y^2}{0.2} = 5 \times 10^{-10}$, $[\text{CH}_3\text{COOH}] = y$ M $= 1 \times 10^{-5}$ M이다. 따라서 $\frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} \doteq \frac{1 \times 10^{-5}}{0.2} = 5 \times 10^{-5} > 2 \times 10^{-5}$ 이다.

11 산의 세기

산의 K_a 가 클수록 산의 세기가 강하다.

\textcircled{A} K_a 는 $\text{HA} > \text{HB}$ 이므로 산의 세기도 $\text{HA} > \text{HB}$ 이다.

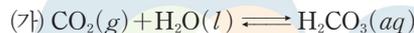
\textcircled{B} $\text{HA}(aq)$ 에서 $\text{pH} = 3.0$ 이므로 $[H_3O^+] = [A^-] = 1 \times 10^{-3}$ M이고, $[HA] = (0.2 - 1 \times 10^{-3})$ M이다. $K_a = x = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{(1 \times 10^{-3})^2}{0.2 - 1 \times 10^{-3}} \doteq \frac{(1 \times 10^{-3})^2}{0.2} = 5 \times 10^{-6} > 1 \times 10^{-6}$ 이다.

\times HA 의 $K_a = 5 \times 10^{-6}$ 이므로 HB 의 $K_a = \frac{5 \times 10^{-6}}{100} = 5 \times 10^{-8}$

이다. $\text{HB}(aq)$ 에서 $\text{pH} = 4.0$ 이므로 $[H_3O^+] = [B^-] = 1 \times 10^{-4}$ M이고, $[\text{HB}] = (y - 1 \times 10^{-4})$ M이다. $K_a = \frac{[B^-][H_3O^+]}{[\text{HB}]} = \frac{(1 \times 10^{-4})^2}{y - 1 \times 10^{-4}} \doteq \frac{(1 \times 10^{-4})^2}{y} = 5 \times 10^{-8}$ 이므로 $y = 0.2$ 이다.

12 혈액 내 완충 용액

화학 반응식은 다음과 같다.



\textcircled{A} \textcircled{A} 은 H_2CO_3 이다.

\times (나)에서 HCO_3^- 의 짝산은 H_2CO_3 이다.

\times 혈액에서 $\text{CO}_2(g)$ 가 과다하게 배출되면 (가)와 (나)가 모두 역반응이 우세하게 진행되어 $[H_3O^+]$ 가 감소하므로 혈액의 pH는 증가한다.

수능 3점 테스트

본문 125~130쪽

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

01 완충 용액

\textcircled{A} 물 1 L에 $\text{NaOH}(s)$ 0.01 mol을 첨가했을 때 pH가 7.0에서 12.0으로 5.0만큼 증가하였고, $\text{HA}(aq)$ 과 $\text{NaA}(aq)$ 을 혼합하여 만든 완충 용액 1 L에 $\text{NaOH}(s)$ 0.01 mol을 첨가했을 때 pH가 7.0에서 7.5로 0.5만큼 증가하였다. 따라서 'pH 변화는 물이 완충 용액보다 크다.'는 \textcircled{A} 으로 적절하다.

\textcircled{B} (가)의 완충 용액에서 $\text{pH} = 7.0$ 이므로 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-7}$ M이고, HA 의 $K_a = 1 \times 10^{-7} = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = x \times 1 \times 10^{-7}$ 이므로 $x = 1$ 이다.

\textcircled{C} (나)에서 비커 II에 들어 있는 $[A^-] = [HA]$ 인 수용액에 $\text{NaOH}(s)$ 0.01 mol을 첨가했으므로 $[HA]$ 는 감소하고, $[A^-]$ 는 증가하여 $\frac{[A^-]}{[HA]} > 1$ 이 된다.

02 약산의 이온화 평형

25°C 에서 0.2 M $\text{HB}(aq)$ 의 $\text{pOH} = 9.0$ 이므로 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-9}$ M이고, $[H_3O^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-9}} = 1 \times 10^{-5}$ (M) $= x$ (M)

이다. HB 의 이온화 상수 $K_a = \frac{[B^-][H_3O^+]}{[\text{HB}]} = \frac{(1 \times 10^{-5})^2}{0.2 - 1 \times 10^{-5}}$

$$\therefore \frac{(1 \times 10^{-5})^2}{0.2} = 5 \times 10^{-10} \text{이다. } K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{1 \times 10^{-14}}{5 \times 10^{-10}} = 2 \times 10^{-5}$$

$$\text{이므로 } \frac{K_b}{x} = \frac{2 \times 10^{-5}}{1 \times 10^{-5}} = 2 \text{이다.}$$

03 완충 용액

㉠. HPO_4^{2-} 의 짝산은 H_2PO_4^- 이다.

㉡. (가)에서 $\text{pH}=7.0$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이고,

$$K_a = 6 \times 10^{-8} = \frac{[\text{HPO}_4^{2-}][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]} = \frac{x \times 1 \times 10^{-7}}{0.05} \text{이므로 } x =$$

0.03이다.

㉢. (가)는 완충 용액이고, (나)는 완충 용액이 아니므로 (가)와 (나)에 각각 $\text{NaOH}(s)$ 0.01 mol을 첨가하여 녹였을 때 pH 는 (나) > (가)이다.

04 약산과 그 짝염기 수용액

산의 이온화 상수가 K_a 일 때 그 짝염기의 이온화 상수 $K_b = \frac{K_w}{K_a}$ 이다.

㉠. A^- 의 이온화 상수 $K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{1 \times 10^{-14}}{5 \times 10^{-6}} = 2 \times 10^{-9}$ 이다.

㉡. (가)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = y \text{ M}$ 라고 하면, HA 는 약산이므로 $K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]} = \frac{y^2}{0.2-y} \approx \frac{y^2}{0.2} = 5 \times 10^{-6}$ 이고, $y = 1 \times 10^{-3}$ 이다. $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이므로 $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = 3.0$ 이다.

㉢. (가)와 (나)를 모두 혼합한 수용액의 $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = 1$ 이다. A^- 의

$$K_b = \frac{[\text{HA}][\text{OH}^-]}{[\text{A}^-]} \text{이므로 혼합 용액의 } [\text{OH}^-] = \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} K_b =$$

$2 \times 10^{-9} \text{ (M)}$ 이다. 따라서 $[\text{OH}^-] > 1 \times 10^{-9} \text{ M}$ 이다.

05 완충 용액 제조

㉠. ㉠에 염기성 용액인 0.1 M $\text{NaOH}(aq)$ 500 mL를 첨가하여 $\text{pH}=4.7$ 인 ㉡을 만들었으므로 ㉠의 $\text{pH} < 4.7$ 이다.

㉡. $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-5} \text{ M}$ 인 용액의 $\text{pH}=5.0$ 이다. $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가 클수록 pH 는 작으므로 $\text{pH}=4.7$ 인 ㉢의 $[\text{H}_3\text{O}^+] > 1 \times 10^{-5} \text{ M}$ 이다.

㉣. ㉠에 0.1 M $\text{NaOH}(aq)$ 500 mL를 첨가하면 $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ 는 감소하고, $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ 는 증가한다. 따라서 $\frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$ 는 ㉠ < ㉡이다.

06 완충 용액의 pH

약산 HA 의 $K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]}$ 이다.

㉠. (나)에서 $\text{pH}=7.0$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이고, $[\text{OH}^-]$

$$= \frac{K_w}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = 1 \times 10^{-7} \text{ (M)} \text{이므로 } [\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] \text{이다.}$$

㉡. (가)에서 $\text{pH}=6.0$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-6} \text{ M}$ 이고, $K_a = 6 \times 10^{-7} = \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \times [\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \times 1 \times 10^{-6}$ 이다. 따라서

$$\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = \frac{3}{5} \text{이다.}$$

㉢. (나)에서 $K_a = \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \times 1 \times 10^{-7} = 6 \times 10^{-7}$ 이므로 $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = 6$ 이다. (나) 100 mL에 $\text{NaOH}(s)$ 0.01 mol을 첨가하면

$[\text{HA}]$ 는 감소하고 $[\text{A}^-]$ 는 증가하므로 $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} > 6$ 이다.

07 여러 가지 수용액의 pH

(가)에서 $\text{pH}=9.0$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-9} \text{ M}$ 이다.

㉠. (가)에서 $[\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-9}} = 1 \times 10^{-5} \text{ (M)}$ 이다.

㉡. A^- 의 이온화 상수 $K_b = \frac{[\text{HA}][\text{OH}^-]}{[\text{A}^-]} = \frac{(1 \times 10^{-5})^2}{0.01 - 1 \times 10^{-5}}$

$$\approx \frac{(1 \times 10^{-5})^2}{0.01} = 1 \times 10^{-8} \text{이다. HA의 이온화 상수 } K_a = a =$$

$$\frac{K_w}{K_b} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-8}} = 1 \times 10^{-6} > 1 \times 10^{-7} \text{이다.}$$

㉢. (나)에서 $\text{pH}=2.0$, $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0.01 \text{ M}$ 이므로 HB 는 모두 이온화하는 강산이다. (가)와 (나)를 모두 혼합한 수용액의 $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$

$$= 1 \text{이 된다. 따라서 } K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]} = 1 \times 10^{-6} \text{이므로 } [\text{H}_3\text{O}^+] =$$

$1 \times 10^{-6} \text{ M}$ 이고, $\text{pH}=6.0$ 이다.

08 완충 용액의 pH

약산 HA 의 $K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]}$ 이다.

㉡. (나)에서 $\text{pH}=7.0$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-7} \text{ M}$ 이다. (나)에서 $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = \frac{0.2 \text{ M}}{0.1 \text{ M}} = 2$ 이므로 $K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]} = 2 \times 10^{-7}$ 이다.

㉢. (가)는 (나)보다 $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$ 가 크므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 작다. 따라서 (가)의 $\text{pH} > 7.0$ 이다.

㉣. (다) 100 mL에 들어 있는 HA 의 양은 $0.2 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 0.02 \text{ mol}$ 이고, A^- 의 양은 $0.2 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 0.02 \text{ mol}$ 이다. 1 M $\text{NaA}(aq)$ 10 mL에 들어 있는 A^- 의 양은 $1 \text{ M} \times 0.01 \text{ L} = 0.01 \text{ mol}$ 이다. (다) 100 mL에 1 M $\text{NaA}(aq)$ 10 mL를 첨가하면 $\frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]} = \frac{0.02}{0.02+0.01} = \frac{2}{3}$ 이고, $[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]} \times$

$$K_a = \frac{4}{3} \times 10^{-7} \text{이므로 } \text{pH} < 7.0 \text{이다.}$$

09 완충 용액의 pH

(가)에서 $\text{pH}=13.0$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]=1 \times 10^{-13} \text{ M}$ 이고, $[\text{OH}^-]=\frac{K_w}{[\text{H}_3\text{O}^+]}=0.1(\text{M})$ 이다. 따라서 AOH는 모두 이온화하는 강염기이다.

㉠ (가)의 부피가 0.2 L 이므로 OH^- 의 양은 $0.1 \text{ M} \times 0.2 \text{ L}=0.02 \text{ mol}$ 이다.

㉡ (나)에서 $\text{pH}=3.0$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]=1 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이다. 따라서 HB는 일부만 이온화하는 약산이다. HB의 이온화 상수 $K_a=\frac{[\text{B}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HB}]}=\frac{(1 \times 10^{-3})^2}{0.2-1 \times 10^{-3}} \approx \frac{(1 \times 10^{-3})^2}{0.2}=5 \times 10^{-6}$

이다. B^- 의 이온화 상수 $K_b=\frac{K_w}{K_a}=\frac{1 \times 10^{-14}}{5 \times 10^{-6}}=2 \times 10^{-9}$ 이다.

㉢ (가)에서 강염기인 AOH의 양은 $0.1 \text{ M} \times 0.2 \text{ L}=0.02 \text{ mol}$ 이고, (나)에서 약산인 HB의 양은 $0.2 \text{ M} \times 0.2 \text{ L}=0.04 \text{ mol}$ 이다. (가)와 (나)를 모두 혼합한 수용액의 $\frac{[\text{HB}]}{[\text{B}^-]}=1$ 이므로 혼합

수용액에서 $[\text{H}_3\text{O}^+]=\frac{[\text{HB}]}{[\text{B}^-]} \times K_a=5 \times 10^{-6}(\text{M})$ 이다. 이 수용액에 $0.1 \text{ M HCl}(\text{aq})$ 을 가하면 $\frac{[\text{HB}]}{[\text{B}^-]} > 1$ 이 되고, $[\text{H}_3\text{O}^+] > 5 \times 10^{-6} \text{ M}$ 이 되므로 $\text{pH}=6.0$ 인 수용액은 만들 수 없다.

10 여러 가지 수용액의 pH

$\text{pH}=1.0$ 이면 $[\text{H}_3\text{O}^+]=1 \times 10^{-1} \text{ M}$ 이고, $\text{pH}=3.0$ 이면 $[\text{H}_3\text{O}^+]=1 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이다.

㉠ (가)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+]=1 \times 10^{-1} \text{ M}$ 이므로 HA는 모두 이온화하는 강산이고, K_a 는 매우 크다. (나)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+]=1 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이므로 HB는 일부만 이온화하는 약산이고, $K_a=\frac{[\text{B}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HB}]}=\frac{(1 \times 10^{-3})^2}{0.2}=5 \times 10^{-6}$ 이다. 따라서 K_a 는 HA가 HB보다 크다.

㉡ HB의 $K_a=5 \times 10^{-6}$ 이므로 B^- 의 $K_b=\frac{K_w}{K_a}=\frac{1 \times 10^{-14}}{5 \times 10^{-6}}=2 \times 10^{-9}$ 이다. (다)에서 $[\text{OH}^-]=y \text{ M}$ 라고 하면, B^- 은 약염기이므로 $K_b=\frac{[\text{HB}][\text{OH}^-]}{[\text{B}^-]}=\frac{y^2}{0.2-y} \approx \frac{y^2}{0.2}=2 \times 10^{-9}$ 이고, $y=2 \times 10^{-5}$ 이며, $[\text{H}_3\text{O}^+]=\frac{K_w}{[\text{OH}^-]}=\frac{1 \times 10^{-14}}{2 \times 10^{-5}}=5 \times 10^{-10}(\text{M})$ 이므로 $\text{pH}=-\log[\text{H}_3\text{O}^+]=10.0-\log 5=x > 9.0$ 이다.

㉢ $[\text{H}_3\text{O}^+]=\frac{[\text{HB}]}{[\text{B}^-]} K_a$ 이다. (가)와 (다)를 모두 혼합한 수용액에서 $\frac{[\text{HB}]}{[\text{B}^-]}=1$ 이고, (나)와 (다)를 모두 혼합한 수용액에서 $\frac{[\text{HB}]}{[\text{B}^-]}=1$ 이므로 두 혼합 수용액의 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 같고, pH 도 같다.

11 완충 용액의 pH

㉠ (다)에서 $\text{pH}=5.0$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]=1 \times 10^{-5} \text{ M}$ 이고, $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$
 $=4$ 이므로 $K_a=\frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]}=4 \times 10^{-5}$ 이다.

㉡ (가)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+]=x \text{ M}$ 라고 하면, HA는 약산이므로 $K_a=\frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]}=\frac{x^2}{0.2-x} \approx \frac{x^2}{0.2}=4 \times 10^{-5}$ 이고, $x^2=8 \times 10^{-6}$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] > 2 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이다.

㉢ $[\text{H}_3\text{O}^+]=\frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]} K_a$ 이므로 $[\text{OH}^-]=\frac{K_w}{[\text{H}_3\text{O}^+]}=\frac{[\text{A}^-]K_w}{[\text{HA}]K_a}$ 이다. 따라서 $[\text{OH}^-]$ 는 $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$ 에 비례한다. $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$ 는 (다)가 (나)의 2배이므로 $[\text{OH}^-]$ 는 (다)가 (나)의 2배이다.

12 완충 용액의 pH

약산 HA의 $K_a=\frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]}$ 이다.

㉠ (나)에서 $\text{pH}=5.0$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]=1 \times 10^{-5} \text{ M}$ 이고, $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$
 $=1$ 이므로 $K_a=1 \times 10^{-5}$ 이다.

