

수능특강

과학탐구영역
화 학 Ⅱ

**정답과
해설**

01 기체

수능 2점 테스트

본문 11~13쪽

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

01 기체의 성질

- 부분 압력은 $B > A$ 이므로 기체의 양(mol)은 B가 A보다 크다.
 ✕. A와 B의 부피는 같고, 질량도 같으므로 밀도는 같다.
 ㉠. 부분 압력은 $B > A$ 이므로 기체의 양(mol)은 B가 A보다 크다.
 ✕. 기체의 양(mol)은 B가 A보다 크므로 분자량은 $A > B$ 이다.

02 대기압의 측정 실험

수은 기둥이 대기압에 의해 올라간 높이가 유리관의 단면적, 길이와 관계없이 같으므로 적절한 가설은 '1 atm에 해당하는 수은 기둥의 높이는 유리관의 길이와 단면적에 관계없이 일정하다.'이다.

03 보일 법칙

- 온도가 일정한 상태에서 외부 압력을 2배로 하면 기체의 부피는 $\frac{1}{2}$ 로 줄어든다.
 ㉠. 밀도는 $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이므로 부피가 $\frac{1}{2}$ 로 줄어들면 밀도는 2배로 증가한다. 따라서 밀도는 (나)의 기체가 (가)의 기체의 2배이다.
 ✕. 기체의 종류가 변하지 않으므로 분자량은 변화가 없다.
 ✕. 온도가 일정하므로 평균 운동 속력은 (가)와 (나)에서 같다.

04 기체 분자 운동론

- ㉠. 기체 분자 운동론에 따르면 기체 분자 자체의 부피는 전체 부피에 비하여 매우 작으므로 무시한다.
 ㉡. 샤를 법칙에 따르면 온도가 낮아지면 기체의 부피는 감소하므로 기체의 부피가 0이 되는 온도가 존재하게 된다.
 ㉢. 기체의 부피가 0이 되는 온도는 약 -273.15°C 로 이때의 온도를 절대 영도(0 K)라고 정하여 사용하고 있다.

05 기체의 분자량 측정

이상 기체 방정식으로부터 분자량을 구하는 식을 유도하면 $M = \frac{wRT}{PV}$ 이므로 필요한 자료는 기체 X의 압력, 부피, 기체 상수, 질량, 절대 온도이다.

- ㉠. 기체 상수(R)를 알아야 분자량을 구할 수 있다.
 ㉡. 물의 온도가 300 K이고, 수상 치환으로 X를 포집하였으므로 눈금실린더 안에는 X와 수증기가 혼합되어 있다. 따라서 X만의 압력을 구하기 위해서는 300 K에서 물의 수증기압을 알고 있어야 한다.
 ㉢. 생성된 X의 질량은 시험관 속 물질의 반응 전과 후의 질량 변화로부터 구할 수 있다.

06 기체의 성질

(가)와 (나)에 들어 있는 기체의 양(mol)을 비교하면 X와 Y의 분자량비를 구할 수 있다. 이상 기체 방정식 $PV = nRT$ 에서 (가)에 들어 있는 X의 양은 $n = \frac{PV}{RT} = \frac{V}{300R}$ mol이고, (나)에 들어 있는 X와 Y의 양은 $\frac{3V}{600R} = \frac{V}{200R}$ mol이다. 따라서 기체의 몰비는 (가) : (나) = 2 : 3이고, 첨가해 준 Y의 양(mol)은 (가)의 X의 양(mol)의 $\frac{1}{2}$ 에 해당한다. 따라서 분자량비는 $X : Y = 1 : 2$ 이므로 $\frac{Y \text{의 분자량}}{X \text{의 분자량}} = 2$ 이다.

07 기체의 압력과 분자량

- (가)의 장치는 X의 압력에 의해 수은 기둥의 높이 차가 나타나므로 X의 압력은 760 mmHg이다. (나)의 장치는 Y의 압력이 대기압과 수은 기둥의 높이의 합으로 나타나므로, Y의 압력은 $760 + 380 = 1140$ mmHg이다.
 ㉠. (나)에서 Y의 압력은 수은 기둥의 높이 차에 의한 압력과 대기압의 합과 같으므로 $760 + 380 = 1140$ mmHg이고, 1 atm은 760 mmHg이므로 1.5 atm이다.
 ㉡. (가)의 꼭지를 열면 대기압이 X에 작용하게 되므로 X의 압력인 760 mmHg과 대기압이 같게 되어 수은 기둥의 높이 차는 0이 된다.
 ✕. 기체의 압력은 온도와 부피가 같으면 기체의 양(mol)에 비례한다. 기체의 압력비는 $X : Y = 2 : 3$ 이므로 기체의 몰비는 $X : Y = 2 : 3$ 이고, 질량이 같으므로 분자량비는 $X : Y = 3 : 2$ 이다.

08 기체의 성질

샤를 법칙에 따르면 온도가 1°C 증가할 때마다 기체의 부피는 0°C 부피(V_0)의 $\frac{1}{273}$ 씩 증가한다.

$$V_t = V_0 + \frac{V_0}{273}t$$

- ✕. (가)에서 온도는 $t^\circ\text{C}$ 이고, X의 0°C 에서 부피는 2V L이므로 부피는 $(2V + \frac{2V}{273}t)$ L이다.
 ㉠. 0°C 일 때 부피는 X가 Y의 2배이고, 질량은 같으므로 분자량

은 Y가 X의 2배이다. 따라서 $\frac{Y \text{의 분자량}}{X \text{의 분자량}} = 2$ 이다.

㉠ 819 K는 섭씨온도로 546°C 이므로 Y의 부피는 $V + \frac{V}{273} \times 546 = 3V$ L이다.

09 기체의 성질

이상 기체 방정식은 $PV = nRT$ 이다. A(g)~C(g)의 양(mol)은 각각 $\frac{PV}{RT}$, $\frac{2xPV}{2RT}$, $\frac{6PV}{2RT}$ 이다.

✕ A와 B의 양(mol)은 같으므로 $\frac{PV}{RT} = \frac{2xPV}{2RT}$ 에서 $x=1$ 이다.

㉠ B(g)와 C(g)의 양(mol)은 각각 $\frac{PV}{RT}$, $\frac{3PV}{RT}$ 이므로 몰비는 B : C = 1 : 3이다.

✕ 기체의 질량비는 B : C = 1 : 2이므로 B와 C의 분자량을 각각 M_B , M_C 라고 하면 $\frac{1}{M_B} : \frac{2}{M_C} = 1 : 3$ 에서 $M_B : M_C = 3 : 2$ 이다. 따라서 $\frac{C \text{의 분자량}}{B \text{의 분자량}} = \frac{2}{3}$ 이다.