㉡ $[\text{H}_3\text{O}^+]=\frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]} K_a$ 이다. (나)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+]=1 \times 10^{-5} \text{ M}$ 이고, $[\text{OH}^-]=\frac{K_w}{[\text{H}_3\text{O}^+]}=1 \times 10^{-9}(\text{M})$ 이다. (다)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+]=\frac{1}{2} \times 10^{-5} \text{ M}$ 이므로 $\frac{(\text{다})[\text{H}_3\text{O}^+]}{(\text{나})[\text{OH}^-]}=\frac{5 \times 10^{-6} \text{ M}}{1 \times 10^{-9} \text{ M}}=5 \times 10^3$ 이다.

㉢ (다)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+]=\frac{1}{2} \times 10^{-5} \text{ M}$ 이므로 $\text{pH}=5.0+\log 2$ 이고, $a=\log 2$ 이다. (가)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+]=2 \times 10^{-5} \text{ M}$ 이므로 $\text{pH}=5.0-\log 2=5.0-a=5.0-b$ 이다. 따라서 $a=b$ 이다.

07 반응 속도

수능 2점 테스트

본문 139~141쪽

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

01 화학 반응의 빠르기 측정

(가)와 (나)에서 일어나는 반응의 화학 반응식은 각각 다음과 같다.



㉠. (가)에서는 생성된 $\text{H}_2(g)$ 를 주사기에 포집하여 발생한 $\text{H}_2(g)$ 의 부피(mL)로 화학 반응의 빠르기를 측정한다. 반응 시간(s)

㉡. (나)에서는 플라스크를 빠져나간 $\text{CO}_2(g)$ 의 질량을 측정하여 발생한 $\text{CO}_2(g)$ 의 질량(g)으로 화학 반응의 빠르기를 측정한다. 반응 시간(s)

㉢. (가)에서는 $\text{H}_2(g)$ 가, (나)에서는 $\text{CO}_2(g)$ 가 발생한다.

02 평균 반응 속도와 순간 반응 속도

t s마다 $\text{A}(g)$ 의 농도가 $\frac{1}{2}$ 배씩 감소하므로 이 반응은 반감기가 t s인 1차 반응이다. 반응 속도식은 $v = k[\text{A}]$ 이므로 $m = 1$ 이다. $\text{A}(g)$ 의 농도 변화가 $0 \sim t$ s 동안이 $t \sim 2t$ s 동안의 2배이므로 평균 반응 속도는 $0 \sim t$ s 동안이 $t \sim 2t$ s 동안의 2배($x = 2$)이다. $\text{A}(g)$ 의 농도가 t s일 때가 $2t$ s일 때의 2배이므로 순간 반응 속도는 t s일 때가 $2t$ s일 때의 2배($y = 2$)이다. 따라서 $m + x + y = 5$ 이다.

03 1차 반응의 반감기

$\text{A}(g)$ 의 초기 농도와 초기 반응 속도가 서로 비례하므로 이 반응은 $\text{A}(g)$ 에 대한 1차 반응이다.

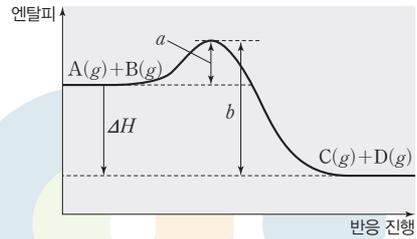
㉠. 1차 반응이므로 반응 속도식은 $v = k[\text{A}]$ 이다. 따라서 $m = 1$ 이다.

㉢. 1차 반응이므로 반감기는 농도와 관계없이 일정하다. 따라서 I에서 $\text{A}(g)$ 의 반감기 / II에서 $\text{A}(g)$ 의 반감기 = 1이다.

㉡. 반응 몰비가 $\text{A}(g) : \text{B}(g) = 2 : 1$ 이므로 같은 시간 동안 감소한 $[\text{A}]$ 가 증가한 $[\text{B}]$ 의 2배이다. 따라서 III에서 $\frac{[\text{B}] \text{의 증가 속도}}{[\text{A}] \text{의 감소 속도}} = \frac{1}{2}$ 이다.

04 활성화 에너지

$\Delta H < 0$ 이므로 정반응은 발열 반응이며, 반응 진행에 따른 엔탈피를 나타내면 다음과 같다.



- ㉠. 발열 반응이므로 엔탈피의 총합은 반응물이 생성물보다 크다.
㉡. 발열 반응이므로 역반응의 활성화 에너지가 정반응의 활성화 에너지보다 크다. 따라서 $b > a$ 이다.
㉢. $\Delta H = a - b = -200$ 이므로 $b - a = 200$ 이다.

05 1차 반응에서 반응물과 생성물의 농도

$\text{A}(g)$ 2 mol이 반응하여 $\text{B}(g)$ 4 mol, $\text{C}(g)$ 1 mol이 생성되는 반응이고, t min일 때 $[\text{B}] = x$ M이므로 $[\text{A}] = \frac{1}{2}x$ M이며,

$2t$ min일 때 $[\text{A}] = \frac{1}{4}x$ M이므로 $[\text{B}] = \frac{3}{2}x$ M이다.

㉠. t min마다 $\text{A}(g)$ 의 농도가 $\frac{1}{2}$ 배로 줄어들기 때문에 이 반응은 반감기가 t min인 1차 반응이다. 따라서 $m = 1$ 이다.

㉡. 반응 속도는 $[\text{A}]$ 에 비례한다. $[\text{A}]$ 는 t min일 때 $\frac{1}{2}x$ M, $3t$ min일 때 $\frac{1}{8}x$ M이므로 반응 속도는 t min일 때가 $3t$ min일 때의 4배이다.

㉢. $4t$ min일 때 $[\text{A}] = \frac{1}{16}x$ M이므로 $[\text{C}] = \frac{15}{16}x$ M $\times \frac{1}{2} = \frac{15}{32}x$ M이다.

06 1차 반응과 반응 속도식

이 반응은 $\text{A}(g)$ 에 대한 1차 반응, $\text{B}(g)$ 에 대한 0차 반응이므로 반응 속도는 $\text{A}(g)$ 의 농도에만 비례하고, $\text{B}(g)$ 의 농도와는 무관하다.

㉠. I과 II의 초기 반응 속도가 같으므로 초기 $\text{A}(g)$ 의 양(mol)이 같다. 따라서 $a = 1$ 이다.

㉡. 초기 $\text{A}(g)$ 의 양(mol)이 III에서가 I에서의 3배이므로 초기 반응 속도도 III에서가 I에서의 3배이다. 따라서 $v_2 = 3v_1$ 이다.

㉢. A에 대한 1차 반응이므로 $\text{A}(g)$ 의 반감기는 I~III에서 모두 t min이다.

07 반응 속도식의 결정

실험 I과 II에서 초기 [A]가 2배 증가하였을 때 초기 반응 속도가 4배 증가하였으므로 $m=2$ 이고, 실험 II와 III에서 초기 [B]가 2배 증가하였을 때 초기 반응 속도가 2배 증가하였으므로 $n=1$ 이다. 반응 속도식은 $v=k[A]^m[B]^n$ 이며, 실험 II와 IV에서 초기 [B]가 3배 증가하였을 때 초기 반응 속도도 3배 증가하였으므로 초기 [A]는 실험 II와 IV에서 같다. 따라서 ㉠은 $2a$ 이므로 $(m+n) \times \text{㉠} = 6a$ 이다.

08 1차 반응의 반감기

x min일 때까지 감소한 A(○)의 양(mol)이 증가한 B(▲)의 양(mol)의 2배이므로 반응 계수비는 $a : b = 2 : 1$ 이고, x min일 때는 A의 양(mol)이 반응 전의 $\frac{1}{4}$ 배이므로 두 번째 반감기에 도달한 시점이고, $(x+y)$ min일 때는 A의 양(mol)이 반응 전의 $\frac{1}{8}$ 배이므로 세 번째 반감기에 도달한 시점이다.

㉠ $a : b = 2 : 1$ 이므로 $a = 2b$ 이다.

㉡ 이 반응은 1차 반응이며, x min이 두 번째 반감기에 도달한 시점이므로 반감기는 $\frac{x}{2}$ min(= y min)이다.

㉢ y min 동안 감소한 ○의 수가 2이므로 증가한 ▲의 수는 1이다. 따라서 $(x+y)$ min일 때 용기에 들어 있는 ▲의 수는 7이다.

09 1차 반응과 반응 속도식

t min마다 $\text{H}_2\text{O}_2(aq)$ 의 몰 농도가 $\frac{1}{2}$ 배로 줄어들기 때문에 과산화 수소(H_2O_2)의 분해 반응은 1차 반응이다.

㉠ 이 반응은 과산화 수소에 대한 1차 반응이므로 반응 속도식은 $v = k[\text{H}_2\text{O}_2]$ 이다.

㉡ 1 M $\text{H}_2\text{O}_2(aq)$ 500 mL에 들어 있는 H_2O_2 의 양은 $\frac{1}{2}$ mol이며, $3t$ min일 때까지 감소한 H_2O_2 의 양이 $(\frac{1}{2} - \frac{1}{16})$ mol = $\frac{7}{16}$ mol이므로 생성된 $\text{O}_2(g)$ 의 양은 $\frac{7}{16} \text{ mol} \times \frac{1}{2} = \frac{7}{32}$ mol이다.

㉢ 감소한 H_2O_2 의 양(mol)은 $t \sim 2t$ min 동안에서 $2t \sim 3t$ min 동안에서의 2배이므로 $\frac{2t \sim 3t \text{ min 동안의 평균 반응 속도}}{t \sim 2t \text{ min 동안의 평균 반응 속도}} = \frac{1}{2}$ 이다.

10 1차 반응에서 반응물과 생성물의 농도

t min마다 증가한 B(g)의 양(mol)이 감소한 A(g)의 양(mol)의 2배이고, t min마다 A(g)의 양은 $\frac{1}{2}$ 배로 줄어들기 때문에 이 반응의 반감기는 t min이다.

㉠ 반응 계수비 $a : b = 1 : 2$ 이므로 $b = 2a$ 이다.

㉡ 반감기가 t min으로 일정하므로 이 반응은 A에 대한 1차 반응이다.

㉢ $3t$ min일 때는 세 번째 반감기에 도달한 시점이며, $[A] = x = \frac{1}{2}(M)$, $[B] = y = 7(M)$ 이므로 $\frac{x}{y} = \frac{1}{14}$ 이다.

11 1차 반응과 기체의 부분 압력

t min일 때 용기 속 전체 기체의 압력이 0.8 atm이므로 반응이 진행되어도 전체 기체의 압력이 변하지 않는다. 따라서 화학 반응식에서 반응물의 반응 계수와 생성물의 반응 계수의 합이 같다. $2 = b + 1$ 이므로 $b = 1$ 이다. $3t$ min일 때 $P_A = 0.1$ atm이므로 처음 압력의 $\frac{1}{8}$ 배이다. 따라서 $3t$ min은 세 번째 반감기에 도달한 시점이며, 첫 번째 반감기에 도달한 시점이 t min이므로 이 반응은 반감기가 t min으로 일정한 1차 반응이다. $2t$ min일 때 $P_A = 0.2$ atm, $P_B = P_C = 0.3$ atm이므로 B(g)의 몰 분율은 $\frac{0.3}{0.2 + 0.3 + 0.3} = \frac{3}{8}$ 이다.

12 1차 반응과 몰 분율

t min일 때까지 증가한 B(g)의 양을 x mol이라고 하면, $X_A = \frac{2 - 2x}{2 - 2x + x} = \frac{2}{3}$ 를 만족하는 $x = 0.5$ 이므로 t min일 때 용기에 들어 있는 각 기체의 양은 A(g)가 1 mol, B(g)가 0.5 mol이다.

㉠ t min일 때 A(g)의 양(mol)이 반응 전의 $\frac{1}{2}$ 배가 되었으므로 반응의 반감기는 t min이다.

㉡ A에 대한 1차 반응이므로 반감기가 t min으로 일정하며, $2t$ min일 때 A(g)의 양은 0.5 mol, B(g)의 양은 0.75 mol이므로 $X_A = x = \frac{0.5}{1.25} = \frac{2}{5}$ 이다.

㉢ 온도와 부피가 일정하므로 용기 속 기체의 부분 압력은 기체의 양(mol)에 비례한다. 따라서

$\frac{t \text{ min일 때 B(g)의 부분 압력}}{2t \text{ min일 때 A(g)의 부분 압력}} = \frac{0.5 \text{ mol}}{0.5 \text{ mol}} = 1$ 이다.

수능 3월 테스트

본문 142~147쪽

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

01 1차 반응의 반감기

$2t$ min일 때까지 감소한 [A]를 y M라고 하면, $2t$ min일

때 $[A] = (1.6 - y) M$, $[B] = 2y M$ 이며, $B(g)$ 의 몰 분율이 $\frac{2y}{1.6+y} = \frac{6}{7}$ 이므로 $y = 1.2$ 이다. $2t$ min일 때 $[A] = 0.4 M$ 이고, 반응 전의 $\frac{1}{4}$ 배이므로 $2t$ min은 두 번째 반감기에 도달한 시점이다. 1차 반응이므로 반감기는 t min이고, $3t$ min은 세 번째 반감기에 도달한 시점이며, 온도와 부피가 일정하므로 전체 기체의 압력은 전체 기체의 몰 농도에 비례한다 ($P = \left(\frac{n}{V}\right)RT = CRT$, C 는 전체 기체의 몰 농도). 따라서 t min과 $3t$ min일 때의 $\frac{\text{용기 속 전체 기체의 압력}}{[A]}$ 비는 $\frac{0.8+1.6}{0.8} : \frac{0.2+2.8}{0.2} = 1 : x$ 이고, 이를 만족하는 $x = 5$ 이다.

02 1차 반응과 전체 기체의 압력

$A(g)$ 와 $B(g)$ 의 반응 계수가 같으므로 반응이 진행됨에 따라 증가하는 전체 기체의 압력은 용기 속 증가하는 $C(g)$ 의 양에 비례한다. 증가한 전체 기체의 압력이 $t \sim 2t$ min일 때가 $2t \sim 3t$ min일 때의 2배이므로 증가한 $C(g)$ 의 양도 $t \sim 2t$ min일 때가 $2t \sim 3t$ min일 때의 2배이며, 이 반응은 반감기가 t min인 1차 반응이다. 반감기가 일정하므로 반응 전 $A(g)$ 의 압력은 $0.8P$ atm이며, 증가한 $B(g)$ 의 양도 $t \sim 2t$ min일 때가 $2t \sim 3t$ min일 때의 2배이어야 하므로 $2t$ min일 때 $[B] = 1.2 M$ 임을 알 수 있다.

✕. $0 \sim 2t$ min 동안 생성된 $B(g)$ 와 $C(g)$ 의 양(mol)이 같으므로 $c = 1$ 이다.

㉠. 감소한 $[A]$ 는 $0 \sim t$ min 동안에서 $2t \sim 3t$ min 동안에서의 4배이므로 $\frac{2t \sim 3t \text{ min 동안의 평균 반응 속도}}{0 \sim t \text{ min 동안의 평균 반응 속도}} = \frac{1}{4}$ 이다.

㉡. 온도와 부피가 일정하므로 전체 기체의 압력은 전체 기체의 몰 농도에 비례한다. 반응 전 $A(g)$ 의 농도를 $x M$ 라고 하면 t min일 때 $[A] = 0.5x M$, $[B] = [C] = 0.8 M$ 이므로 반응 전과 t min일 때의 몰 농도비 $x : (0.5x + 1.6) = 0.8P : 1.2P = 2 : 3$ 을 만족하는 $x = 1.6$ 이다. t min일 때는 반감기가 1회 지난 시점이므로 $[A] = 0.8 M$ 이며, $2t$ min일 때 $[B] = 1.2 M$ 이다. 따라서 $\frac{t \text{ min일 때 } A(g) \text{의 부분 압력}}{2t \text{ min일 때 } B(g) \text{의 부분 압력}} = \frac{2}{3}$ 이다.

03 1차 반응과 생성물의 몰 분율

생성되는 $C(g)$ 의 양(mol)은 $B(g)$ 의 양(mol)의 2배이고, t_2 min일 때 $X_B = \frac{3}{10}$ 이므로 $X_C = \frac{3}{5} \left(= \frac{6}{10} \right)$, $X_A = \frac{1}{10}$ 이다. t_2 min일 때 용기에 들어 있는 전체 기체의 양을 $10n$ mol이라고 하면, $A(g)$ 는 n mol, $B(g)$ 는 $3n$ mol, $C(g)$ 는 $6n$ mol이 들어 있다. $B(g)$ 의 증가한 양(mol)과 $A(g)$ 의 감소한 양(mol)

이 같으므로 반응 전 $A(g)$ 의 양은 $4n$ mol이다. 이 반응은 A에 대한 1차 반응이므로 t_2 min은 두 번째 반감기에 도달한 시점이며, 첫 번째 반감기에서 용기에 들어 있는 각 기체의 양은 $A(g)$ 가 $2n$ mol, $B(g)$ 가 $2n$ mol, $C(g)$ 가 $4n$ mol이므로 $X_B = \frac{1}{4}$ 이다. t_1 min일 때 $X_B < \frac{1}{4}$ 이므로 t_1 min은 첫 번째 반감기에 도달하지 못한 시점이다.

㉠. t_2 min일 때 용기에 들어 있는 $A(g)$ 의 질량은 반응 전의 $\frac{1}{4}$ 배이므로 $\frac{1}{4}wg$ 이다.

✕. 이 반응은 A에 대한 1차 반응이므로 반감기가 일정하다. t_2 min은 두 번째 반감기인 시점이고, t_1 min은 첫 번째 반감기에 도달하기 전이므로 $t_2 > 2t_1$ 이다.

✕. t_1 min일 때 용기에 들어 있는 $B(g)$ 의 양을 x mol이라고 하면, $A(g)$ 의 양은 $(4n - x)$ mol, $C(g)$ 의 양은 $2x$ mol이므로

$X_B = \frac{x}{4n+2x} = \frac{1}{6}$ 을 만족하는 $x = n$ 이다. 따라서

$\frac{t_1 \text{ min일 때 용기에 들어 있는 } A(g) \text{의 양(mol)}}{t_2 \text{ min일 때 용기에 들어 있는 } C(g) \text{의 양(mol)}} = \frac{4n-n}{6n} = \frac{1}{2}$ 이다.

04 1차 반응에서 반응물과 생성물의 농도 변화

반응 전 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 농도를 각각 $x M$, $(1-x) M$ 라고 하고, t min일 때까지 감소한 $A(g)$ 의 농도를 $y M$ 라고 하면, t min에서 $[A] = (x-y) M$, $[B] = (1-x+2y) M$ 이므로 $x-y+1-x+2y = 1.4$ 를 만족하는 $y = 0.4$ 이다. $3t$ min일 때까지 감소한 $A(g)$ 의 농도를 $z M$ 라고 하면, $3t$ min에서 $[A] = (x-z) M$, $[B] = (1-x+2z) M$ 이므로 $x-z+1-x+2z = 1.7$ 을 만족하는 $z = 0.7$ 이다. $\frac{3t \text{ min일 때 } [B]}{t \text{ min일 때 } [A]}$

$\frac{2.4-x}{x-0.4} = 4$ 를 만족하는 $x = 0.8$ 이다. $A(g)$ 의 농도는 반응 전

$0.8 M$, t min일 때 $0.4 M$, $3t$ min일 때 $0.1 M$ 이므로 이 반응은 반감기가 t min인 1차 반응이다.

㉠. 반응 전 $A(g)$ 의 농도는 $0.8 M$ 이며, $B(g)$ 의 농도는 $0.2 M$ 이다. 부피가 같으므로 용기에 들어 있는 기체의 양은 $A(g)$ 가 $B(g)$ 보다 크다.

㉡. $0 \sim t$ min 동안 감소한 $[A] = 0.4 M$ 이고, $2t \sim 3t$ min 동안 감소한 $[A] = 0.1 M$ 이므로 $\frac{2t \sim 3t \text{ min 동안의 평균 반응 속도}}{0 \sim t \text{ min 동안의 평균 반응 속도}} = \frac{1}{4}$ 이다.

✕. $4t$ min은 반감기가 4회 지난 시점이므로 $[A] = 0.8 M \times \frac{1}{16} = 0.05 M$ 이다. $4t$ min일 때까지 감소한 $[A] = 0.75 M$ 이므로 $[B] = (0.2 + 2 \times 0.75) M = 1.7 M$ 이다.

05 1차 반응과 반응 계수에 따른 압력 변화

화학 반응식에서 A(g)의 반응 계수가 B(g)의 반응 계수보다 크므로 반응이 진행되면 $P_A + P_B$ 는 감소한다. ㉠은 반응이 진행되면서 값이 증가하므로 $P_A + P_C$ 이고, $c > 2$ 이다. ㉠-㉡

($= P_C - P_B$)의 증가량이 $0 \sim t$ min에서 $\frac{1}{2}$ atm, $t \sim 2t$ min에서 $\frac{1}{4} \left(= \frac{3}{4} - \frac{1}{2} \right)$ atm이므로 t min마다 증가량이 $\frac{1}{2}$ 배씩 감소한다. 따라서 이 반응은 반감기가 t min인 1차 반응이다.

✕. t min마다 증가한 $P_A + P_C$ 와 감소한 $P_A + P_B$ 가 같다. 반응 계수가 B(g)가 A(g)보다 1 작으므로 C(g)는 A(g)보다 1 커야 한다. 따라서 $c=3$ 이다.

㉢. t min일 때는 첫 번째 반감기에 도달한 시점이므로 $P_A = \frac{1}{2}$ atm, $P_B = \frac{1}{4}$ atm, $P_C = \frac{3}{4}$ atm이다. 따라서 C(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{2}$ 이다.

㉣. $3t$ min일 때는 세 번째 반감기에 도달한 시점이므로 $P_A = \frac{1}{8}$ atm, $P_B = \frac{7}{16}$ atm이다. 따라서 $x = \frac{1}{8} + \frac{7}{16} = \frac{9}{16}$ 이다.

06 1차 반응의 반감기

반응 몰비가 A : B = 4 : 1이므로 t_2 min에서 $[B] = 0.35$ M이며, t_2 min에서 $[B] : [C] = 0.35$ M : 2.1 M = 1 : 6이므로 $c=6$ 이다. t_1 min에서 $[C] = 1.8$ M이고, 반응 몰비가 A : C = 2 : 3이므로 반응 후 t_1 min일 때까지 감소한 $[A] = 1.2$ M이며, 반응 전 $[A] = 1.6$ M이다. 이 반응은 1차 반응이고, t_1 min에서 $[A]$ 는 처음의 $\frac{1}{4}$ 배, t_2 min에서 $[A]$ 는 처음의 $\frac{1}{8}$ 배이므로 t_1 min과 t_2 min은 각각 두 번째 반감기와 세 번째 반감기에 도달한 순간이다.

㉠. $c=6$ 이므로 $c > 5$ 이다.

✕. 반감기를 t min이라고 하면, $t_1 = 2t$, $t_2 = 3t$ 이므로 $t_2 = \frac{3}{2}t_1$ 이다.

㉢. 온도와 부피가 일정하므로 기체의 압력은 몰 농도에 비례한다.
$$\frac{\text{반응 전 A(g)의 압력}}{t_1 \text{ min일 때 전체 기체의 압력}} = \frac{1.6 \text{ M}}{(0.4 + 0.3 + 1.8) \text{ M}} = \frac{16}{25}$$
이다.

07 1차 반응의 반감기와 압력 변화

$\frac{w_B}{w_A} = 1$ 일 때는 w_A 가 처음의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 첫 번째 반감기에 도달한 순간이며, $\frac{w_B}{w_A} = 3$ 일 때는 w_A 가 처음의 $\frac{1}{4}$ 배이므로 두 번째 반감기에 도달한 순간이다.

㉠. $\frac{w_B}{w_A} = 1$ 일 때, A(g)의 부분 압력이 $3.2 \times \frac{1}{2} = 1.6$ (atm)이므로 B(g)의 부분 압력은 $4.8 - 1.6 = 3.2$ (atm)이다. 증가한 B(g)의 부분 압력이 감소한 A(g)의 부분 압력의 2배이므로 $b = 2a$ 이다.

㉢. $\frac{w_B}{w_A} = 3$ 일 때, A(g)의 부분 압력이 $3.2 \times \frac{1}{4} = 0.8$ (atm)이므로 B(g)의 부분 압력은 $(3.2 - 0.8) \times 2 = 4.8$ (atm)이다. 따라서 $x = 0.8 + 4.8 = 5.6$ (atm)이다.

㉣. 온도와 부피가 일정하므로 기체의 몰 농도는 압력에 비례한다. 1차 반응이므로 $\frac{w_B}{w_A}$ 가 0에서 1이 되는 동안 걸린 시간과

$\frac{w_B}{w_A}$ 가 1에서 3이 되는 동안 걸린 시간은 같고, A(g)의 부분 압력 변화는 $\frac{w_B}{w_A}$ 가 0에서 1이 되는 동안은 1.6 atm, $\frac{w_B}{w_A}$ 가 1에서 3이 되는 동안은 0.8 atm이므로

$$\frac{\frac{w_B}{w_A} \text{가 1에서 3이 되는 동안의 평균 반응 속도}}{\frac{w_B}{w_A} \text{가 0에서 1이 되는 동안의 평균 반응 속도}} = \frac{1}{2}$$
이다.

08 1차 반응에서 반응물과 생성물의 질량 변화

초기 상태 A(g)의 양을 $4n$ mol, t_1 min일 때까지 반응한 A(g)의 양을 $2x$ mol이라고 하면 용기 속 전체 기체의 압력은 전체 기체의 양(mol)에 비례하므로(온도, 부피 일정)

$$\frac{t_1 \text{ min일 때 전체 기체의 압력}}{0 \text{ min일 때 A(g)의 압력}} = \frac{4n + 2x}{4n} = \frac{5}{4}$$
를 만족하는 $x = \frac{1}{2}n$ ($2x = n$)이다. t_1 min일 때 A(g)의 양(mol)은 $4n - 2x = 3n$ 이므로 초기 상태의 $\frac{3}{4}$ 배이고, t_1 min일 때 A(g)의 질량을

$51w$ g이라고 하면 초기 상태 A(g)의 질량은 $51w \text{ g} \times \frac{4}{3} = 68w$ g이다. t_1 min일 때 $w_B + w_C = 17w$ g, $w_C - w_B = 11w$ g이므로 $w_B = 3w$ g, $w_C = 14w$ g이고, 반응 질량비는 A : B : C = 17 : 3 : 14이다. t_2 min일 때까지 반응한 A(g)의 질량을

$17y$ g이라고 하면, t_2 min일 때
$$\frac{w_C - w_B}{w_A} = \frac{14y - 3y}{68w - 17y} = \frac{11}{17}$$
을 만족하는 $y = 2w$ 이며, t_2 min에서 A(g)의 질량이 초기 상태의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 t_2 min은 첫 번째 반감기에 도달한 시점이다.

t_3 min일 때까지 반응한 A(g)의 질량을 $17z$ g이라고 하면, t_3 min일 때
$$\frac{w_C - w_B}{w_A} = \frac{14z - 3z}{68w - 17z} = \frac{33}{17}$$
을 만족하는 $z = 3w$

이며, t_3 min에서 A(g)의 질량이 초기 상태의 $\frac{1}{4}$ 배이므로 t_3 min은 두 번째 반감기에 도달한 시점이다. 1차 반응이므로 반감기는 일정하여 $t_3 = 2t_2$ 이다. 반응 전 A(g)의 양이 $4n$ mol이

고, t_3 min에서 각 기체의 양은 $A(g)$ n mol($3n$ mol이 반응함), $B(g)$ $4.5n$ mol, $C(g)$ $1.5n$ mol이므로 $C(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{1.5n}{7n} = \frac{3}{14}$ 이다. 따라서 $\frac{t_3}{t_2} \times (t_3 \text{ min일 때 } C(g) \text{의 몰 분율}) = 2 \times \frac{3}{14} = \frac{3}{7}$ 이다.

09 1차 반응에서 반응물과 생성물의 농도비

반응 후 t min일 때까지 반응한 $A(g)$ 의 양을 x mol이라고 하면 t min에서 $A(g)$ 의 양은 $(1-x)$ mol, $B(g)$ 의 양은 $2x$ mol이다. 부피가 같으므로 $\frac{[B]}{[A]} = \frac{2x}{1-x} = 2$ 를 만족하는 $x = \frac{1}{2}$ 이다.

$2t$ min일 때 $B(g)$ 의 양을 $2y$ mol이라고 하면 $\frac{[B]}{[A]} = \frac{2y}{1-y} = 6$ 을 만족하는 $y = \frac{3}{4}$ 이다. $A(g)$ 의 양은 t min일 때 $\frac{1}{2}$ mol,

$2t$ min일 때 $\frac{1}{4}$ mol이므로 이 반응은 반감기가 t min인 1차 반응이다.

㉠ t min일 때 용기 속 $B(g)$ 의 양은 $2x = 1$ mol이다.

㉡ $2t$ min일 때 $\frac{[B]}{[A]} = 6$ 이므로 기체의 양은 $B(g)$ 가 $A(g)$ 의 6배이다. 따라서 용기 속 $A(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{1}{7}$ 이다.

㉢ $3t$ min일 때는 반감기가 3회 지난 시점이므로 $A(g)$ 의 양은 $\frac{1}{8}$ mol, $B(g)$ 의 양은 $\frac{7}{4}$ mol이다. 따라서 $\frac{[B]}{[A]} = a = \frac{7}{\frac{1}{8}} = 14$

이다.

10 1차 반응의 반감기와 압력 변화

1 L 강철 용기에 들어 있는 $A(g)$ x g의 몰 농도를 a M라고 하면, 실험 (가)에서 t_1 min일 때 $A \sim C$ 의 몰 농도는 다음과 같다.

	$2A(g) \longrightarrow 2B(g) + C(g)$		
반응 전(M)	a		
반응(M)	$-(a-0.1)$	$+(a-0.1)$	$+\frac{1}{2}(a-0.1)$
반응 후(M)	0.1	$a-0.1$	$\frac{1}{2}(a-0.1)$

실험 (나)에서 t_2 min일 때 $A \sim C$ 의 몰 농도는 다음과 같다.

	$2A(g) \longrightarrow 2B(g) + C(g)$		
반응 전(M)	$2a$		
반응(M)	-0.4	$+0.4$	$+0.2$
반응 후(M)	$2a-0.4$	0.4	0.2

온도와 부피가 일정하므로 용기 속 전체 기체의 압력은 전체 몰

농도에 비례하며, $(1.5a-0.05) : (2a+0.2) = 11 : 20$ 을 만족하는 $a = 0.4$ 이다.

(가)에서 A 의 초기 농도는 0.4 M이고, t_1 min일 때 A 의 몰 농도가 0.1 M이므로 t_1 min은 반감기가 2회 지난 시점이고, (나)에서 A 의 초기 농도는 0.8 M이고, t_2 min일 때 A 의 몰 농도가 0.4 M이므로 t_2 min은 반감기가 1회 지난 시점이다.

㉠ 온도가 일정하고 A 에 대한 1차 반응이므로 반감기가 일정하다. 따라서 $t_1 = 2t_2$ 이다.

㉡ (가)에서 $A(g)$ x g이 1 L 용기에 들어 있을 때 A 의 몰 농도가 0.4 M이므로 A 의 분자량은 $\frac{5}{2}x$ 이다.

㉢ (가)에서 t_2 min일 때는 반감기가 1회 지난 시점이므로 $[B] = 0.2$ M이다.

11 1차 반응에서 반응물과 생성물의 농도 변화

$2t$ min일 때 $\frac{[C]}{[A]}$ 가 $\frac{[B]}{[A]}$ 의 2배이므로 생성된 양(mol)은 $C(g)$ 가 $B(g)$ 의 2배이다. 초기 상태 $A(g)$ 의 양을 m mol, $2t$ min일 때까지 반응한 $A(g)$ 의 양을 $2n$ mol이라고 하면,

$2t$ min일 때 $\frac{[C]}{[A]} = \frac{2n}{m-2n} = 3$ 이므로 $m = \frac{8}{3}n$ 이다. t min일 때까지 반응한 $A(g)$ 의 양을 $2n'$ mol이라고 하면, t min일 때 $\frac{[C]}{[A]} = \frac{2n'}{\frac{8}{3}n-2n'} = 1$ 이므로 $n' = \frac{2}{3}n$ 이다. t min일 때 $A(g)$

의 양은 $\frac{4}{3}n$ mol로 처음의 $\frac{1}{2}$ 배이고, $2t$ min일 때 $A(g)$ 의 양은 $\frac{2}{3}n$ mol로 처음의 $\frac{1}{4}$ 배이므로 이 반응은 반감기가 t min인 1차 반응이다.