10 기체의 반응

일정한 온도에서 기체의 양(mol)은 압력과 부피의 곱에 비례한다. 따라서 반응 전 강철 용기에 들어 있는 A와 B의 양(mol)은 각각 $(\frac{1}{4} \times 2)n = 0.5n$, $2 \times 2n = 4n$ 이므로 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g) + 6B(g) \longrightarrow 4C(g) + 4D(g)$			
반응 전(mol)	0.5n	4n	0	0
반응(mol)	-0.5n	-3n	+2n	+2n
반응 후(mol)	0	n	2n	2n

반응 후 남은 반응물과 생성물의 총 양은 5n mol이고, 실린더에 들어 있는 He의 양은 n mol이므로 실린더 속 기체의 양은 총 6n mol이다. 강철 용기의 총 부피는 4 L이므로 반응 후 총 4n mol의 기체가 들어 있고, 실린더에는 2 L의 기체가 들어 있다. 반응이 완결되었을 때 남은 반응물과 생성물의 총 양은 5n mol이고, He의 양은 n mol이므로 He의 몰 분율은 $\frac{1}{6}$ 이다.

11 기체의 성질

피스톤 I을 고정하였으므로 X(g)의 부피는 5 L로 일정하다. 온도를 400 K에서 200 K로 감소시켰고, 압력을 2 atm으로 2배 증가시켰으므로 Y의 부피는 $\frac{1}{4}$ 배가 되어야 한다.

㉠ Y(g)의 부피가 변하지만 들어 있는 기체의 양(mol)은 변화가 없다. 온도와 압력을 변화시키기 전 기체의 부피는 Y가 X의

2배이므로 기체의 양(mol)은 Y가 X의 2배이다.

✕ 피스톤 I을 고정하였으므로 X의 부피는 5 L이고, Y의 부피는 $10 \times \frac{1}{4} = 2.5$ L이다. 따라서 기체의 부피는 X가 Y의 2배이다.

✕ 피스톤 I이 고정되어 있으므로 부피는 일정하고, 절대 온도가 $\frac{1}{2}$ 배 감소하였으므로 기체 X의 압력은 1 atm에서 0.5 atm으로 감소한다.

12 기체의 성질

꼭지를 열고 충분한 시간이 흘렀을 때, 전체 기체의 압력이 $\frac{7}{3}$ atm이고, 전체 기체의 부피는 3 L이므로 전체 기체의 양은 $\frac{7}{3} \times 3 = 7n$ mol이라고 할 수 있고, 꼭지를 열기 전 A(g)의 양은 $2.5 \times 2 = 5n$ mol이다. 따라서 $x=2$ 이고, 전체 기체의 압력은 $\frac{7}{3}$ atm이며, A(g)의 몰 분율은 $\frac{5}{7}$ 이므로 A(g)의 부분 압력은 $\frac{7}{3} \times \frac{5}{7} = \frac{5}{3}$ atm이다. 따라서 $x \times P = \frac{10}{3}$ 이다.

수능 3점 테스트

본문 14~20쪽

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

01 이상 기체 방정식

$PV = nRT$ 에서 A(g)의 양(mol)은 $\frac{PV}{4RT}$ 이고, B(g)의 양(mol)은 $\frac{5PV}{6RT}$ 이므로 몰비는 $A(g) : B(g) = \frac{1}{4} : \frac{5}{6} = 3 : 10$ 이다. A와 B의 분자량을 각각 $2M$, M 이라 하면, $\frac{w_1}{2M} : \frac{w_2}{M} = 3 : 10$ 이므로 $5w_1 = 3w_2$ 이다. 따라서 $\frac{w_2}{w_1} = \frac{5}{3}$ 이다.

02 혼합 기체의 압력

눈금실린더 속 기체는 (가)와 (나)에서 모두 $O_2(g)$ 와 $H_2O(g)$ 이다. 눈금실린더 속 기체의 압력은 (가)에서 760 mmHg이고, (나)에서 (760 - 물기둥의 압력) mmHg이다.

㉠ $H_2O(g)$ 의 양(mol)은 $n = \frac{PV}{RT}$ 에서 P 와 V 의 곱에 비례한다. 수증기압은 60 mmHg로 같고 $n \propto V$ 이므로 $H_2O(g)$ 의 양

(mol)은 (가)에서가 (나)에서의 2배이다.

✕. (가)에서 $O_2(g)$ 의 부분 압력은 $760 - 60 = 700 \text{ mmHg}$ 이고, (나)에서 $O_2(g)$ 의 부분 압력은 $(760 - 60 - \text{물기둥의 압력}) \text{ mmHg}$ 이다. 따라서 $O_2(g)$ 의 부분 압력은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

㉠. (가)에서 $O_2(g)$ 의 부분 압력은 700 mmHg 이므로 $\frac{700}{760} \text{ atm}$ 이고, 부피는 $2V \text{ L}$ 이며, $RT = 26 \text{ atm} \cdot \text{L/mol}$ 이므로 $n = \frac{PV}{RT} = \frac{700}{760} \times \frac{2V}{26} = \frac{70}{76} \times \frac{V}{13}$ 에서 $\frac{V}{13} \text{ mol}$ 보다 작다.

03 이상 기체 방정식

$PV = \frac{w}{M}RT$ 이므로 $M = \frac{wRT}{PV}$ 이다. $A(g) \sim C(g)$ 의 분자량은 $\frac{wRT}{P \times 2V} : \frac{wR \times 2T}{2P \times V} : \frac{2wR \times 2T}{2P \times V} = 1 : 2 : 4$ 이다.

㉠. 분자량은 $A : B = 1 : 2$ 이므로 기체의 양(mol)은 A가 B의 2배이다.

✕. 분자량은 $B : C = 1 : 2$ 이다.

㉡. $T \text{ K}$ 에서 $A(g)$ 는 $4V \text{ L}$ 의 용기에 $w \text{ g}$ 을 넣으면 자료보다 부피가 2배 늘어나기 때문에 압력은 $\frac{P}{2} \text{ atm}$ 이다. 자료의 $B(g)$ 는 온도가 $2T \text{ K}$ 이므로 $w \text{ g}$ 을 $4V \text{ L}$ 의 용기에 넣으면 $T \text{ K}$ 에서 압력은 $\frac{P}{4} \text{ atm}$ 이다. 자료의 $C(g)$ 는 온도가 $2T \text{ K}$, 질량이 $2w \text{ g}$ 이므로 $4V \text{ L}$ 의 용기에 넣으면 $T \text{ K}$ 에서 압력은 $\frac{P}{8} \text{ atm}$ 이다. 따라서 전체 기체의 압력은 $\frac{P}{2} + \frac{P}{4} + \frac{P}{8} = \frac{7}{8}P \text{ atm}$ 이다.

04 기체의 압력과 부피

$He(g)$ 의 압력은 0.5 atm 이고, $N_2(g)$ 의 압력은 꼭지가 닫혀 있으므로 0.5 atm 이다. He 과 N_2 가 연결된 꼭지를 열고 충분한 시간이 흘렀을 때의 압력을 $P \text{ atm}$ 이라고 하면, $(0.5 \times 2) + (0.5 \times 1) = P \times 3$ 이므로 $P = 0.5 \text{ atm}$ 이다. 수은 기둥이 연결된 꼭지를 열면 수은 기둥은 왼쪽이 오른쪽보다 높고 높이 차는 38 cm 가 된다.