㉠ 반응 몰비가 $B(g) : C(g) = 1 : 2$ 이므로 $c = 2$ 이다.

㉢ $3t$ min일 때는 세 번째 반감기에 도달한 순간이므로 $A(g)$ 의 양은 $\frac{1}{3}n$ mol이며, $B(g)$ 의 양은 $\frac{7}{3}n \text{ mol} \times \frac{1}{2} = \frac{7}{6}n$ mol이

다. 따라서 $x = \frac{[B]}{[A]} = \frac{\frac{7}{6}n}{\frac{1}{3}n} = \frac{7}{2}$ 이다.

㉡ $3t$ min일 때 $C(g)$ 의 양은 $\frac{7}{3}n$ mol이므로 전체 기체의 양은 $(\frac{1}{3}n + \frac{7}{6}n + \frac{7}{3}n) \text{ mol} = \frac{23}{6}n$ mol이다. 초기 상태 $A(g)$ 의 양은 $\frac{8}{3}n$ mol이고, 온도와 부피가 일정하므로 전체 기체의 압력은 전체 기체의 양에 비례한다. 따라서

$\frac{3t \text{ min일 때 전체 기체의 압력}}{0 \text{ min일 때 } A(g) \text{의 압력}} = \frac{\frac{23}{6}n}{\frac{8}{3}n} = \frac{23}{16}$ 이다.

12 반응 속도와 반응 속도 상수

(가)에서 t_1 min일 때 $A(g)$ 의 부분 압력이 $1 - \frac{1}{2} \times \frac{3}{2} = \frac{1}{4}$ (atm)

이고, 1차 반응이므로 t_1 min은 두 번째 반감기에 도달한 시점이다. (나)에서 t_2 min일 때 $X(g)$ 의 부분 압력은

$1 - \frac{3}{4} = \frac{1}{4}$ (atm)이고, 1차 반응이므로 t_2 min도 두 번째 반감기에 도달한 시점이다. $k_1 = 2k_2$ 이고, $A(g)$ 와 $X(g)$ 의 초기 농도가 같으므로 반응 속도는 (가)가 (나)의 2배이며, 반감기는 (나)가 (가)의 2배이다. 따라서 $t_2 = 2t_1$ 이다. (가)에서 t_2 min일 때는 네 번째 반감기에 도달한 시점이므로 $A(g)$ 의 부분 압력은 $\frac{1}{16}$ atm

이고, $B(g)$ 의 부분 압력은 $\frac{15}{16} \times 2 = \frac{15}{8}$ atm이며, $B(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{30}{31}$ 이다. (나)에서 t_1 min일 때는 첫 번째 반감기에 도달한 시점이며, $X(g)$ 와 $Y(g)$ 의 부분 압력은 각각 $\frac{1}{2}$ atm이므로 $X(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{1}{2}$ 이다. 따라서

$\frac{t_1 \text{ min일 때 (나)에서 } X(g) \text{의 몰 분율}}{t_2 \text{ min일 때 (가)에서 } B(g) \text{의 몰 분율}} = \frac{31}{60}$ 이다.

08 반응 속도에 영향을 미치는 요인

수능 2점 테스트

본문 156~158쪽

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

01 반응 속도에 영향을 미치는 요인

표면적이 넓어 반응물 사이의 접촉 면적이 커지면 충돌 횟수가 증가하여 반응 속도가 빨라진다.

㉠ 사탕을 깨물어 부수면 표면적이 증가하므로 빨리 녹는다.

㉡ 더운 곳에 놓아둔 음식이 빨리 상하는 것은 온도가 높을수록 반응 속도가 빨라지기 때문이다.

㉢ 철이 습한 곳에서 더 빨리 녹스는 것은 습한 곳이 공기 중 수증기의 양이 많기 때문이다.

02 반응 속도와 농도

$\text{NaHSO}_3(aq)$ 의 농도는 I~III에서 모두 같지만, $\text{KIO}_3(aq)$ 의 농도는 III > II > I이다. 용액의 색깔이 청람색으로 변하는 순간까지 걸린 시간이 I > II > III이므로 반응 속도는 III > II > I이다. 따라서 $\text{KIO}_3(aq)$ 의 농도가 진할수록 반응 속도가 빠르다. 정촉매를 사용하면 반응 속도가 빨라지긴 하지만 이 실험에서는 촉매를 사용하지 않았으므로 '촉매를 사용하면 반응 속도가 빨라진다.'는 ㉠으로 적절하지 않다.

㉡ 반응물인 $\text{KIO}_3(aq)$ 의 농도가 진할수록 용액의 색깔이 변하는 데 걸리는 시간이 짧으므로 '반응물의 농도가 진할수록 반응 속도가 빠르다.'는 ㉠으로 적절하다.

반응물인 $\text{KIO}_3(aq)$ 의 농도가 진할수록 반응 속도가 빠르므로 '반응물의 농도가 묽을수록 반응 속도가 빠르다.'는 ㉠으로 적절하지 않다.

반응물의 표면적이 클수록 반응 속도가 빨라지긴 하지만 이 실험에서는 표면적에 대한 실험을 수행하지 않았으므로 '반응물의 표면적이 클수록 반응 속도가 빠르다.'는 ㉠으로 적절하지 않다.

이 실험에서는 표면적에 대한 실험을 수행하지 않았으므로 '반응물의 표면적이 작을수록 반응 속도가 빠르다.'는 ㉠으로 적절하지 않다.

03 촉매와 활성화 에너지

X는 부촉매, Y는 정촉매이다.

반응 엔탈피(ΔH)는 촉매를 사용하더라도 변하지 않으므로 X를 넣었을 때와 Y를 넣었을 때가 같다.

㉠ X를 사용하면 정반응의 활성화 에너지가 커지고, Y를 사용

하면 정반응의 활성화 에너지가 작아진다. 정반응의 활성화 에너지가 커지면 역반응의 활성화 에너지도 함께 커지며, 정반응의 활성화 에너지가 작아지면 역반응의 활성화 에너지도 함께 작아지므로 역반응의 활성화 에너지는 X를 넣었을 때가 Y를 넣었을 때보다 크다.

✕. 촉매는 반응 속도에만 영향을 주고, 생성물의 양(mol)과는 무관하므로 평형에 도달하였을 때 생성된 B(g)의 양(mol)은 X를 넣었을 때가 Y를 넣었을 때가 같다.

04 반응 속도와 촉매

실험 I과 II를 비교하면 X를 첨가하였을 때 초기 반응 속도가 증가하였고, 실험 I과 III을 비교하면 온도가 높아졌음에도 불구하고 초기 반응 속도가 감소하였으므로 Y의 첨가가 반응 속도를 감소시켰음을 알 수 있다.

㉠. X는 반응 속도를 증가시키므로 정촉매이다.

㉡. 실험 III과 IV를 비교하면 초기 반응 속도는 IV에서가 III에서보다 빠르므로 $t > 40$ 이다.

✕. 촉매를 사용하더라도 반응 엔탈피(ΔH)는 변하지 않으므로 반응 엔탈피(ΔH)는 I에서와 II에서가 같다.

05 반응 속도 측정 실험과 온도

탄산 칼슘(CaCO_3)과 염산($\text{HCl}(aq)$)의 반응으로 이산화탄소(CO_2)가 발생하며, $\text{CO}_2(g)$ 가 빠져나가면서 질량이 감소하게 된다.

㉠. 감소한 질량은 플라스크를 빠져나간 $\text{CO}_2(g)$ 의 질량과 같으므로 $\frac{\text{생성된 기체의 질량}(g)}{\text{반응 시간}(s)}$ 으로 반응의 빠르기를 나타낼 수 있다.

✕. 온도가 높을수록 반응 속도가 빨라지므로 단위 시간당 생성되는 기체의 질량이 크다. 따라서 $T_2 > T_1$ 이다.

㉡. 염산의 농도가 클수록 초기 반응 속도가 빨라지므로 T_2 에서 1 M의 $\text{HCl}(aq)$ 을 사용하면 반응 초기 화학 반응의 빠르기는 (나)의 T_2 에서보다 크게 나타난다.

06 1차 반응의 반감기와 온도

t min일 때 T_1 에서 A(g)의 질량이 반응 전의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 첫 번째 반감기에 도달한 시점이고, T_2 에서는 A(g)의 질량이 반응 전의 $\frac{1}{4}$ 배이므로 두 번째 반감기에 도달한 시점이다.

㉠. 1차 반응이고, T_2 에서 두 번째 반감기에 도달한 시간이 t min이므로 반감기는 $\frac{t}{2}$ min이다.

㉡. 반감기는 T_1 에서가 T_2 에서보다 길고, 반응 속도는 T_2 에서가 T_1 에서보다 빠르므로 $T_2 > T_1$ 이다.

㉢. $0 \sim t$ min 동안 A(g)의 질량 변화는 (가)에서 $0.5w$ g, (나)에서 $0.75w$ g이므로 $\frac{\text{(나)에서의 평균 반응 속도}}{\text{(가)에서의 평균 반응 속도}} = \frac{0.75w \text{ g}}{0.5w \text{ g}} = \frac{3}{2}$ 이다.

07 1차 반응의 반감기와 온도

A(g)에 대한 1차 반응이므로 온도가 일정하면 반감기는 A(g)의 농도와 관계없이 일정하다.

㉠. T_2 에서의 반감기가 T_1 에서의 반감기보다 길므로 $T_1 > T_2$ 이다.

㉡. $4t$ min은 T_1 에서는 네 번째 반감기에 도달한 순간이므로 $[A] = \frac{1}{16}$ M이고, T_2 에서는 두 번째 반감기에 도달한 순간이므로

$[B] = \frac{3}{4}$ M이다. 따라서 $4t$ min일 때 $\frac{T_1 \text{에서 } [A]}{T_2 \text{에서 } [B]} = \frac{\frac{1}{16}}{\frac{3}{4}}$

$\frac{1}{12}$ 이다.

✕. 1차 반응에서 온도가 일정할 때 반감기는 농도와 관계없이 일정하다. 따라서 T_2 에서 2 M의 A(g)를 넣고 반응시켜도 반감기는 $2t$ min이다.

08 반응 속도에 영향을 미치는 요인

$[A] + [B] + [C]$ 가 $0 \sim t$ min에서 2 M 증가, $t \sim 2t$ min에서 1 M 증가하였으므로 이 반응은 1차 반응이며, $0 \sim 2t$ min일 때까지 반감기는 t min이다. X(s)를 첨가하지 않았다면 $3t$ min일 때는 세 번째 반감기에 도달한 시점이 되며, $[A] + [B] + [C]$ 가 5.5 M가 되어야 하지만 X(s)를 첨가하여 $[A] + [B] + [C]$ 가 5.8 M가 되었으므로 반응 속도가 빨라졌다.

㉠. t min일 때 [A]는 처음의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 1 M이다.

㉡. X(s)의 첨가로 반응 속도가 증가했으므로 X(s)는 정촉매이다.

㉢. $3t$ min일 때 C(g)의 농도를 x M라고 하면, $[A] = (2-x)$ M, $[B] = 2x$ M이므로 $[A] + [B] + [C] = (2+2x)$ M = 5.8 M를 만족하는 $x = 1.9$ 이다. 따라서 $3t$ min일 때 $\frac{C(g) \text{의 부분 압력}}{A(g) \text{의 부분 압력}} = \frac{x}{2-x} = \frac{1.9}{0.1} = 19$ 이다.

09 1차 반응과 온도

실험 I에서 a min마다 B(g)의 부분 압력 증가량이 $\frac{1}{2}$ 배씩 감소하므로 이 반응은 1차 반응이며, I에서의 반감기는 a min이다. $t = a$ min일 때까지 증가한 B(g)의 부분 압력이 1.6 atm이므로 감소한 A(g)의 부분 압력은 0.8 atm이다. 따라서 I에

서 반응 전 A(g)의 압력은 1.6 atm이며, 반응 전 A(g)의 압력은 II에서 I에서의 2배이므로 II에서 반응 전 A(g)의 압력은 3.2 atm이다. II에서 $t=2a$ min일 때까지 증가한 B(g)의 부분 압력이 3.2 atm이므로 감소한 A(g)의 부분 압력은 1.6 atm이다. 따라서 II에서는 $t=2a$ min일 때가 첫 번째 반감기에 도달한 시점이다.

㉠ 반감기가 일정하므로 A(g)에 대한 1차 반응이다.

✕ $t=2a$ min일 때 I은 두 번째 반감기에 도달하였고, II는 첫 번째 반감기에 도달하였다. 따라서 $\frac{\text{II에서 A(g)의 부분 압력}}{\text{I에서 A(g)의 부분 압력}} =$

$$\frac{3.2 \times \frac{1}{2}}{1.6 \times \frac{1}{4}} = 4 \text{이다.}$$

✕ 반감기가 II에서 I에서보다 길며, 반응 속도는 I에서 II에서보다 빠르다. 따라서 온도는 $T_1 > T_2$ 이다.

10 1차 반응과 반응 속도

T_1 에서 0~ t min 동안 감소한 [A]를 x M라고 하면, $[A] = (1.6 - x)$ M, $[B] = 2x$ M이므로 $[A] + [B] = 1.6 - x + 2x = 2.8$ (M)을 만족하는 $x = 1.2$ 이다. 따라서 T_1 에서 t min일 때 $[A] = 0.4$ M, $[B] = 2.4$ M이므로 t min은 두 번째 반감기에 도달한 시점이다. 같은 방법으로 T_1 에서 $2t$ min일 때 [A]와 [B]를 구해 보면 각각 0.1 M, 3.0 M이므로 $2t$ min은 네 번째 반감기에 도달한 시점이다. 따라서 이 반응은 1차 반응이며, T_1 에서 반감기는 $\frac{t}{2}$ min이다. T_2 에서 $2t$ min일 때까지 감소한 [A]를 y M라고 하면 $[A] + [B] = 0.8 - y + 2y = 1.4$ (M)를 만족하는 $y = 0.6$ 이므로 $[A] = 0.2$ M, $[B] = 1.2$ M이다.

㉠ 1차 반응이고, T_2 에서 $2t$ min일 때가 두 번째 반감기에 도달한 시점이므로 따라서 T_2 에서 반감기는 t min이다.

✕ $2t$ min일 때 [B]는 T_1 에서 3.0 M, T_2 에서 1.2 M이므로 T_1 에서 T_2 에서의 2배가 아니다.

㉡ 반감기가 T_1 에서 $\frac{t}{2}$ min, T_2 에서 t min이므로 $T_1 > T_2$ 이다. 따라서 반응 속도 상수(k)는 T_1 에서 T_2 에서보다 크다.

11 반응 속도와 온도

감소하는 [A]가 증가하는 [B]의 2배이므로 실험 I에서 t min일 때 $[A] = 0.08$ M, $[B] = 0.04$ M, $2t$ min일 때 $[A] = 0.04$ M, $[B] = 0.06$ M이다. I에서 t min은 첫 번째 반감기에 도달한 시점이고, $2t$ min은 두 번째 반감기에 도달한 시점이며, 반감기가 t min으로 일정하므로 이 반응은 A(g)에 대한 1차 반응이다. 실험 II에서 $2t$ min일 때 $[B] = 0.08$ M이므로 $[A] = (0.32 - 2 \times 0.08)$ M = 0.16 M이며, $2t$ min일 때가 첫 번째 반감기에 도달한 시점이다. 실험 III에서 t min일 때 $[A] = 0.16$ M이므로 첫

번째 반감기에 도달한 시점이다. I~III에서 반응의 반감기가 각각 t min, $2t$ min, t min이므로 온도는 $T_1 = T_3 > T_2$ 이다.

12 1차 반응의 반감기와 온도

T_1 에서 A(g)의 농도가 t min일 때 반응 전의 $\frac{1}{2}$ 배, $2t$ min일 때는 반응 전의 $\frac{1}{4}$ 배이므로 반감기가 t min으로 일정하다. T_2 에서 t min일 때 A(g)의 농도가 반응 전의 $\frac{1}{4}$ 배이므로 두 번째 반감기에 도달한 순간이며, 반감기는 $\frac{t}{2}$ min이다.

㉠ 온도가 T_1 로 일정할 때 반감기가 t min으로 일정하므로 이 반응은 A(g)에 대한 1차 반응이다.

㉡ T_1 에서 반감기는 t min, T_2 에서 반감기는 $\frac{t}{2}$ min이므로 온도는 $T_2 > T_1$ 이다. 따라서 $\frac{T_1 \text{에서 반응 속도 상수}}{T_2 \text{에서 반응 속도 상수}} < 1$ 이다.

㉢ T_2 에서 $2t$ min일 때는 네 번째 반감기에 도달한 순간이므로 감소한 $[A] = 0.4 \times \frac{15}{16}$ M이다. 따라서 $[B] = 0.4 \times \frac{15}{16} \times \frac{1}{2} = \frac{3}{16}$ (M)이다.

수능 3점 테스트

본문 159~164쪽

01 ㉠ 02 ㉣ 03 ㉡ 04 ㉤ 05 ㉢ 06 ㉤ 07 ㉢
08 ㉠ 09 ㉡ 10 ㉣ 11 ㉢ 12 ㉣

01 농도가 반응 속도에 미치는 영향

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(aq)$ 과 $\text{HCl}(aq)$ 이 반응하여 황(S) 앙금이 생성되며, 앙금이 'x' 표시를 모두 가릴 때까지 걸린 시간을 측정함으로써 화학 반응 속도를 비교할 수 있다.

㉠ 화학 반응 전과 후에 원자 종류 및 수는 변하지 않으므로 ㉠은 S이다.

㉡ 앙금이 'x' 표시를 모두 가리는 데 걸리는 시간이 짧을수록 반응 속도가 빠르다. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(aq)$ 의 부피가 크고, 가한 종류수의 부피가 작을수록 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(aq)$ 의 농도가 진하며, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(aq)$ 의 농도가 진할수록 'x' 표시를 모두 가리는 데 걸리는 시간이 짧으므로 '농도가 진할수록'은 ㉡으로 적절하다.

✕ 탐구 과정에서 표면적과 관련된 탐구를 수행하지 않았으므로 '표면적이 클수록 반응 속도가 빠르다.'는 것은 탐구 결과를 통해 설명할 수 없다.

02 1차 반응과 기체의 압력

반응이 진행될 때 감소한 A(g)의 압력과 증가한 B(g)의 압력은 같고, 증가한 C(g)의 압력은 B(g)의 $\frac{1}{2}$ 배이다. T_1 에서 2t min일 때 C(g)의 부분 압력을 y atm이라고 하면 $P+y = \frac{11}{8}P$ 이므로 $y = \frac{3}{8}P$ 이다. A(g)의 부분 압력은 $P - 2 \times \frac{3}{8}P = \frac{1}{4}P$ (atm)이므로 T_1 에서 2t min일 때가 두 번째 반감기에 도달한 순간이므로 반감기는 t min이다.

$\frac{T_1}{T_2}$ 에서 반응 속도 상수 = 2이므로 T_2 에서 반감기는 2t min이며, 1차 반응이므로 T_2 에서 2t min일 때는 첫 번째 반감기에 도달한 순간이다.

㉠. T_1 에서 반응 속도 상수 > T_2 에서 반응 속도 상수이므로 $T_1 > T_2$ 이다.

㉡. T_2 에서 2t min일 때 A(g)의 부분 압력은 P atm이며, B(g)와 C(g)의 부분 압력은 각각 P atm, $\frac{1}{2}P$ atm이다. 따라서 전체 압력은 $P + P + \frac{1}{2}P = \frac{5}{2}P$ (atm)이므로 $x = \frac{5}{2}$ 이다.

㉢. (가)에서 t min일 때와 (나)에서 2t min일 때는 모두 첫 번째 반감기에 도달한 순간이므로 (가)와 (나)에서 C(g)의 부분 압력은 각각 감소한 A(g)의 압력의 $\frac{1}{2}$ 배인 $\frac{1}{4}P$ 와 $\frac{1}{2}P$ 이다. 따라서

$$\frac{\text{(가)에서 } t \text{ min일 때 C(g)의 부분 압력}}{\text{(나)에서 } 2t \text{ min일 때 C(g)의 부분 압력}} = \frac{\frac{1}{4}P}{\frac{1}{2}P} = \frac{1}{2} \text{이다.}$$

03 촉매가 반응 속도에 미치는 영향

I과 II에서 온도는 같지만 X를 첨가한 II에서가 I에서보다 반응 속도가 느리므로 X는 부촉매이고, I과 III에서 온도는 III에서가 I에서보다 낮지만 Y를 첨가한 III에서가 I에서보다 반응 속도가 빠르므로 Y는 정촉매이다.

㉡. X는 부촉매이다.

㉢. Y는 정촉매이므로 활성화 에너지를 낮추어 준다. 따라서 정 반응의 활성화 에너지는 I에서가 III에서보다 크다.

㉣. 촉매는 반응 속도에 영향을 주지만 반응이 완결될 때까지 생성된 물질의 양에는 영향을 주지 않는다. 따라서 반응이 완결될 때까지 생성된 C(g)의 부피는 I에서와 II에서가 같다.

04 온도가 반응 속도에 미치는 영향

온도가 높아지면 분자들의 평균 운동 에너지가 증가하고, 활성화 에너지 이상의 에너지를 갖는 분자 수가 증가한다. 따라서 온도가 높아지면 반응이 가능한 분자 수가 증가하여 반응 속도가 빨라진다. 따라서 (가)에서 $T_2 > T_1$ 이다.

$[A] + [B] = \frac{3}{2} M$ 가 될 때까지 반응한 A(g)의 양을 n mol이라고 하면, $[A] + [B] = (1-n)M + 2nM = (1+n)M = \frac{3}{2} M$ 를 만족하는 $n = \frac{1}{2}$ 이다. 따라서 I에서 반감기는 x min이고, II에서 반감기는 3x min이다.

㉠. A(g)의 초기 농도가 같고, 초기 반응 속도는 I에서가 II에서보다 빠르므로 온도는 I에서가 II에서보다 높다. 따라서 II에서 기체의 온도는 T_1 이다.

㉢. I에서 3x min일 때는 세 번째 반감기에 도달한 순간이므로 $[A] = \frac{1}{8} M$, $[B] = \frac{7}{8} M \times 2 = \frac{7}{4} M$ 이다. 따라서

$$a = \left(\frac{1}{8} + \frac{7}{4}\right) M = \frac{15}{8} M \text{이다.}$$

㉤. II에서 3x min(첫 번째 반감기에 도달)일 때 $[B] = \frac{1}{2} M \times 2 = 1 M$ 이고, I에서 2x min(두 번째 반감기에 도달)일 때 $[A] = \frac{1}{4} M$ 이므로 $\frac{\text{I에서 } 2x \text{ min일 때 } [A]}{\text{II에서 } 3x \text{ min일 때 } [B]} = \frac{1}{4}$ 이다.

05 촉매의 종류와 특징

효소, 표면 촉매, 광촉매 중 특정 기질과 반응하는 활성 부위를 갖는 것은 효소이고, 촉매 작용을 위해 빛에너지가 필요한 것은 광촉매이므로 ㉠은 효소, ㉢은 광촉매, ㉤은 표면 촉매이다.

㉠. ㉢은 2가지 분류 기준에 의해 모두 '아니오'로 분류되었으므로 표면 촉매이다.

㉡. 광촉매는 반응 속도를 변화시키지만 반응이 완결되었을 때 생성물의 양을 증가시키거나 감소시키지 않는다.

㉢. 효소, 표면 촉매, 광촉매는 모두 반응의 활성화 에너지를 감소시켜 반응 속도를 증가시킨다.

06 기체의 혼합 비율과 1차 반응의 반감기

전체 기체의 압력이 I에서는 0~t min일 때 0.6 atm이 증가, t~2t min일 때 0.3 atm이 증가하였고, II에서는 0~t min일 때 0.4 atm이 증가, t~2t min일 때 0.2 atm이 증가하였다. I과 II에서 t min일 때마다 증가한 전체 기체의 압력이 $\frac{1}{2}$ 배씩 감소하므로 A(g)에 대한 1차 반응이며, 반감기는 I과 II에서 t min으로 같다.

㉠. A(g)에 대한 1차 반응이며, I과 II에서 반감기가 같으므로 온도는 I에서와 II에서가 같다.

㉢. 화학 반응의 양적 관계에서 t min일 때까지 감소한 A(g)의 부분 압력을 x atm이라고 하면, 전체 기체의 압력은 $(1.8+x)$ atm이므로 증가한 전체 기체의 압력(=x atm)과 감소한 A(g)의 부분 압력이 같다. t min일 때까지 감소한 A(g)의 부분 압력이 I과 II에서 각각 0.6 atm, 0.4 atm이며, t min

에서 A(g)의 부분 압력은 반응 전의 $\frac{1}{2}$ 배가 되므로 반응 전

$$\frac{\text{II에서 A(g)의 부분 압력}}{\text{I에서 A(g)의 부분 압력}} = \frac{0.8 \text{ atm}}{1.2 \text{ atm}} = \frac{2}{3} \text{이다.}$$

㉔ 0 min일 때 B(g)의 부분 압력은 I과 II에서 각각 0.6 atm, 1.0 atm이며, t min일 때(첫 번째 반감기에 도달)까지 증가한 B(g)의 부분 압력은 I과 II에서 각각 1.2 atm, 0.8 atm이므로 t min일 때 B(g)의 부분 압력은 I과 II에서 1.8 atm으로 같다.

07 온도가 반응 속도에 미치는 영향

실험 I에서 2x s일 때까지 반응한 A(g)의 양을 n mol이라고 하면, 2x s일 때 용기 속 각 기체의 양은 A(g)가 (1-n) mol, B(g)가 bn mol, C(g)가 n mol이고, $\frac{\text{B(g)의 양(mol)}}{\text{A(g)의 양(mol)}} =$

$$\frac{bn}{1-n} = 2 \text{이며, C(g)의 몰 분율이 } \frac{n}{1+bn} = \frac{1}{4} \text{이므로 이를 만족하는 } n = \frac{1}{2}, b = 2 \text{이다. I에서 } 4x \text{ s일 때까지 반응한 A(g)의 양을 } m \text{ mol이라고 하면, } 4x \text{ s일 때 C(g)의 몰 분율이 } \frac{m}{1+2m} = \frac{3}{10} \text{이므로 이를 만족하는 } m = \frac{3}{4} \text{이다. I에서 A(g)의 양(mol)}$$

은 2x s일 때 처음의 $\frac{1}{2}$ 배, 4x s일 때 처음의 $\frac{1}{4}$ 배이므로 이 반응은 반감기가 2x s인 1차 반응이다. 실험 II에서는 x s일 때 C(g)의 몰 분율이 $\frac{1}{4}$ 이므로 첫 번째 반감기에 도달한 시점이다.

㉕ b=2이다.

㉖ II에서 3x s일 때는 세 번째 반감기에 도달한 시점이므로 용기 속 각 기체의 양은 A(g)가 $\frac{1}{8}$ mol, B(g)가 $\frac{7}{4}$ mol, C(g)가 $\frac{7}{8}$ mol이다. 따라서 C(g)의 몰 분율은 $\frac{7}{22}$ 이다.

㉗ A(g)의 초기 농도가 같고, 반감기는 T_1 에서 T_2 에서의 2배이므로 $\frac{T_2 \text{에서 반응 속도 상수}}{T_1 \text{에서 반응 속도 상수}} = 2$ 이다.

08 농도와 온도가 반응 속도에 미치는 영향

1차 반응은 반응 속도가 반응물의 농도에 비례하고, 반응물의 농도에 관계없이 반감기가 일정하다.

질량은 보존되므로 실험 I에서 A(g)의 질량+B(g)의 질량=w g이고, a min일 때 A(g)와 B(g)의 질량이 같으므로 첫 번째 반감기에 도달한 시점이다. II에서 3a min일 때 B(g)의 질량은 A(g)의 질량의 3배이므로 두 번째 반감기에 도달한 시점이다. III에서 2a min일 때 B(g)의 질량은 A(g)의 질량의 2배이므로 첫 번째 반감기와 두 번째 반감기 사이의 시점이다.

㉘ II에서 두 번째 반감기에 도달한 시점이 3a min이므로 반감기는 1.5a min이다.

㉙ 2a min일 때 I은 두 번째 반감기에 도달한 시점이며, III은

첫 번째 반감기와 두 번째 반감기 사이의 시점이므로 반감기는 I에서 III에서보다 짧다. 1차 반응에서 온도가 높을수록 반감기는 짧아지므로 온도는 I에서 III에서보다 높다. 따라서 $T_1 > T_3$ 이다.

㉚ III에서 A(g) 2w g을 2n mol이라고 하면, 2a min일 때 A(g)의 양은 $\frac{2}{3}n \text{ mol} (= \frac{2}{3}w \text{ g})$, B(g)의 양은 $\frac{8}{3}n \text{ mol} (= \frac{4}{3}w \text{ g})$ 이다. 따라서 2a min일 때 B(g)의 몰 분율은 $\frac{4}{5}$ 이다.

09 온도와 1차 반응의 반감기

(가)에서 반응 시간이 t_2 s일 때 $P_B = \frac{1}{3} \text{ atm}$ 이므로 $P_A = \frac{1}{3} \text{ atm}$,

$$P_C = \frac{c}{3} \text{ atm이고, } \frac{P_C}{P_A} = 1 \text{이므로 } c = 1 \text{이다. 반응 시간이 } t_1 \text{ s}$$

$$\text{일 때까지 감소한 A(g)의 압력을 } 2p \text{ atm이라고 하면 } \frac{P_C}{P_A} = \frac{p}{1-2p} = \frac{1}{2} \text{을 만족하는 } p = \frac{1}{4} \text{이므로 반응 시간 } t_1 \text{ s는 첫 번째 반감기에 도달한 시점이다. 반응 시간이 } t_3 \text{ s일 때까지 감소한 A(g)의 압력을 } 2q \text{ atm이라고 하면 } \frac{P_C}{P_A} = \frac{q}{1-2q} = \frac{3}{2} \text{을 만족}$$

하는 $q = \frac{3}{8}$ 이므로 반응 시간 t_3 s는 두 번째 반감기에 도달한 시점이다. (나)에서 반응 시간이 t_3 s일 때까지 감소한 A(g)의 압력을 $2r \text{ atm}$ 이라고 하면 $\frac{P_C}{P_A} = \frac{r}{1-2r} = \frac{7}{2}$ 을 만족하는 $r = \frac{7}{16}$

이므로 반응 시간 t_3 s는 세 번째 반감기에 도달한 시점이다.

㉛ (가)에서 반응 시간 t_1 s가 첫 번째 반감기에 도달한 시점이고, 반응 시간 t_3 s가 두 번째 반감기에 도달한 시점이며, 1차 반응이므로 반감기는 일정하다. 따라서 $t_3 = 2t_1$ 이다.

㉜ 반응 시간이 t_3 s일 때가 (가)에서는 두 번째 반감기에 도달한 시점이며, (나)에서는 세 번째 반감기에 도달한 시점이다. 반감기가 (가)에서 (나)에서보다 길다. 따라서 온도는 $T_2 > T_1$ 이다.

㉝ (나)에서 반응 시간이 t_3 s일 때가 세 번째 반감기에 도달한 시점이므로 $t_1 \text{ s} = \frac{t_3}{2} \text{ s}$ 일 때는 첫 번째 반감기를 지나 두 번째 반감기에 도달하기 전의 시점이다. 두 번째 반감기인 시점에서 $\frac{P_C}{P_A} = \frac{3}{2}$ 이므로 ㉞ < $\frac{3}{2}$ 이다.

㉞ $\frac{3}{2}$ 이므로 ㉞ < $\frac{3}{2}$ 이다.

10 온도가 반응 속도에 미치는 영향

A(g)로부터 B(g)와 C(g)가 생성되므로 $\frac{\text{B(g)의 질량}}{\text{C(g)의 질량}}$ 은 항

상 일정하다. 따라서 (가)에서 t min일 때 B(g)의 질량은 $\frac{6.9w}{1.2w} \times 0.4w = 2.3w \text{ (g)}$ 이고, 용기 속 전체 기체의 질량은 5.4w g이

므로 A(g)의 질량은 2.7w g이다. 따라서 (가)에서 t min일 때는 첫 번째 반감기에 도달한 시점이다. (나)에서 3t min일 때 A(g)의 질량은 2.7w g으로 처음의 $\frac{1}{4}$ 배이고, 1차 반응이므로 3t min일 때는 두 번째 반감기에 도달한 시점이다.