✕. 모든 꼭지를 열고 충분한 시간이 흘렀을 때, $He(g)$ 의 부분 압력은 $0.5 \text{ atm} \times \frac{2}{3} = \frac{1}{3} \text{ atm}$ 이다.

㉠. $N_2(g)$ 의 부피는 혼합 전 1 L 에서 혼합 후 3 L 가 되므로 혼합 전의 압력이 혼합 후의 압력의 3배이다.

㉡. 전체 기체의 압력이 0.5 atm 이므로 수은 기둥은 왼쪽이 오른쪽보다 높고 높이 차는 38 cm 이다.

05 기체의 압력과 부피

꼭지를 열었을 때의 전체 기체의 압력을 $P \text{ atm}$ 이라고 하

면 전체 기체의 부피는 4 L 이고, 온도가 일정하므로 $P \times 4 = (1 \times 1) + (1 \times 1) + (2 \times 1) + (2 \times 1)$ 이 성립하므로 $P = 1.5$ 이다. 따라서 전체 기체의 압력은 1.5 atm 이다. 꼭지를 열고 충분한 시간이 흘렀을 때의 $A(g)$ 의 부피를 $V_A \text{ L}$ 라고 하면 $1.5 \times V_A = 1 \times 1$ 이므로 $V_A = \frac{2}{3}$ 이다. $B(g)$ 의 부피를 $V_B \text{ L}$ 라고 하면 $1.5 \times V_B = (1 \times 1) + (2 \times 1)$ 에서 $V_B = 2$ 이다. $C(g)$ 의 부피를 $V_C \text{ L}$ 라고 하면 $1.5 \times V_C = 2 \times 1$ 에서 $V_C = \frac{4}{3}$ 이다. 따라서 $A(g) \sim C(g)$ 의 압력은 1.5 atm 으로 같고, 부피는 각각 $\frac{2}{3} \text{ L}$, 2 L , $\frac{4}{3} \text{ L}$ 이다.

06 기체의 부분 압력과 몰 분율

화학 반응식이 $2A(g) \rightarrow B(g)$ 이므로 분자량은 $A : B = 1 : 2$ 이다. 따라서 $A(g)$ $w \text{ g}$ 을 $n \text{ mol}$, $B(g)$ $2w \text{ g}$ 을 $n \text{ mol}$ 이라고 하면 (가)에서 $1 \times 3V = 2nRT$ 이다.

(나)에서 기체의 양(mol) = $\frac{5}{6}$ 이므로 (나)에서 기체의 양은 (가)에서 기체의 양(mol) = $\frac{5}{6}$ 이므로, $x \text{ atm} \times 2V = \frac{5}{3}nR \times 2T$ 에서 $x = \frac{5}{2}$ 이다.

$2A(g) \rightarrow B(g)$ 에서 반응한 $A(g)$ 의 양을 $2m \text{ mol}$ 이라고 하면 반응 후 전체 기체의 양은 $(n - 2m) + (n + m) = 2n - m = \frac{5}{3}n$ 이므로 $m = \frac{1}{3}n$ 이다. 따라서 반응 후 $A(g)$ 의 양은 $\frac{1}{3}n \text{ mol}$, $B(g)$ 의 양은 $\frac{4}{3}n \text{ mol}$ 이므로 $A(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{1}{5}$ 이다. 따라서 (나)에서 $A(g)$ 의 부분 압력은 $\frac{5}{2} \text{ atm} \times \frac{1}{5} = \frac{1}{2} \text{ atm}$ 이다.

07 기체의 성질

(나) 과정 후 용기 속 $He(g)$ 과 $Ne(g)$ 이 혼합되어 전체 3 L 의 용기에 들어 있는 것이므로 $P \times 3 = (2 \times 2) + (2 \times 1)$ 에서 $P = 2$ 이다. (다) 과정 후 전체 기체의 압력은 1 atm 이고, 전체 기체의 부피는 $2 + 1 + 5 = 8 \text{ L}$ 이므로 $1 \times 8 = (2 \times 2) + (2 \times 1) + (2 \times x)$ 이다. 따라서 $x = 1$ 이다.

㉠. $P = 2$, $x = 1$ 이므로 $P + x = 3$ 이다.

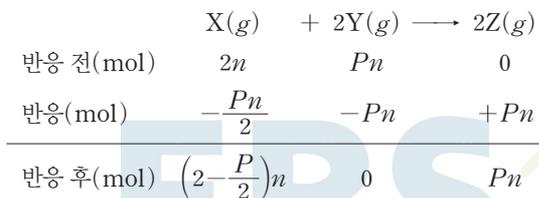
㉡. (나) 과정 후 용기 속 기체의 몰비는 $He : Ne = (2 \times 2) : (2 \times 1) = 2 : 1$ 이다. 따라서 He 의 몰 분율은 $\frac{2}{3}$ 이다.

㉢. (다) 과정 후 전체 기체의 압력은 1 atm 이고, 기체의 몰비는 $He : Ne = (2 \times 2) + (2 \times 1) : (2 \times 1) = 3 : 1$ 이므로 Ne 의 몰 분율은 $\frac{1}{4}$ 이고, 부분 압력은 $1 \text{ atm} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{4} \text{ atm}$ 이다.

08 기체의 반응

온도가 일정하면 기체의 양(mol)은 압력(P)과 부피(V)의 곱

에 비례한다. X(g)의 양을 $2n$ mol이라고 하면 Y(g)의 양은 Pn mol이라고 할 수 있다. 반응을 완결시켰을 때 X(g)가 남아 있으므로 Y(g)는 모두 반응한 것이다. 따라서 양적 관계를 나타내면 다음과 같다.

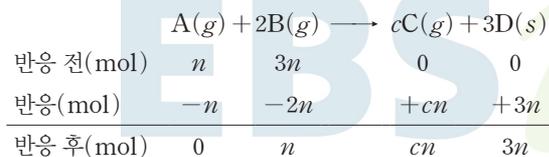


반응 후 전체 기체의 압력을 P_1 atm라고 하면 기체의 부피는 4 L이므로 $4P_1 = 2 + \frac{P}{2}$ 이고, Z(g)의 부분 압력은 $P_1 \times \frac{P}{\left(2 + \frac{P}{2}\right)} = \frac{1}{2}$

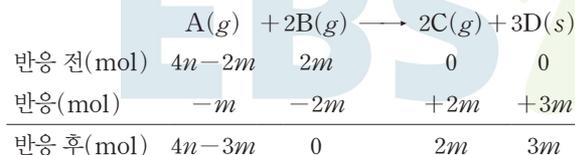
이므로 $P = 2$ 이다.

09 기체의 부분 압력과 몰 분율

I에서 A(g)의 몰 분율이 $\frac{1}{4}$ 이므로 A(g)와 B(g)의 양을 각각 n mol, $3n$ mol이라고 하면, A(g)가 모두 소모되어 양적 관계는 다음과 같다.