㉠ A(g)의 질량은 (가)에서 t min일 때와 (나)에서 3t min일 때가 2.7w g으로 같다. 따라서

$$\frac{\text{(나)에서 } 3t \text{ min일 때 A(g)의 양(mol)}}{\text{(가)에서 } t \text{ min일 때 A(g)의 양(mol)}} = 1 \text{이다.}$$

✕. 반응 질량비는 A(g) : C(g) = 2.7w g : 0.4w g = 27 : 4 이고, 반응 몰비는 A(g) : C(g) = 2 : 1이므로 분자량비는 $A : C = \frac{27}{2} : \frac{4}{1} = 27 : 8$ 이다. 따라서 $\frac{A \text{의 분자량}}{C \text{의 분자량}} = \frac{27}{8}$ 이다.

㉡ (가)에서 반감기는 t min이고, (나)에서 반감기는 1.5t min이다. 온도가 높을수록 반응 속도가 빨라 반감기가 짧아지므로 $T_1 > T_2$ 이다.

11 1차 반응에서 반응물과 생성물의 질량 변화

반응 전과 후에 용기 속 전체 기체의 질량은 보존되고, 반응이 진행되면 A(g)의 질량은 감소하며, B(g)의 질량은 증가한다.

(가)에서 2t min일 때 ㉠이 A(g)라면 A(g)의 질량이 $\frac{13}{16}w$ g,

B(g)의 질량은 $\frac{3}{16}w$ g이며, ㉡는 B(g)가 되므로 3t min일 때

B(g)의 질량은 $\frac{3}{32}w$ g, A(g)의 질량은 $\frac{29}{32}w$ g이어야 한다. 이

경우 반응이 진행될수록 A(g)의 질량이 감소하지 않으므로 모순이 된다. 따라서 ㉠은 B(g), ㉡는 A(g)이고, (가)에서 2t min

일 때 A(g)의 질량은 $\frac{3}{16}w$ g, B(g)의 질량은 $\frac{13}{16}w$ g이며,

3t min일 때 A(g)의 질량이 $\frac{3}{32}w$ g이므로 이 반응은 반감기

가 t min인 1차 반응이다. (나)에서 처음 넣어 준 A(g)의 질량은 $\frac{5}{6}w$ g, B(g)의 질량은 $\frac{1}{6}w$ g이며, t min일 때 A(g)의 질량이

처음의 $\frac{1}{2}$ 배(= $\frac{5}{12}w$ g)보다 크므로 t min은 첫 번째 반감기에 도달하기 전의 시점이다.

㉠ (가)에서 2t min은 두 번째 반감기에 도달한 시점이므로 처음 넣어 준 A(g)의 질량은 $\frac{3}{16}w$ g $\times 4 = \frac{3}{4}w$ g이다.

㉡ 1차 반응에서 온도가 높을수록 반감기가 짧다. 반감기는 (가)에서가 (나)에서보다 짧으므로 $T_1 > T_2$ 이다.

✕. (가)에서 t min일 때는 첫 번째 반감기에 도달한 시점이므로 A(g)의 질량은 $\frac{3}{8}w$ g, B(g)의 질량은 $\frac{5}{8}w$ g이고, (나)에서 t min일 때 A(g)와 B(g)의 질량은 $\frac{1}{2}w$ g으로 같다. 분자량은 B가 A의 2배이므로 t min일 때 기체의 몰비는 (가)에서

A(g) : B(g) = 6 : 5, (나)에서 A(g) : B(g) = 2 : 1이다. 따라서 t min일 때 $\frac{\text{(나)에서 B(g)의 몰 분율}}{\text{(가)에서 B(g)의 몰 분율}} = \frac{\frac{1}{3}}{\frac{5}{11}} = \frac{11}{15}$ 이다.

12 평균 반응 속도와 온도

평균 반응 속도는 $-\frac{\Delta[A]}{\Delta t}$ 이고, 처음 넣어 준 A(g) w g의 농

도를 x M, 3t min일 때 B(g)의 농도를 y M라고 하면 3t min일 때 $[A] = (x - 2y)$ M이므로 $\frac{[B]}{[A]} = \frac{y}{x - 2y} = \frac{7}{2}$ 을 만족하는

$y = \frac{7}{16}x$ 이다. 4t min일 때 A(g)의 농도를 z M라고 하면,

0 ~ 3t min에서의와 3t ~ 4t min에서의 평균 반응 속도비는

$$-\frac{\left(x - \frac{x}{8}\right)}{3t} : -\frac{\left(\frac{x}{8} - z\right)}{t} = 14 : 3 \text{이므로 이를 만족하는 } z =$$

$\frac{1}{16}x$ 이다. 3t min일 때 $[A] = \frac{1}{8}x$ M, 4t min일 때 $[A] =$

$\frac{1}{16}x$ M이므로 3t min은 세 번째 반감기에 도달한 시점, 4t min

은 네 번째 반감기에 도달한 시점이다. 따라서 이 반응은 반감기

가 t min인 1차 반응이다. 0 ~ 3t min에서의 평균 반응 속도는

(나)에서가 (가)에서의 $\frac{6}{7}$ 배이며, 반응 시간이 같으므로 $\Delta[A]$ 가

(나)에서가 (가)에서의 $\frac{6}{7}$ 배인 $\frac{3}{4}x$ M(= $\frac{7}{8}x$ M $\times \frac{6}{7}$)이다. 따

라서 (나)에서 3t min일 때 $[A] = \frac{1}{4}x$ M이므로 3t min은 두 번

째 반감기에 도달한 시점이다. 반응 시간에 따른 A(g)의 몰 농도는 다음과 같다.

반응 시간(min)	0	t	2t	3t	4t	
[A](M)	(가)	x	$\frac{1}{2}x$	$\frac{1}{4}x$	$\frac{1}{8}x$	$\frac{1}{16}x$
	(나)	x			$\frac{1}{4}x$	

㉠ 반감기가 (가)에서가 (나)에서보다 짧으므로 $T_1 > T_2$ 이다.

✕. (가)에서 4t min일 때 $[A] = \frac{1}{16}x$ 이므로 $[B] = \frac{15}{32}x$ M이

고, (나)에서 4t min(세 번째 반감기에 도달하기 전 시점)일 때

$[A] > \frac{1}{8}x$ M이므로 $[B] < \frac{7}{16}x$ M이다. 따라서 4t min일 때

$\frac{\text{(가)에서 [B](M)}}{\text{(나)에서 [B](M)}} > \frac{15}{14}$ 이다.

㉡ 3t min일 때 (가)에서 $[A] = \frac{1}{8}x$ M, (나)에서 $[A] = \frac{1}{4}x$ M

이고, $T_1 > T_2$ 이므로 반응 속도 상수는 T_1 에서가 T_2 에서보다 크

다. 따라서 3t min일 때 $\frac{\text{(가)에서 순간 반응 속도}}{\text{(나)에서 순간 반응 속도}} > \frac{1}{2}$ 이다.

09 전기 화학과 이용

수능 2점 테스트

본문 176~178쪽

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

01 수소 연료 전지

수소 연료 전지는 수소와 산소의 산화 환원 반응을 통해 화학 에너지를 전기 에너지로 전환하는 장치이다. 수소 연료 전지의 최종 생성물은 물이므로 환경 오염 물질의 배출이 거의 없어 환경 친화적이다.

02 금속의 이온화 경향

이온화 경향이 큰 금속은 산화되어 양이온으로 존재하려는 성질이 강하고, 이온화 경향이 작은 금속의 양이온은 환원되어 원소로 존재하려는 성질이 강하다.

✕. A^{2+} 이 $B(s)$ 와 반응하지 않았으므로 금속의 이온화 경향은 $A > B$ 이다.

○. A^{2+} 과 $C(s)$ 가 반응하는 화학 반응식은 $A^{2+}(aq) + 2C(s) \rightarrow A(s) + 2C^+(aq)$ 이므로 반응이 진행되는 동안 수용액 속 전체 양이온 수는 증가한다.

○. 금속의 이온화 경향은 $C > A > B$ 이므로 $BSO_4(aq)$ 에 $C(s)$ 를 넣으면 B^{2+} 이 환원되어 금속 B 가 석출된다.

03 화학 전지

화학 전지에서 이온화 경향이 큰 금속의 전극에서는 산화 반응이 일어나 금속 양이온이 생성되고, 이온화 경향이 작은 금속의 전극에서는 금속 양이온의 환원 반응이 일어나 금속이 석출된다.

○. 반응이 진행될 때, $A(s)$ 의 질량은 감소하였으므로 $A(s)$ 는 산화되어 A^{2+} 이 생성된다. 따라서 $A(s)$ 는 (-)극이고, 전자는 도선을 따라 $A(s)$ 에서 $B(s)$ 로 이동하므로 전자의 이동 방향은 ○이다.

○. 반응이 진행될 때, (-)극에서는 금속의 산화 반응이 일어나 금속 양이온 수가 증가하고 (+)극에서는 금속 양이온의 환원 반응이 일어나 금속 양이온 수가 감소한다. 이때 염다리에 들어 있는 이온이 각 전해질 수용액으로 녹아 들어가면서 전하 균형을 유지시켜 준다.

○. A 와 B 의 금속 양이온의 산화수가 같으므로 반응이 진행될 때 전체 화학 반응식은 $A(s) + B^{2+}(aq) \rightarrow A^{2+}(aq) + B(s)$ 이다. 따라서 $0 \sim t$ 동안 산화된 A 의 양(mol)과 환원된 B^{2+} 의 양(mol)은 같다.

04 물의 전기 분해

물을 전기 분해할 때 소량의 전해질을 넣어 주지만 $H_2O(l)$ 은 전해질의 금속 양이온보다 환원되기 쉬운 경향이 커야 하고, 전해질의 음이온보다 산화되기 쉬운 경향이 커야 한다.

✕. 물을 전기 분해할 때 전해질로 $CuCl_2$ 를 넣으면 $Cl^-(aq)$ 은 $H_2O(l)$ 보다 산화되기 쉬운 경향이 크므로 (+)극에서 $Cl_2(g)$ 가 생성된다. 또한 $Cu^{2+}(aq)$ 은 $H_2O(l)$ 보다 환원되기 쉬운 경향이 크므로 (-)극에서 $Cu(s)$ 가 석출된다. 따라서 $CuCl_2$ 는 X로 적절하지 않다.

○. 물을 전기 분해할 때 (+)극에서 $H_2O(l)$ 이 산화되어 $O_2(g)$ 가 생성된다.

✕. 물을 전기 분해할 때 (-)극에서 $H_2O(l)$ 이 환원되어 $H_2(g)$ 가 생성되므로 A는 H_2 이다.

05 수소 연료 전지

✕. 수소 연료 전지에서 H_2 가 산화되어 H^+ 이 생성되고, O_2 가 환원되어 H_2O 이 생성된다.

○. 수소 연료 전지를 비롯한 화학 전지는 산화 환원 반응 과정에서 전자가 이동하는 것을 이용한 것으로 화학 에너지를 전기 에너지로 전환하는 장치이다.

○. 수소 연료 전지의 양쪽 전극에서 일어나는 반응의 전체 반응식은 $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l)$ 이므로 환경 오염 물질의 배출이 거의 없다.

06 금속의 이온화 경향

○. $H_2SO_4(aq)$ 에서 금속 A 표면에서만 기포가 발생하였으므로 A는 산화되고, B는 반응하지 않았다. 따라서 금속의 이온화 경향은 $A > B$ 이다.

○. 반응이 진행되는 동안 H^+ 이 환원되어 $H_2(g)$ 가 생성되므로 수용액 속 $[H^+]$ 가 감소하여 수용액의 pH는 증가한다.

○. 반응이 진행되는 동안 $A(s)$ 는 산화되어 금속 양이온이 되므로 $A(s)$ 의 질량은 감소하고, $B(s)$ 는 반응하지 않으므로 $B(s)$ 의 질량은 변하지 않는다. 따라서 반응이 진행되는 동안 $\frac{A(s) \text{의 질량}}{B(s) \text{의 질량}}$ 은 감소한다.

07 화학 전지

○. (가)와 (나)에서 모두 반응이 진행될 때, (-)극인 $Zn(s)$ 이 산화되어 Zn^{2+} 이 생성되므로 $Zn(s)$ 의 질량은 모두 감소한다.

✕. (+)극인 $Cu(s)$ 전극에서 일어나는 반응의 화학 반응식은 (가)에서는 $2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$ 이고, (나)에서는 $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$ 이다. 따라서 (가)에서는 $Cu(s)$ 의 질량은 일정하다.

✕. 반응이 진행될 때, 전체 반응의 화학 반응식은 (가)에서는

$Zn(s) + 2H^+(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + H_2(g)$ 이고, (나)에서는 $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$ 이다. 따라서 반응이 진행될 때, (가)에서는 전체 양이온 수가 감소하고, (나)에서는 일정하게 유지된다.

08 용융액과 수용액의 전기 분해

$NaCl(l)$ 과 $NaCl(aq)$ 을 전기 분해하면 (+)극에서는 모두 Cl^- 이 산화되어 $Cl_2(g)$ 가 생성되지만 (-)극에서는 각각 Na^+ 과 $H_2O(l)$ 이 환원되어 $Na(l)$ 과 $H_2(g)$ 가 생성된다.

ⓧ. 전극 ㉔은 $NaCl(aq)$ 전기 분해 장치의 (-)극으로 $H_2O(l)$ 이 환원되어 $H_2(g)$ 가 생성된다.

ⓧ. (가)의 전극 ㉓과 전극 ㉔에서 생성되는 물질은 각각 $Na(l)$ 과 $Cl_2(g)$ 이다. 0~t s 동안 같은 양(mol)의 전자가 이동하여 전체 반응의 화학 반응식은 $2Na^+(l) + 2Cl^-(l) \longrightarrow 2Na(l) + Cl_2(g)$ 이므로 생성되는 물질의 양(mol)은 전극 ㉓에서가 전극 ㉔에서보다 많다.

㉔. 전극 ㉓과 전극 ㉔에서 생성되는 물질은 모두 $Cl_2(g)$ 이다.

09 화학 전지

도선을 따라 금속 X에서 Y로 전자가 이동하므로 X 전극은 산화 반응이 일어나고, Y 전극은 환원 반응이 일어난다.

㉔. 화학 전지에서 산화 반응이 일어나는 전극은 (-)극이므로 X 전극은 (-)극이다.

㉔. Y 전극에서 일어나는 반응의 화학 반응식은 $Y^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Y(s)$ 이므로 반응이 진행될 때, Y(s)의 질량은 증가한다.

ⓧ. 반응이 진행될 때, 전체 반응의 화학 반응식은 $X(s) + Y^{2+}(aq) \longrightarrow X^{2+}(aq) + Y(s)$ 이므로 전체 양이온 수는 일정하게 유지된다.

10 금속의 이온화 경향

이온화 경향이 큰 금속은 산화되어 이온으로 존재하려는 성질이 강하고, 이온화 경향이 작은 금속의 양이온은 환원되어 원소로 존재하려는 성질이 강하다. $ASO_4(aq)$ 에 B(s)를 넣어 반응이 진행될 때, 전체 양이온 수의 변화가 없으므로 전체 반응의 화학 반응식은 $A^{2+}(aq) + B(s) \longrightarrow A(s) + B^{2+}(aq)$ 이다.

ⓧ. 반응이 진행될 때 전체 양이온 수가 일정하므로 A와 B의 양이온의 화학식은 각각 A^{2+} 과 B^{2+} 으로 산화수가 같다.

㉔. A^{2+} 과 B가 1 : 1로 반응하고, 반응이 진행될 때 전체 금속의 질량이 증가하므로 원자량은 $A > B$ 이다.

ⓧ. $ASO_4(aq)$ 에 B(s)를 넣어 반응이 일어났으므로 금속의 이온화 경향은 $B > A$ 이다.

11 물의 광분해

광촉매 전극인 전극 (가)에서는 산화 반응이 일어나면서 $O_2(g)$ 와

H^+ 이 생성되고, Pt 전극인 전극 (나)에서는 환원 반응이 일어나면서 $H_2(g)$ 가 생성된다.

㉔. 물의 광분해 과정은 광촉매 전극에서 햇빛을 받아 반응이 진행되므로 흡열 반응이다.