반응 전 $4n$ mol의 기체가 1 atm의 압력을 나타내므로 반응 후 전체 기체의 압력을 P atm이라고 하면 $4n : 1 = (1+c)n : P$ 이다. 따라서 전체 기체의 압력은 $\frac{1+c}{4}$ atm이고, C(g)의 몰 분율은 $\frac{c}{1+c}$ 이므로 C(g)의 부분 압력은 $\frac{1+c}{4} \times \frac{c}{1+c} = \frac{1}{2}$ 이고, $c = 2$ 이다. II에서 전체 기체의 압력이 I과 같으므로 B(g)의 양을 $2m$ mol이라고 하면, A(g)의 양은 $(4n - 2m)$ mol이다. 반응 후 C(g)의 부분 압력이 I과 같으므로 이 반응에서는 B(g)가 모두 반응한 것을 알 수 있고, 양적 관계는 다음과 같다.

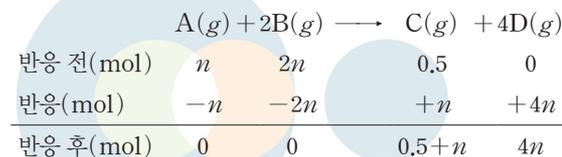


따라서 D(s)의 양(mol)을 제외한 반응 후 전체 기체의 양은 $(4n - m)$ mol이고, 이때의 압력을 P' atm이라고 하면 $1 : 4n = P' : 4n - m$ 에서 $P' = \frac{4n - m}{4n}$ atm이다. C(g)의 몰 분율은 $\frac{2m}{4n - m}$ 이므로 C(g)의 부분 압력은 $\frac{4n - m}{4n} \times \frac{2m}{4n - m} = \frac{1}{2}$

이고 $m = n$ 이다. 따라서 반응 전 A(g)와 B(g)의 양은 각각 $2n$ mol로 같고, $x = \frac{1}{2}$ 이므로 $c \times x = 1$ 이다.

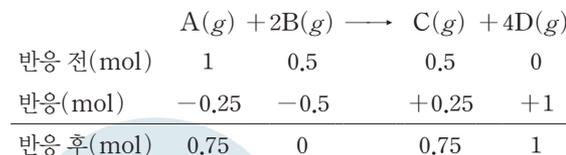
10 기체의 반응

(가)에서 반응이 완결되었을 때, A(g)와 B(g)가 모두 반응하였으므로 $m = 2n$ 이고, 양적 관계는 다음과 같다.



반응 후 $\frac{D(g) \text{의 부분 압력}}{C(g) \text{의 부분 압력}} = \frac{4n}{0.5 + n} = 2$ 이므로 $n = 0.5$ 이다.

따라서 (나)에서 반응 전 A(g)와 B(g)의 양은 각각 1 mol, 0.5 mol이므로 반응이 완결되었을 때, 양적 관계는 다음과 같다.

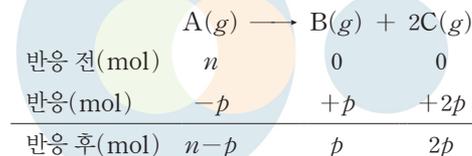


따라서 반응 후 혼합 기체의 압력은 1 atm이고, C(g)의 몰 분율은 $\frac{3}{10}$ 이므로 부분 압력은 0.3 atm이다. 반응 전 전체 기체의 양이 2 mol일 때 부피가 V L이므로 반응 후 전체 기체의 양은 2.5 mol이고 부피는 $\frac{5}{4}V$ L이다. 따라서

$$\frac{C(g) \text{의 부분 압력(atm)}}{\text{실린더 속 기체의 부피(L)}} = \frac{0.3}{\frac{5}{4}V} = \frac{6}{25V} \text{이다.}$$

11 기체의 반응과 부분 압력

반응 전 들어 있는 A(g)의 양을 n mol이라고 하고, ㉠에서 $\frac{P_A}{P_B + P_C} = 1$ 일 때 반응한 A(g)의 양을 p mol이라고 하면, 양적 관계는 다음과 같다.



$\frac{P_A}{P_B + P_C} = \frac{n - p}{3p} = 1$ 이므로 $p = \frac{n}{4}$ 이다. 반응 후 기체의 양은

$$\frac{3}{4}n + \frac{n}{4} + \frac{n}{2} = \frac{3}{2}n \text{ mol이고 부피는 } 3V \text{ L이다.}$$

✕. ㉠에서 전체 기체의 양은 $\frac{3}{2}n$ mol일 때 부피가 $3V$ L이다. 따라서 ㉡에서 부피는 $4V$ L이므로 전체 기체의 양은 $2n$ mol

이고, 이때 반응한 A(g)의 양을 q mol이라고 하면, 반응 후 전체 기체의 양(mol)은 $n+2q=2n$ 이므로 $q=\frac{n}{2}$ 이고, 반응 후 A(g)~C(g)의 양(mol)은 각각 $\frac{n}{2}$, $\frac{n}{2}$, n이므로 $\frac{P_A}{P_B+P_C} = \frac{0.5n}{1.5n} = \frac{1}{3}$ 이다.

㉠. $p = \frac{n}{4}$ 이고, $q = \frac{n}{2}$ 이므로 ㉠에서가 ㉡에서보다 반응한 A(g)의 양(mol)이 적다. 따라서 남은 A(g)의 양(mol)은 ㉠에서가 ㉡에서보다 많다.

㉢. ㉠에서 A(g)의 몰 분율은 $\frac{\frac{3}{4}n}{\frac{3}{2}n} = \frac{1}{2}$ 이므로 $P_A = 2 \text{ atm} \times \frac{1}{2} = 1 \text{ atm}$ 이다.

$\frac{1}{2} = 1 \text{ atm}$ 이다.

12 기체의 반응

온도가 같으면 기체의 양(mol)은 압력과 부피의 곱에 비례하므로 Ⅱ와 강철 용기에 각각 들어 있는 A(g)와 B(g)의 양(mol)은 각각 6n, 4n이다. 따라서 반응이 완결되었을 때 양적 관계는 다음과 같다.

	A(g) + B(g) → cC(g)		
반응 전(mol)	6n	4n	0
반응(mol)	-4n	-4n	+4cn
반응 후(mol)	2n	0	4cn

반응 후 혼합 기체의 양(mol)은 $(2+4c)n$ 이고, He(g)의 양(mol)은 6n이므로 전체 기체의 양은 $(8+4c)n$ mol이다. 고정 장치를 풀면 He(g)와 혼합 기체의 압력이 같아질 것이고, $\frac{V_2}{V_1} = \frac{19}{21}$ 이므로 $V_1 = 5 \times \frac{21}{40} = \frac{21}{8}$ L이고, $V_2 = 5 \times \frac{19}{40} = \frac{19}{8}$ L이다. 반응 후 기체의 압력(atm)을 P라고 하면 He(g)의 양(mol)은 변하지 않으므로 $P \times \frac{21}{8} = 6n$ 에서 $P = \frac{16}{7}$ atm이다.