㉔. 반응이 진행될 때, 도선을 따라 전극 (가)에서 전극 (나)로 전자가 이동하므로 전극 (가)에서 산화 반응이 일어난다.

㉔. 전극 (나)에서는 H^+ 이 환원되어 $H_2(g)$ 가 생성된다.

12 전기 도금

전기 도금에서 도금할 물체는 전원 장치의 (-)극에, 도금할 금속은 전원 장치의 (+)극에 연결한다.

ⓧ. $Cu(s)$ 표면에 $Ag(s)$ 을 도금하는 장치이므로 도금할 물체에 해당하는 $Cu(s)$ 가 연결된 전극 ㉓은 (-)극이다.

ⓧ. 반응이 진행될 때, 전극 ㉓에서는 $Ag^+(aq)$ 이 환원되지만 전극 ㉔에서는 $Ag(s)$ 이 산화되어 $Ag^+(aq)$ 이 생성된다. 따라서 수용액 속 $Ag^+(aq)$ 의 양(mol)은 일정하다.

㉔. 환원 반응이 일어나는 전극 ㉓에서 $Ag^+(aq)$ 이 환원되므로 환원되기 쉬운 경향은 $Ag^+(aq) > H_2O(l)$ 이다.

수능 3점 테스트

본문 179~184쪽

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

01 금속의 이온화 경향

이온화 경향이 작은 금속의 양이온이 들어 있는 수용액에 이온화 경향이 큰 금속을 넣으면 산화 환원 반응을 한다. $BSO_4(aq)$ 에 금속 A를 넣었을 때 반응하였고, $A_2SO_4(aq)$ 에 금속 C를 넣었을 때 반응하지 않았으므로 금속의 이온화 경향은 $A > B$ 이고, $A > C$ 이다.

㉔. 금속의 이온화 경향은 $A > C$ 이므로 A(s)와 C(s)를 전극으로 사용한 화학 전지에서 A(s) 전극에서는 산화 반응이 일어난다. 따라서 A(s) 전극은 (-)극이다.

㉔. $BSO_4(aq)$ 에 금속 A를 넣었을 때 일어나는 반응의 화학 반응식은 $2A(s) + B^{2+}(aq) \longrightarrow 2A^+(aq) + B(s)$ 이므로 반응하는 동안 수용액 속 전체 양이온 수는 증가한다.

㉔. 주어진 자료로부터 A와 B, A와 C 사이의 이온화 경향은 비교할 수 있지만 B와 C의 이온화 경향을 비교하기 위해서는 $BSO_4(aq)$ 과 C(s)의 반응 결과나 $CSO_4(aq)$ 과 B(s)의 반응 결과가 추가로 필요하다.

02 화학 전지

(가)에서 반응 전 $A^{a+}(aq)$ 과 $B^{b+}(aq)$ 의 몰 농도와 부피가 각각 같으므로 두 전해질 수용액에 들어 있는 A^{a+} 과 B^{b+} 의 수는 같다.

(나)에서 반응이 진행될 때, A^{a+} 수와 B^{b+} 수의 합이 감소하였으므로 A는 산화되고, B^{b+} 은 환원되며 전체 반응의 화학 반응식은 $A(s) + aB^{b+}(aq) \longrightarrow A^{a+}(aq) + aB(s)$ 이다.

㉠ 산화 반응이 일어나는 A(s) 전극은 (-)극이다. 전자는 도선을 따라 (-)극에서 (+)극으로 이동하므로 전자의 이동 방향은 ㉠이다.

㉡ 반응 전 A^{a+} 과 B^{b+} 의 수가 각각 $2n$ 과 $2n$ 이라면 B^{b+} 이 모두 반응하고 난 후 A^{a+} 의 수는 $3n$ 이므로 B^{b+} $2n$ 개가 반응하여 A^{a+} n 개가 생성되었으므로 $a=2$ 이다.

㉢ 반응이 진행될 때, 산화되는 A와 환원되는 B^{b+} 의 몰비는 $A : B^{b+} = 1 : 2$ 이고, 원자량은 $B > A$ 이므로

$$\frac{|A(s) \text{의 질량 변화량}|}{|B(s) \text{의 질량 변화량}|} < 1 \text{이다.}$$

03 전기 분해

수용액의 전기 분해에서 (+)극에서는 전해질의 음이온과 $H_2O(l)$ 중 산화되기 쉬운 경향이 큰 물질이 산화되고, (-)극에서는 전해질의 양이온과 $H_2O(l)$ 중 환원되기 쉬운 경향이 큰 물질이 환원된다. 이때 $H_2O(l)$ 이 산화되면 $O_2(g)$ 가 생성되고, $H_2O(l)$ 이 환원되면 $H_2(g)$ 가 생성된다.

㉠ 2개의 전기 분해 장치 가 직렬로 연결되어 있으므로 전기 분해 반응이 진행되는 동안 이동한 전자의 양(mol)은 모두 같다. 전극 ㉡에서 일어나는 반응의 화학 반응식은 $2Cl^{-}(aq) \longrightarrow Cl_2(g) + 2e^{-}$ 이고, 전극 ㉢에서 일어나는 반응의 화학 반응식은 $2H_2O(l) \longrightarrow O_2(g) + 4H^{+}(aq) + 4e^{-}$ 이다. 따라서 ㉡에서 생성된 물질 (가)는 Cl_2 이고, Cl_2 의 양을 x mol 이라고 하면 반응이 진행되는 동안 생성된 물질의 몰비는 $Cl_2(g) : O_2(g) = 2 : 1 = x : \frac{8}{32}$ 이고, $x=0.5$ 이다.

㉣ (나)가 B(s)라면 전극 ㉢에서 일어나는 반응의 화학 반응식은 $B^{b+}(aq) + e^{-} \longrightarrow B(s)$ 이고, 생성된 물질의 몰비는 $B(s) : O_2(g) = 4 : 1$ 이며 원자량이 $B > O$ 이므로 생성된 (나)의 질량은 16g보다 커야 한다. 따라서 (나)는 $H_2(g)$ 이고, 전극 ㉢에서 $H_2O(l)$ 이 환원되므로 환원되기 쉬운 경향은 $H_2O(l) > B^{b+}(aq)$ 이다.

㉤ 반응 전 $ACl_2(aq)$ 과 $BNO_3(aq)$ 의 몰 농도는 각각 1 M로 같고, 수용액의 부피도 V L로 같으므로 수용액에 들어 있는 A^{2+} 과 B^{+} 의 양은 각각 V mol과 V mol로 같다. 이때 B^{+} 은 반응하지 않아 B^{+} 의 양은 V mol로 일정하므로 반응이 진행되어 A^{2+} 의 양이 0.75V mol일 때 $\frac{A^{2+} \text{의 양(mol)}}{B^{+} \text{의 양(mol)}} = \frac{3}{4}$ 이다.

04 화학 전지

2개의 화학 전지가 직렬로 연결되어 있으므로 반응이 진행될 때, 양쪽의 화학 전지에서 이동하는 전자의 양(mol)은 같다. 또한 반응이 진행될 때, 산화되는 금속의 양이온 수는 증가하고 환원되는 금속의 양이온 수는 감소하므로 2개의 화학 전지에서 전극 ㉠과 ㉡은 모두 (-)극이다.

㉠ 전극 ㉡은 (-)극이므로 금속 A의 산화 반응이 일어난다.

㉢ 반응이 진행될 때, 2개의 화학 전지에서 이동한 전자의 양(mol)은 같다. 이때 0~t s 동안 증가한 이온 수의 비가 $A^{a+} : C^{c+} = 1 : 2$ 이므로 $a : c = 2 : 1$ 이고, $a=2c$ 이다.

㉣ (나)에서 반응 전 B^{2+} 의 양을 4n mol이라고 하면 A^{a+} 과 C^{c+} 의 양은 각각 2n mol과 2n mol이다. 시간 t에서 A^{a+} , B^{2+} , C^{c+} 의 양이 각각 3n mol, 2n mol, 4n mol이므로 B^{2+} 의 양이 n mol일 때 A^{a+} 과 C^{c+} 의 양은 각각 3.5n mol과 5n mol이므로 $\frac{A^{a+} \text{의 양(mol)}}{C^{c+} \text{의 양(mol)}} = \frac{7}{10}$ 이다.

05 화학 전지와 도금

화학 전지는 (+)극에서 환원 반응이 일어나고, (-)극에서 산화 반응이 일어나지만 전기 분해를 이용한 도금에서는 화학 전지와 달리 (+)극에서 산화 반응이 일어나고, (-)극에서 환원 반응이 일어난다.

㉠ (가)에서 전극 ㉠에서 금속이 생성되고, 전극 ㉡에서 금속의 질량이 감소하므로 전극 ㉠과 ㉡은 각각 (+)극과 (-)극이다. 따라서 금속의 이온화 경향은 $Y > X$ 이고, 금속 양이온의 환원되기 쉬운 경향은 금속의 이온화 경향이 작을수록 크므로 $X^{+}(aq) > Y^{2+}(aq)$ 이다.

㉢ (가)에서 일어나는 반응의 전체 화학 반응식은 $2X^{+}(aq) + Y(s) \longrightarrow 2X(s) + Y^{2+}(aq)$ 이므로 전자는 도선을 따라 Y(s)에서 X(s)로 이동한다.

㉤ (나)는 금속 Y 표면을 금속 X로 도금하는 장치이므로 전극 ㉢에서 일어나는 반응의 화학 반응식은 $X(s) \longrightarrow X^{+}(aq) + e^{-}$ 이고, 전극 ㉡에서 일어나는 반응의 화학 반응식은 $X^{+}(aq) + e^{-} \longrightarrow X(s)$ 이다. 따라서 반응이 진행될 때, (나)에서 $[X^{+}]$ 는 일정하게 유지된다.

06 수용액의 전기 분해

수용액의 전기 분해에서 (+)극에서는 전해질의 음이온과 $H_2O(l)$ 중 산화되기 쉬운 경향이 큰 물질이 산화되고, (-)극에서는 전해질의 양이온과 $H_2O(l)$ 중 환원되기 쉬운 경향이 큰 물질이 환원된다. 이때 $H_2O(l)$ 이 산화되면 $O_2(g)$ 가 생성되고, $H_2O(l)$ 이 환원되면 $H_2(g)$ 가 생성된다.

㉠ 환원 반응에 해당하는 2가지 화학 반응은 $A^{+}(aq)$ 이 환원되어 A(s)가 생성되는 반응과 $H_2O(l)$ 이 환원되어 $H_2(g)$ 가 생성되

는 반응이다. 따라서 $\text{BCl}(aq)$ 수용액의 전기 분해에서 $\text{B}^+(aq)$ 대신 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 환원되었으므로 환원되기 쉬운 경향은 $\text{H}_2\text{O}(l) > \text{B}^+(aq)$ 이다.

✕ 산화 반응에 해당하는 2가지 화학 반응은 $\text{Cl}^-(aq)$ 이 산화되어 $\text{Cl}_2(g)$ 가 생성되는 반응과 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 산화되어 $\text{O}_2(g)$ 가 생성되는 반응이다. 따라서 $\text{ANO}_3(aq)$ 을 전기 분해할 때 (-)극에서 생성되는 물질은 $\text{A}(s)$ 이고, (+)극에서 생성되는 물질은 $\text{O}_2(g)$ 이다. 이때 $\text{O}_2(g)$ 가 생성되는 과정에서 $\text{H}^+(aq)$ 이 생성되므로 반응이 진행될 때, $\text{ANO}_3(aq)$ 의 pH는 감소한다.

㉔ 두 전기 분해 장치에서 이동한 전자의 양(mol)이 같으므로 전자(e^-)의 계수를 모두 4로 변환하면

$$\frac{\text{생성된 A}(s)\text{의 양(mol)}}{\text{발생한 O}_2(g)\text{의 양(mol)}} = 4\text{이다.}$$

07 전기 분해

수용액의 전기 분해에서 (+)극에서는 전해질의 음이온과 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 중 산화되기 쉬운 경향이 큰 물질이 산화되고, (-)극에서는 전해질의 양이온과 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 중 환원되기 쉬운 경향이 큰 물질이 환원된다. 이때 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 산화되면 $\text{O}_2(g)$ 가 생성되고, $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 환원되면 $\text{H}_2(g)$ 가 생성된다. 이온 결합 물질의 용융액의 전기 분해에서 (+)극에서는 음이온이 산화되고 (-)극에서는 양이온이 환원된다.

㉑ (가)와 (나)의 전기 분해에서 (+)극에서 생성된 물질이 기체 ㉑으로 같으므로 (가)와 (나)에 포함된 음이온의 종류가 같다. 따라서 (가)와 (나)는 각각 $\text{CuSO}_4(aq)$ 과 $\text{Na}_2\text{SO}_4(aq)$ 중 하나이다. 또한 환원되기 쉬운 경향이 $\text{Cu}^{2+}(aq) > \text{H}_2\text{O}(l) > \text{Na}^+(aq)$ 이므로 (-)극에서 기체 ㉒이 생성된 (가)는 $\text{Na}_2\text{SO}_4(aq)$ 이고, (나)는 $\text{CuSO}_4(aq)$ 이다.

✕ $\text{Na}_2\text{SO}_4(aq)$ 을 전기 분해할 때 (+)극에서 기체 ㉑이 생성되었으므로 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 산화되어 $\text{O}_2(g)$ 가 생성된 것이다. 따라서 산화되기 쉬운 경향은 $\text{H}_2\text{O}(l) > \text{SO}_4^{2-}(aq)$ 이다.

✕ (가)와 (나)의 전기 분해에서 (+)극에서 공통적으로 생성된 ㉑은 $\text{O}_2(g)$ 이고, 화학 반응식은 $2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^-$ 이다. (다)는 $\text{NaCl}(l)$ 이므로 (-)극에서 생성된 ㉒은 $\text{Na}(l)$ 이고, 화학 반응식은 $\text{Na}^+(l) + e^- \longrightarrow \text{Na}(l)$ 이다. 따라서 같은 양(mol)의 전자가 이동하였을 때,

$$\frac{\text{(가)에서 생성된 ㉑의 양(mol)}}{\text{(다)에서 생성된 ㉒의 양(mol)}} = \frac{1}{4}\text{이다.}$$

08 수소 연료 전지와 물의 광분해

(가)에서 전자는 도선을 따라 전극 ㉑에서 전극 ㉒으로 이동하므로 ㉑은 (-)극, ㉒은 (+)극이고, A와 B는 각각 H_2 와 O_2 이다.

㉑ (가)의 전극 ㉑은 (-)극이므로 ㉑에서 $\text{A}(g)$ 의 산화 반응이 일어난다.

✕ 물의 광분해 장치 (나)의 전극 ㉓에서는 빛을 받아 물이 산화

되어 $\text{O}_2(g)$ 와 $\text{H}^+(aq)$ 이 생성되고, 전극 ㉔에서 $\text{H}^+(aq)$ 이 환원되어 $\text{H}_2(g)$ 가 생성된다.

✕ 수소 연료 전지인 (가)는 화학 에너지를 전기 에너지로 전환하는 장치이지만 물의 광분해 장치인 (나)는 빛에너지를 화학 에너지로 전환하는 장치이다.

09 화학 전지와 전기 분해

화학 전지는 이온화 경향이 큰 금속이 산화 반응이 일어나는 (-)극이고, 이온화 경향이 작은 금속이 환원 반응이 일어나는 (+)극이다. 금속의 이온화 경향은 $\text{Zn} > \text{Cu}$ 이므로 화학 전지 (가)에서 $\text{Zn}(s)$ 은 (-)극이고, $\text{Cu}(s)$ 는 (+)극이다. 따라서 환원되기 쉬운 경향은 $\text{Cu}^{2+}(aq) > \text{H}_2\text{O}(l)$ 이므로 (가)의 (+)극에서 일어나는 반응의 화학 반응식은 $\text{Cu}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Cu}(s)$ 이고, 생성된 물질은 $\text{Cu}(s)$ 이다. 이온 결합 물질의 용융액의 전기 분해에서 (-)극에서는 양이온이 환원되고, (+)극에서는 음이온이 산화된다. 따라서 $\text{NaCl}(l)$ 의 전기 분해 장치 (나)의 (-)극에서 일어나는 반응의 화학 반응식은 $\text{Na}^+(l) + e^- \longrightarrow \text{Na}(l)$ 이고, 생성된 물질은 $\text{Na}(l)$ 이다. 수용액의 전기 분해에서 (-)극에서는 전해질의 양이온과 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 중 환원되기 쉬운 경향이 큰 물질이 환원되고, (+)극에서는 전해질의 음이온과 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 중 산화되기 쉬운 경향이 큰 물질이 산화된다. 따라서 산화되기 쉬운 경향이 $\text{H}_2\text{O}(l) > \text{SO}_4^{2-}(aq)$ 이므로 $\text{CuSO}_4(aq)$ 의 전기 분해 장치 (다)의 (+)극에서 일어나는 반응의 화학 반응식은 $2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^-$ 이고, 생성된 물질은 $\text{O}_2(g)$ 이다. 따라서 같은 양(mol)의 전자가 이동하였을 때 산화 또는 환원되어 생성되는 물질의 몰비는 $x : y : z = 2 : 4 : 1$ 이고, $x = 2k$ 라고 하면 $y = 4k$, $z = k$ 이므로 $\frac{x+z}{y} = \frac{2k+k}{4k} = \frac{3}{4}$ 이다.