㉢. (나)에서 Ⅱ와 강철 용기의 부피의 합은 $\frac{19}{8} + 2 = \frac{35}{8}$ L이므로 기체의 양(mol)은 $\frac{16}{7} \times \frac{35}{8} = 10n$ 이다. 따라서 $2+4c=10$ 이므로 $c=2$ 이다.

㉠. (나)의 Ⅱ와 강철 용기에서 남은 반응물은 A(g)이고, $c=2$ 이므로 몰 분율은 $\frac{2n}{2n+8n} = \frac{1}{5}$ 이다.

㉡. (나)에서 기체의 압력은 고정 장치를 풀었으므로 He(g)와 혼합 기체가 같고, 이때 He(g)의 압력(atm)을 P라고 하면 반응 후 He(g)의 부피 $V_1 = \frac{21}{8}$ 이므로 $P \times \frac{21}{8} = 6n$ 에서 $P = \frac{16}{7}$ atm이다.

13 몰 분율

A(g)가 1 g, B(g)가 5 g일 때 A의 몰 분율이 0.5이므로 이 때 몰비는 A : B = 1 : 1이다. 따라서 분자량비는 A : B = 1 : 5 이고, A 1 g의 양(mol)을 n, B 1 g의 양(mol)을 0.2n이라고 하면 (가)에서 $P \times 1 = 1.2n \times R \times T$ 이다. Q에서 A 1 g의 양(mol)은 n, B 3 g의 양(mol)은 0.6n이므로 전체 기체의 양(mol)은 1.6n이고, 이때 전체 기체의 압력을 x atm이라고 하면 $1.2n : P = 1.6n : x$ 이므로 $x = \frac{4}{3}P$ 이다. A의 몰 분율은 $\frac{n}{1.6n}$ 이

므로 $Q_A = \frac{4}{3}P \times \frac{1}{1.6} = \frac{5}{6}P$ 이다. 따라서 $Q_A \times \frac{A \text{의 분자량}}{B \text{의 분자량}} = \frac{5}{6}P \times \frac{1}{5} = \frac{1}{6}P$ 이다.

14 기체의 반응

반응 전 강철 용기 Ⅱ와 Ⅰ에 각각 들어 있는 X(g)와 Y(g)의 양(mol)은 각각 2n, n이다. (나)에서 반응이 완결되었을 때 용기 Ⅱ에서 X(g)가 존재하므로 Y(g)가 모두 반응한 것이고 양적 관계는 다음과 같다.

	X(g) + Y(g) → cZ(g)		
반응 전(mol)	2n	n	0
반응(mol)	-n	-n	+cn
반응 후(mol)	n	0	cn

따라서 반응 후 기체의 양(mol)은 X, Z, He이 각각 n, cn, n 이고, 꼭지 a를 달아도 X의 몰 분율은 $\frac{1}{3}$ 로 유지되므로 $c=1$ 이다. (다)에서 반응이 완결되었을 때 용기 Ⅲ에서 Y(g)가 존재하므로 X(g)는 모두 반응한 것이고 양적 관계는 다음과 같다.

	X(g) + Y(g) → Z(g)		
반응 전(mol)	0.5n	xn	0.5n
반응(mol)	-0.5n	-0.5n	+0.5n
반응 후(mol)	0	(x-0.5)n	n

(다) 과정 후 용기 Ⅰ에서 He(g)의 부분 압력은 0.5 atm이므로 용기 Ⅲ에서 Y(g)의 부분 압력은 1.25 atm이다. 따라서 (다) 과정 후 용기 Ⅱ와 Ⅲ에 남아 있는 Y(g)의 양(mol)은 2.5n이므로 $x=3$ 이다.

㉠. $c=1$, $x=3$ 이므로 $c+x=4$ 이다.

㉢. (다) 과정 후 용기 Ⅱ 속 기체의 양(mol)은 Y(g), He(g), Z(g)가 각각 1.25n, 0.25n, 0.5n이 들어 있다. 따라서 용기 Ⅱ에서 Z(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{4}$ 이다.

㉣. (다) 과정 후 꼭지를 모두 열고 반응을 완결시켰을 때 양적 관계는 다음과 같다.

	$X(g)$	$+$	$Y(g)$	\longrightarrow	$Z(g)$
반응 전(mol)	$0.5n$		$2.5n$		$1.5n$
반응(mol)	$-0.5n$		$-0.5n$		$+0.5n$
반응 후(mol)	0		$2n$		$2n$

$He(g)$ 의 양(mol)은 n 이므로 전체 기체의 양(mol)은 $5n$ 이다.

용기 전체의 부피는 3L이므로 전체 기체의 압력은 $\frac{5}{3}$ atm이다.

02 액체와 고체

수능 2점 테스트

본문 34~36쪽

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

01 분자 사이의 힘

CH_4 , H_2O , PH_3 , HBr 의 분자량은 각각 16, 18, 34, 81이므로 W~Z는 각각 CH_4 , H_2O , PH_3 , HBr 이다.

- ㉠. W는 CH_4 으로 무극성 분자이다. 따라서 분산력만 작용한다.
 ㉡. 기준 끓는점이 X가 W보다 높은 주된 이유는 X인 H_2O 은 수소 결합이 존재하기 때문이다.
 ㉢. Y와 Z는 모두 극성 분자이므로 모두 분자 사이에 쌍극자·쌍극자 힘이 존재한다.

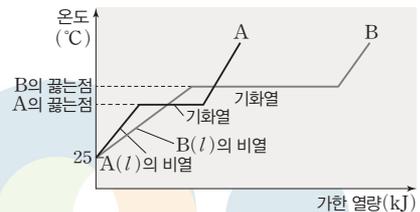
02 물의 성질

(가)는 $H_2O(s)$ 의 모형이므로 결합 A는 수소 결합이고, (나)에서 X는 $H_2O(s)$, Y는 $H_2O(l)$ 이다.

- ㉠. 결합 A는 수소 결합으로 (나)의 Y인 $H_2O(l)$ 에도 있다.
 ㉡. (나)의 X는 고체 상태이므로 (가)는 (나)의 X의 모형에 해당한다.
 ✕. 1g의 부피는 X가 Y보다 크므로 1L에 들어 있는 H_2O 의 분자 수는 $Y > X$ 이다.

03 액체의 성질

가열 곡선에서 얻을 수 있는 정보는 다음과 같다.



- ㉠. 끓는점은 액체에서 기체의 상태 변화가 일어나는 일정한 온도이므로 B가 A보다 높다.
 ✕. 비열이 클수록 온도 변화가 천천히 일어나므로 액체 상태의 비열($J/(g \cdot ^\circ C)$)은 B가 A보다 크다.
 ✕. 기화열(kJ/g)은 상태 변화가 일어나는 동안 가한 열량을 비교하면 되므로 B가 A보다 크다.

04 물의 표면 장력과 모세관 현상

표면 장력이 클수록 액체가 표면적을 최소화하려고 하며, 모세관

현상으로 인하여 모세관 내의 액체의 표면이 외부보다 높아지거나 또는 낮아진다.

(가) 머리카락 사이의 물 막이 줄어들면 표면적이 감소하므로, 표면 장력은 머리카락을 서로 끌어당기는 힘으로 작용하게 된다.

(나) 빨대 속 물은 부착력이 응집력보다 크게 작용하여 외부의 수면보다 높이 올라가는 모세관 현상이 나타나게 된다.

(다) 클립은 물보다 밀도가 크지만 물의 표면 장력으로 인하여 가라앉지 않고 떠 있게 된다.

(라) 페이퍼 타월의 주성분인 셀룰로스에 대하여 물의 부착력이 커서 모세관 현상으로 인해 미세한 틈 사이로 물이 스며들어 손의 물을 닦을 수 있다.

05 액체의 증기 압력

$A(l)$ 의 증기 압력 $+h_1 \text{ mmHg} = 760 \text{ mmHg}$ 이고, $B(l)$ 의 증기 압력 $+h_2 \text{ mmHg} = 760 \text{ mmHg}$ 이다. 높이 차는 $h_2 > h_1$ 이므로 증기 압력은 $A(l) > B(l)$ 이다.

✕. 액체의 증기 압력은 온도에 의해 달라지므로 (가)에서 $A(l)$ 10 mL를 추가해도 h_1 은 달라지지 않는다.

○. $t^\circ\text{C}$ 에서 $B(l)$ 의 증기 압력은 외부 압력보다 작으므로 수은 기둥이 왼쪽으로 올라와 있는 것이다. 따라서 $t^\circ\text{C}$ 에서 $B(l)$ 의 증기 압력은 760 mmHg보다 작다.

○. $A(l)$ 의 증기 압력이 $B(l)$ 보다 크므로, 기준 끓는점은 $B(l)$ 가 $A(l)$ 보다 높다.

06 액체의 증기 압력

$A(l)$ 의 증기 압력 $+h_1 = 760 \text{ mmHg}$ 이고, $B(l)$ 의 증기 압력 $+h_2 = A(l)$ 의 증기 압력이다. 따라서 $B(l)$ 의 증기 압력은 $(760 - h_1 - h_2) \text{ mmHg}$ 이다. $A(l)$ 의 증기 압력은 $(760 - h_1) \text{ mmHg}$ 이고, $B(l)$ 의 증기 압력은 $(760 - h_1 - h_2) \text{ mmHg}$ 이므로 증기 압력은 $A(l)$ 가 $B(l)$ 보다 크다. 따라서 기준 끓는점은 증기 압력이 작은 $B(l)$ 가 $A(l)$ 보다 높다.

07 고체 결정 구조

공유 결정인 X는 C(s, 다이아몬드)이고, 체심 입방 구조인 Y는 Li(s)이며, Z는 $\text{I}_2(s)$ 이다.

✕. X는 C(s, 다이아몬드)로 원자가 전자가 모두 공유 결합에 참여하므로 이동할 수 있는 전자가 없어 전기 전도성이 없다.

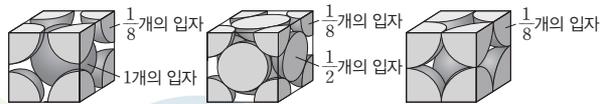
✕. Y는 Li(s)으로 단위 세포에 포함된 원자 수는 2이다.

○. Z는 $\text{I}_2(s)$ 으로 분자 결정이다. 1 atm에서 I_2 은 고체와 기체가 안정한 상으로 공존성이 있다.

08 고체 결정 구조

단순 입방 구조, 체심 입방 구조, 면심 입방 구조의 단위 세포 속 $\frac{1}{8}$ 개의 입자 수는 모두 8로 같고, 단위 세포 속 $\frac{1}{2}$ 개의 입자 수

는 각각 0, 0, 6이고, 1개의 입자 수는 각각 0, 1, 0이다. 따라서 (가)~(다)는 각각 체심 입방 구조, 면심 입방 구조, 단순 입방 구조이다.



(가) 체심 입방 구조 (나) 면심 입방 구조 (다) 단순 입방 구조

○. (가)는 단위 세포 속 1개의 입자 수가 1이므로 체심 입방 구조이다.

✕. $a=b=8, c=\frac{1}{2}$ 이므로 $(a+b) \times c=8$ 이다.

✕. 단위 세포에 포함된 입자 수는 (가)~(다)가 각각 2, 4, 1이므로 (나)가 가장 크다.

09 고체 결정 구조

결정 구조 모형은 입자들의 정육면체의 각 위치에 나타낸 것이고, 단위 세포 모형은 각 결정 구조에서 삼차원적으로 반복되는 가장 작은 단위 구조이다. 따라서 (가)는 결정 구조 모형이고, (나)는 단위 세포 모형이다.

○. (가)의 결정 구조 모형에 각 꼭짓점과 면심에 입자가 배치되므로 Al(s)은 면심 입방 구조이다.

✕. (가)는 결정 구조 모형이고, (나)는 단위 세포 모형이다.

✕. Al(s)은 금속으로 화학 결합은 금속 양이온과 자유 전자 사이의 결합인 금속 결합이다. 따라서 Al(s)은 금속 결정이다.

10 액체의 증기 압력

(가)에서 온도가 같을 때 증기 압력은 $X(l) > Y(l)$ 이다. (나)에서 $Z(l)$ 는 $t^\circ\text{C}$ 에서 증기 압력이 $(760 - h) \text{ mmHg}$ 이다.

○. $t^\circ\text{C}$ 에서 증기 압력은 $X(l) > Y(l)$ 이므로 분자 사이의 인력은 $Y(l) > X(l)$ 이다. 따라서 기준 끓는점은 $Y > X$ 이다.

○. X는 $t^\circ\text{C}$ 에서 증기 압력이 760 mmHg으로 대기압과 같으므로 높이 차가 없어야 한다. $Z(l)$ 의 증기 압력은 대기압보다 작으므로 Z는 Y이다.

✕. $Y(l)$ 의 $t^\circ\text{C}$ 에서 증기 압력은 100 mmHg이므로 (나)에서 높이 차 $h=660 \text{ mm}$ 이다.

11 액체의 증기 압력

(가)와 (나)는 모두 $A(l)$ 와 $A(g)$ 이 평형을 이루고 있는 상태이고, 온도가 같으므로 증기 압력이 같다.

✕. $A(l)$ 와 $A(g)$ 이 평형을 이루고 있을 때 온도가 같으면 증기 압력은 같다.

○. $A(g)$ 이 차지하는 부피는 (가)에서가 (나)에서보다 크므로 $A(g)$ 의 분자 수는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

✕. 동적 평형 상태에 도달한 것이므로 $\frac{A(g) \text{의 응축 속도}}{A(l) \text{의 증발 속도}}$ 는

(가)와 (나)가 모두 1이다.

12 고체 결정 구조

(가)에서 Cu(s)는 면심 입방 구조를 갖고, (나)에서 C(s, 흑연)은 층상 구조를 갖는다.