10 물의 광분해와 전기 분해

(가)의 물의 광분해 장치에서 광촉매 전극인 전극 ㉑에서는 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 산화되어 $\text{O}_2(g)$ 와 $\text{H}^+(aq)$ 이 생성되고, 전극 ㉒에서는 $\text{H}^+(aq)$ 이 환원되어 $\text{H}_2(g)$ 가 생성된다. (나)의 수용액의 전기 분해 장치에서 (+)극에서는 산화 반응이 일어나고, (-)극에서는 환원 반응이 일어난다.

㉑ (나)에서 (+)극에서는 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 산화되면서 $\text{H}^+(aq)$ 의 양(mol)이 증가하므로 반응이 진행되는 동안 $[\text{H}^+]$ 가 증가하여 pH는 감소한다.

✕ (가)의 전극 ㉑에서는 $\text{O}_2(g)$ 가 생성되고, 전극 ㉒에서는 $\text{H}_2(g)$ 가 생성된다. 반응이 진행될 때, 이동한 전자의 양(mol)은 같으므로 전자의 계수를 맞추면

$$\frac{\text{전극 ㉑에서 생성된 기체의 양(mol)}}{\text{전극 ㉒에서 생성된 기체의 양(mol)}} = \frac{1}{2}\text{이다.}$$

㉑ (나)에서 일어나는 전체 반응의 화학 반응식은 $2\text{H}_2\text{O}(l) + 2\text{Cu}^{2+}(aq) \longrightarrow \text{O}_2(g) + 2\text{Cu}(s) + 4\text{H}^+(aq)$ 이다. 따라서

(나)에서 반응이 진행될 때, 음이온 수는 일정하고 양이온 수가 증가하므로 $\frac{\text{음이온 수}}{\text{양이온 수}}$ 는 감소한다.

11 금속의 반응성과 화학 전지

이온화 경향이 작은 금속의 양이온이 들어 있는 수용액에 이온화 경향이 큰 금속을 넣으면 산화 환원 반응을 한다. 화학 전지에서 이온화 경향이 큰 금속이 연결된 전극에서는 산화 반응이 일어나므로 (-)극이고, 이온화 경향이 작은 금속이 연결된 전극에서는 환원 반응이 일어나므로 (+)극이다.

㉠ A^{a+} 과 B^{b+} 이 들어 있는 수용액에 금속 C를 넣었더니 ○ 2개가 사라지고 ☆ 1개가 생성되었으므로 ☆는 C^{c+} 이다. (나)에서 B^{b+} 은 증가하고 C^{c+} 은 감소하므로 ㉠은 (-)극이고 ㉡는 (+)극이다. 따라서 금속의 이온화 경향은 $B > C$ 이므로 (가)에서 C(s)와 반응한 ○은 A^{a+} 이다.

㉢ (나)에서 반응이 진행될 때 $\frac{\text{증가한 } B^{b+} \text{의 양(mol)}}{\text{감소한 } C^{c+} \text{의 양(mol)}} = \frac{2}{3}$ 이므로 반응 몰비는 $B^{b+} : C^{c+} = 2 : 3$ 이고 $b : c = 3 : 2$ 이다. 또한 (가)에서 A^{a+} 과 C^{c+} 이 2 : 1로 반응하므로 $a : c = 1 : 2$ 이고, $a : b : c = 1 : 3 : 2$ 이며 $a + b = 2c$ 이다.

㉣ (나)에서 두 전해질의 몰 농도는 모두 각각 1 M이고, 부피도 모두 각각 1 L이므로 각 수용액에 들어 있는 B^{b+} 과 C^{c+} 의 양은 모두 각각 1 mol이다. (나)에서 반응이 진행될 때, 전체 반응의 화학 반응식은 $2B(s) + 3C^{c+}(aq) \rightarrow 2B^{b+}(aq) + 3C(s)$ 이다. 따라서 (나)에서 반응을 통해 생성된 C(s)의 양이 0.6 mol일 때 산화되어 생성된 B^{b+} 의 양은 0.4 mol이므로 전해질 수용액에 들어 있는 B^{b+} 과 C^{c+} 의 양은 각각 1.4 mol과 0.4 mol이고, $\frac{C^{c+} \text{의 양(mol)}}{B^{b+} \text{의 양(mol)}} = \frac{0.4}{1.4} = \frac{2}{7}$ 이다.

12 물의 전기 분해와 광분해

물의 전기 분해에서 (-)극에서는 $H_2O(l)$ 이 환원되어 $H_2(g)$ 가 생성되고, (+)극에서는 $H_2O(l)$ 이 산화되어 $O_2(g)$ 가 생성된다. 물의 광분해에서 광촉매 전극인 전극 ㉠에서는 $H_2O(l)$ 이 산화되어 $O_2(g)$ 와 $H^+(aq)$ 이 생성되고, 전극 ㉡에서는 $H^+(aq)$ 이 환원되어 $H_2(g)$ 가 생성된다.

㉠ (-)극인 (가)의 전극 ㉠에서 일어나는 반응의 화학 반응식은 $2H_2O(l) + 2e^- \rightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$ 이다.

㉡ (가)의 (-)극에서 $H_2O(l)$ 이 환원되었으므로 환원되기 쉬운 경향은 $H_2O(l) > C^+(aq)$ 이다.

✕ (가)에서 $A_2(g)$ 와 $B_2(g)$ 는 각각 $H_2(g)$ 와 $O_2(g)$ 이다. 따라서 (나)의 전극 ㉡에서 $H^+(aq)$ 이 환원되어 생성되는 기체는 $A_2(g)$ 이다.

01 기체

수능 2점 테스트 본문 11~13쪽

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

수능 3점 테스트 본문 14~19쪽

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

02 액체와 고체

수능 2점 테스트 본문 33~35쪽

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

수능 3점 테스트 본문 36~41쪽

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

03 용액

수능 2점 테스트 본문 53~56쪽

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

수능 3점 테스트 본문 57~66쪽

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

04 반응 엔탈피

수능 2점 테스트 본문 77~79쪽

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

수능 3점 테스트 본문 80~85쪽

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

05 화학 평형과 평형 이동

수능 2점 테스트 본문 97~101쪽

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

수능 3점 테스트 본문 102~111쪽

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

06 산 염기 평형

수능 **2**점 테스트 본문 122~124쪽

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

수능 **3**점 테스트 본문 125~130쪽

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

08 반응 속도에 영향을 미치는 요인

수능 **2**점 테스트 본문 156~158쪽

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

수능 **3**점 테스트 본문 159~164쪽

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

07 반응 속도

수능 **2**점 테스트 본문 139~141쪽

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

수능 **3**점 테스트 본문 142~147쪽

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

09 전기 화학과 이용

수능 **2**점 테스트 본문 176~178쪽

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

수능 **3**점 테스트 본문 179~184쪽

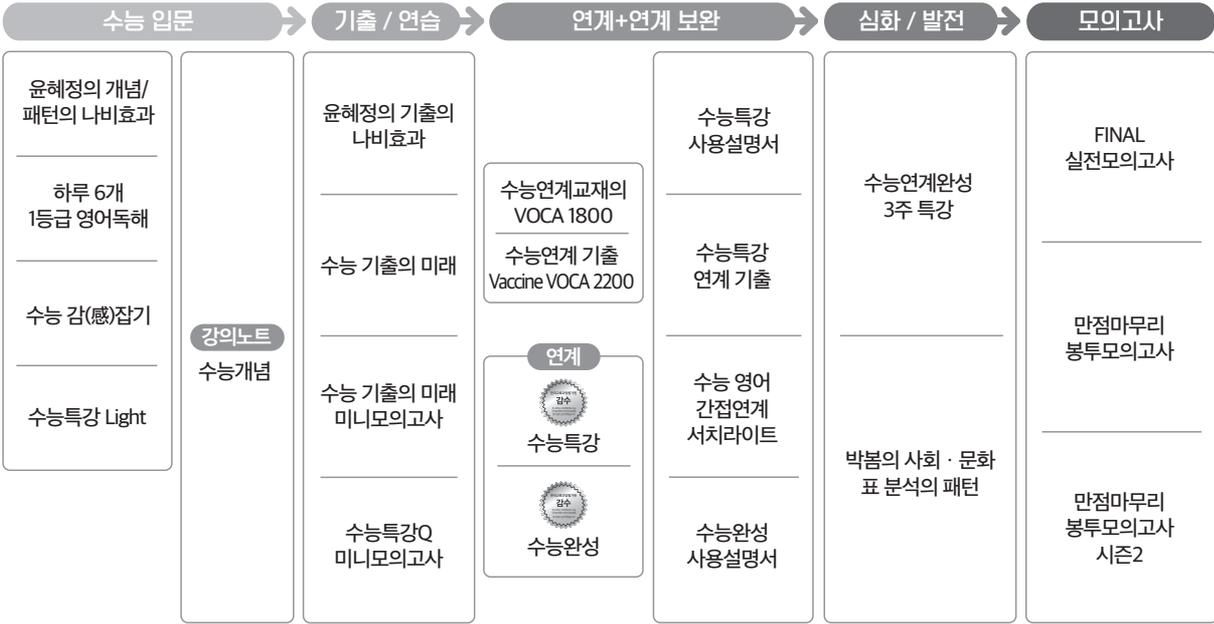
01 ⑤ 02 ⑤ 03 ③ 04 ⑤ 05 ③ 06 ③ 07 ①
08 ① 09 ② 10 ④ 11 ⑤ 12 ③

고1~2 내신 중점 로드맵

과목	고교 입문	기초	기본	특화	단기
국어	고등 예비 과정	윤해정의 개념의 나비효과 입문편/워크북	기본서 올림포스	국어 특화 국어 독해의 원리 국어 문법의 원리	단기 특강
영어		어휘가 독해다	올림포스 전국연합 학력평가 기출문제집	영어 특화 Grammar POWER Reading POWER Listening POWER Voca POWER	
수학		정승익의 수능 개념 잡는 대박구문 주혜연의 해석공식 논리 구조편	유형서 올림포스 유형편	고급 올림포스 고난도	
한국사 사회		기초 50일 수학	수학 특화 수학의 왕도	고등학생을 위한 다담은 한국사 연표	
과학		매쓰 디렉터의 고1 수학 개념 끝장내기	기본서 개념완성 개념완성 문항편		
		인공지능 수학과 함께하는 고교 AI 입문 수학과 함께하는 AI 기초			

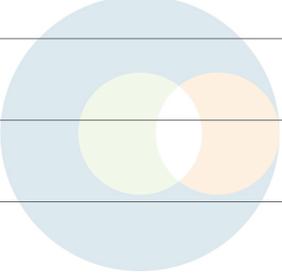
과목	시리즈명	특징	수준	권장 학년
전과목	고등예비과정	예비 고등학생을 위한 과목별 단기 완성	●	예비 고1
국/수/영	내 등급은?	고1 첫 학력평가+반 배치고사 대비 모의고사	●	예비 고1
	올림포스	내신과 수능 대비 EBS 대표 국어·수학·영어 기본서	●	고1~2
	올림포스 전국연합학력평가 기출문제집	전국연합학력평가 문제 + 개념 기본서	●	고1~2
	단기 특강	단기간에 끝내는 유형별 문항 연습	●	고1~2
한/사/과	개념완성 & 개념완성 문항편	개념 한 권+문항 한 권으로 끝내는 한국사·탐구 기본서	●	고1~2
국어	윤해정의 개념의 나비효과 입문편/워크북	윤해정 선생님과 함께 시작하는 국어 공부의 첫걸음	●	예비 고1~고2
	어휘가 독해다	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	수준별 수능형 영어듣기 모의고사	●	고1~2
	Voca POWER	영어 교육과정 필수 어휘와 어원별 어휘 학습	●	고1~2
수학	50일 수학	50일 만에 완성하는 중학~고교 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
	수학의 왕도	직관적 개념 설명과 세분화된 문항 수록 수학 특화서	●	고1~2
한국사	고등학생을 위한 다담은 한국사 연표	연표로 흐름을 잡는 한국사 학습	●	예비 고1~고2
기타	수학과 함께하는 고교 AI 입문/AI 기초	파이선 프로그래밍, AI 알고리즘에 필요한 수학 개념 학습	●	예비 고1~고2

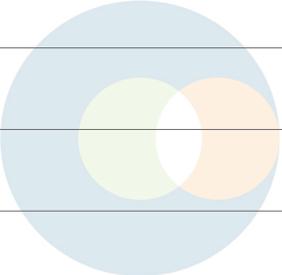
고2~N수 수능 집중 로드맵



구분	시리즈명	특징	수준	영역
수능 입문	윤희정의 개념/패턴의 나비효과	윤희정 선생님과 함께하는 수능 국어 개념/패턴 학습	●	국어
	하루 6개 1등급 영어독해	매일 꾸준한 기출문제 학습으로 완성하는 1등급 영어 독해	●	영어
	수능 감(感)잡기	동일 소재·유형의 내신과 수능 문항 비교로 수능 입문	●	국/수/영
	수능특강 Light	수능 연계교재 학습 전 연계교재 입문서	●	영어
기출/연습	수능개념	EBS 대표 강사들과 함께하는 수능 개념 다지기	●	전 영역
	윤희정의 기출의 나비효과	윤희정 선생님과 함께하는 까다로운 국어 기출 완전 정복	●	국어
	수능 기출의 미래	올해 수능에 딱 필요한 문제만 선별한 기출문제집	●	전 영역
	수능 기출의 미래 미니모의고사	부담없는 실전 훈련, 고품질 기출 미니모의고사	●	국/수/영
연계 + 연계 보완	수능특강Q 미니모의고사	매일 15분으로 연습하는 고품격 미니모의고사	●	전 영역
	수능특강	최신 수능 경향과 기출 유형을 분석한 종합 개념서	●	전 영역
	수능특강 사용설명서	수능 연계교재 수능특강의 지문·자료·문항 분석	●	국/영
	수능특강 연계 기출	수능특강 수록 작품·지문과 연결된 기출문제 학습	●	국어
	수능완성	유형 분석과 실전모의고사로 단련하는 문항 연습	●	전 영역
	수능완성 사용설명서	수능 연계교재 수능완성의 국어·영어 지문 분석	●	국/영
	수능 영어 간접연계 서치라이트	출제 가능성이 높은 핵심만 모아 구성된 간접연계 대비 교재	●	영어
	수능연계교재의 VOCA 1800	수능특강과 수능완성의 필수 중요 어휘 1800개 수록	●	영어
심화/발전	수능연계 기출 Vaccine VOCA 2200	수능-EBS 연계 및 평가원 최다 빈출 어휘 선별 수록	●	영어
	수능연계완성 3주 특강	단기간에 끝내는 수능 1등급 변별 문항 대비서	●	국/수/영
	박봄의 사회·문화 표 분석의 패턴	박봄 선생님과 사회·문화 표 분석 문항의 패턴 연습	●	사회탐구
모의고사	FINAL 실전모의고사	EBS 모의고사 중 최다 분량, 최다 과목 모의고사	●	전 영역
	만점마무리 봉투모의고사	실제 시험지 형태와 OMR 카드로 실전 훈련 모의고사	●	전 영역
	만점마무리 봉투모의고사 시즌2	수능 완벽대비 최종 봉투모의고사	●	국/수/영



EBS *i*  

EBS *i*  

EBS *i* 