- ㉠. (가)는 금속 결정이므로 전기 전도성이 있고, (나)는 C 원자의 층상 구조 사이에 전자가 이동할 수 있으므로 전기 전도성이 있다.
- ㉡. (가)는 금속 결합, (나)는 공유 결합으로 이루어져 있다.
- ㉢. (가)에서 Cu는 면심 입방 구조이고, (나)에서 C는 층상 구조이다.

수능 **3점** 테스트 본문 37~43쪽

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

01 분자 사이의 힘

(라)인 C₄H₉OH의 분자량이 가장 작아도 기준 끓는점이 가장 높은 이유는 수소 결합 때문이다.

- ㉠. 분자량이 (가) > (라)임에도 끓는점이 (라) > (가)인 주된 이유는 (라)가 수소 결합을 하는 분자이기 때문이다.
- ㉡. 기준 끓는점은 1 atm에서의 끓는점이므로 25°C에서 (가) ~ (다)는 모두 기체 상태가 안정한 상이다.
- ㉢. 분산력은 모든 액체 분자 사이에 작용한다.

02 분자 결정과 이온 결정

(가)는 수소 결합을 하는 H₂O 분자의 분자 결정이고, (나)는 Na⁺과 Cl⁻의 이온 결정이다.

- ㉡. (가)는 수소 결합을 하는 H₂O 분자의 분자 결정이다.
- ㉢. (가)에서 결합 a는 수소 결합이고, (나)에서 결합 b는 이온 결합이다. 녹는점은 (나) > (가)이므로 결합의 세기는 b > a이다.
- ㉣. (나)에서 Na⁺은 Cl⁻과 같이 8개의 꼭짓점과 면의 중심에 입자가 배열되는 면심 입방 구조를 이룬다.

03 액체의 증기 압력

액체의 증기 압력은 온도가 높아질수록 증가한다.
 ✕. 액체 상태에서 분자 사이의 힘이 클수록 증기 압력은 낮으므로 분자 사이의 인력은 B > A이다.

- ㉢. 기준 끓는점은 외부 압력이 1 atm(760 mmHg)일 때의 끓는점이다. 기준 끓는점이 60°C 이하인 것은 A와 B 2가지이다.
- ✕. 높은 산에 올라가면 대기압이 760 mmHg보다 감소하므로 D의 끓는점은 낮아진다.

04 수소 화합물의 끓는점

17족 원소의 수소 화합물 A~D는 각각 HF, HCl, HBr, HI이다. 끓는점은 A > D > C > B이고, A의 끓는점이 분자량이 가장 작아도 가장 큰 것으로 보아 수소 결합이 존재하는 분자인 HF이고, 3~5주기 원소의 수소 화합물은 쌍극자 모멘트가 B > C > D이지만, 끓는점이 D > C > B이므로 분산력이 끓는점의 주된 요인임을 알 수 있다.

- ㉢. A는 2주기 원소의 수소 화합물이므로 분자량이 가장 작지만 기준 끓는점이 가장 높은 것으로 보아 수소 결합이 작용함을 알 수 있다.
- ✕. B와 C는 모두 극성 분자이고, 쌍극자 모멘트는 B > C이다. 그러나 분자량이 큰 C가 B보다 끓는점이 높으므로 주된 요인은 분산력이다.
- ㉣. 분산력은 분자량이 클수록 크므로 D가 가장 크다.

05 액체의 증기 압력

X(l)는 25°C 진공 상태에서 수은 기둥을 500 mm 밀어 올리는 증기 압력을 나타내므로 25°C에서 X(l)의 증기 압력은 500 mmHg이다. Y(l)의 증기 압력과 400 mm의 수은 기둥의 압력의 합은 대기압과 같으므로 25°C에서 Y(l)의 증기 압력은 360 mmHg이다.

- ✕. 25°C에서 증기 압력은 X(l) > Y(l)이므로 기준 끓는점은 Y > X이다.
- ㉢. 25°C에서 X(l)와 Y(l)의 증기 압력은 각각 500 mmHg, 360 mmHg이므로 증기 압력 차는 140 mmHg이다.
- ㉣. 25°C에서 Y(l)의 증기 압력은 360 mmHg이므로 기준 끓는점은 25°C보다 높다.

06 가열 곡선

고체 상태에서 A를 가열하였으므로 시작 온도는 녹는점인 -114°C보다 낮아야 한다. -114°C가 녹는점, 78°C가 끓는점이므로 두 온도에서 상태 변화가 일어나서 온도가 일정하다. 액체 상태의 비열이 고체 상태의 비열보다 크므로 액체 상태의 온도 변화가 고체 상태의 온도 변화보다 기울기가 작다. 기화열이 용해열의 2배이므로 액체가 기체로 상태 변화하는 구간의 길이가 고체가 액체로 상태 변화하는 구간의 길이의 2배여야 한다. 따라서 가장 적절한 것은 ①이다.

07 액체의 증기 압력

액체의 증기 압력은 온도가 높아질수록 커진다. B(l)의 증기 압력이 500 mmHg일 때의 온도가 84°C이고, B(l)의 증기 압력이 1 atm(760 mmHg)일 때의 온도는 100°C이다.

✕. B(l)의 증기 압력이 500 mmHg일 때의 온도는 84°C, x mmHg일 때의 온도는 99°C이므로 기준 끓는점보다 낮은 온도이다. 따라서 $500 < x < 760$ 이다.

○. 61°C일 때 A(l)는 증기 압력이 500 mmHg이고, C(l)는 증기 압력이 500 mmHg보다 작을 것이므로 분자 사이의 인력은 $C(l) > A(l)$ 이다.

✕. 1 atm일 때 C의 끓는점은 100°C보다 높으므로 100°C에서 안정한 상은 기체가 아니다.

08 온도에 따른 액체 분자 사이의 인력

○. 액체의 표면 장력이 클수록 표면적을 작게 하여 액체의 모양이 구형에 가까워지므로 25°C의 물이 50°C의 물보다 표면 장력이 크다.

○. 물에 가는 유리관을 넣었을 때 부착력이 응집력보다 크므로 외부 수면보다 내부 수면이 높아진다.

○. (가)와 (나)의 결과 물의 온도가 높아지면서 물 분자의 운동 에너지가 증가하여 분자 사이의 인력을 극복하고자 하는 경향이 커지므로 표면 장력이 감소하고, 물 분자 사이의 응집력이 줄어드는 것을 알 수 있다. 따라서 '물의 온도가 높아지면 표면 장력이 감소한다.'는 ○으로 적절하다.

09 고체 결정 구조

단위 세포의 면으로부터 A는 체심 입방 구조, B는 단순 입방 구조, C는 면심 입방 구조임을 알 수 있다.

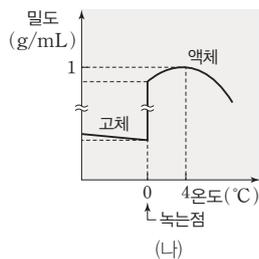
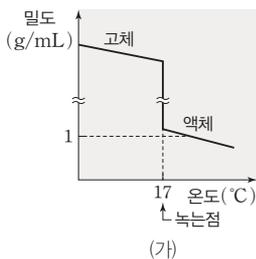
✕. A는 단위 세포의 꼭짓점에 4개의 입자가 있고, 각 꼭짓점의 입자가 서로 닿지 않으므로 체심 입방 구조이다.

○. $x=2, y=1$ 이므로 $x=2y$ 이다.

○. C는 면심 입방 구조이므로 단위 세포에 포함된 $\frac{1}{2}$ 개 입자에 해당하는 입자 수가 6이다.

10 고체와 액체의 밀도

(가)로부터 A는 고체 상태의 밀도가 액체 상태의 밀도보다 크고, (나)로부터 B는 고체 상태의 밀도가 액체 상태의 밀도보다 작다는 것을 알 수 있다.



○. 온도가 일정한 상태에서 밀도가 크게 변할 때의 온도가 녹는 점이므로 A와 B의 녹는점은 각각 17°C, 0°C이다. 따라서 녹는 점은 $A > B$ 이다.

○. A는 고체 상태의 밀도가 1 g/mL보다 크고, B는 고체 상태의 밀도가 1 g/mL보다 작다. 따라서 고체 상태 1g의 부피는 B가 A보다 크다.

✕. 1 atm, 4°C에서 A의 안정한 상은 고체이고, B의 안정한 상은 액체이다.

11 고체 결정 구조

(가)는 금속 결정, (나)와 (다)는 이온 결정이다.

○. (가)는 면심 입방 구조이므로 단위 세포에 포함된 Cu의 원자는 꼭짓점에 $\frac{1}{8} \times 8 = 1$ 개, 면에 $\frac{1}{2} \times 6 = 3$ 개로 총 4개이다.

○. (가)의 Cu(s)는 금속 결정이므로 전기 전도성이 있고, (나)의 CsCl은 이온 결정이므로 고체 상태에서는 전기 전도성이 없다.

○. (다)에서 Ca^{2+} 은 정육면체의 꼭짓점과 면의 중심에 배치되므로 면심 입방 구조를 이룬다.

12 고체 결정 구조

Al(s)은 금속 결정, $CO_2(s)$ 는 분자 결정, NaCl(s)은 이온 결정이다.

○. Al의 원자량은 27이므로 1 mol의 질량은 27 g이다. 따라서 Al(s) 입자 1개의 질량은 $\frac{27 \text{ g}}{6 \times 10^{23} \text{ 개}} = 4.5 \times 10^{-23} \text{ g/개}$ 이고, 면심 입방 구조를 갖는 Al(s)의 단위 세포에 포함된 Al 입자 수는 4이므로 단위 세포의 질량은 $1.8 \times 10^{-22} \text{ g}$ 이다.

✕. Al(s)의 한 면에는 꼭짓점과 면심에 Al 원자가 있으므로 a는 Al의 원자 반지름의 2배보다 크다.

✕. Al, CO_2 , NaCl의 1 atm, -50°C 에서 안정한 상은 각각 고체, 기체, 고체이다.

13 증기 압력

기준 끓는점은 증기 압력이 1 atm일 때의 온도이므로 $C > B > A$ 이다.

○. 기준 끓는점이 높을수록 분자 사이의 인력은 크므로 $B(l) > A(l)$ 이다.

✕. B의 기준 끓는점은 58°C 이므로 58°C 에서 C(l)의 증기 압력은 0.01 atm보다 작다.

○. B(l)는 58°C 에서 증기 압력이 1 atm이므로 100°C , 1 atm에서 B의 안정한 상은 기체이다.

14 고체 결정 구조

(가)는 화학식이 CsCl인 이온 결정, (나)는 화학식이 I_2 인 분자 결정, (다)는 화학식이 AB_2 인 이온 결정이다.

㉠. (나)는 무극성 분자인 I_2 의 분자 결정이므로 구성 분자 사이에 분산력이 작용한다.

㉡. (가)는 Cs^+ 을 둘러싼 가장 가까운 음이온 Cl^- 의 수가 8이고, (다)는 양이온인 A 이온을 둘러싼 B 이온의 수가 8이다. 따라서 양이온 1개를 둘러싼 가장 가까운 음이온의 수는 (가)와 (다)가 같다.

㉢. (다)에서 꼭짓점에 있는 A 이온의 수는 $\frac{1}{8} \times 8 = 1$ 이고, 면심에 있는 A 이온의 수는 $\frac{1}{2} \times 6 = 3$ 이므로 단위 세포의 A 이온 수는 4이다. 또한 B 이온은 총 8개가 들어 있으므로 화학식은 AB_2 이다.

03 용액

수능 2점 테스트

본문 55~58쪽

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

01 ppm 농도와 퍼센트 농도

ppm 농도는 용액 10⁶ g에 녹아 있는 용질의 질량(g)이고, 퍼센트 농도는 용액 100 g에 녹아 있는 용질의 질량(g)이다. 디카페인 커피에서 카페인 ppm 농도는 $\frac{0.01 \text{ g}}{500 \text{ g}} \times 10^6 \text{ ppm} = 20 \text{ ppm}$ 이고, 퍼센트 농도는 $\frac{0.01 \text{ g}}{500 \text{ g}} \times 100\% = 0.002\%$ 이다.

02 몰랄 농도

몰랄 농도는 용매 1 kg에 녹인 용질의 양(mol)을 나타낸 농도이다. A(aq)에서 용액의 질량은 500 mL \times 1.06 g/mL = 530 g이다. 용질 A의 질량을 x g이라고 하면 몰랄 농도는 $\frac{x \text{ mol}}{\frac{530-x}{1000} \text{ kg}} = 0.5 \text{ m}$ 이다. 따라서 x = 30이다.

03 몰랄 농도의 비교

몰랄 농도는 용매 1 kg에 녹인 용질의 양(mol)을 나타낸 농도이다. a m A(aq), 2a m A(aq)을 각각 (가)와 (나)라고 할 때, (가)와 (나)에서 용질 A의 질량이 같으므로 (가)와 (나)에서 A의 양을 각각 x mol이라고 하면 (가)의 몰랄 농도는 $\frac{x \text{ mol}}{\frac{520-100x}{1000} \text{ kg}} = a \text{ m}$ 이고, (나)의 몰랄 농도는 $\frac{x \text{ mol}}{\frac{270-100x}{1000} \text{ kg}} = 2a \text{ m}$ 이다. $\frac{520-100x}{270-100x} = 2$ 이므로 x = 0.2이다. (가)의 몰랄 농도는 $\frac{0.2 \text{ mol}}{\frac{520-20}{1000} \text{ kg}} = 0.4 \text{ m}$ 이므로 a = 0.4이다.

04 몰랄 농도와 퍼센트 농도

(가)에서 용질의 질량을 x g이라고 하면, (가)의 몰랄 농도

$$\frac{\frac{x}{100} \text{ mol}}{\frac{1100-x}{1000} \text{ kg}} = a \text{ m이므로 } (10+a)x = 1100a \text{ (식 ㉠)}$$

이다. (가)에 물 900 g을 추가한 (나)의 퍼센트 농도는

$$\frac{x \text{ g}}{(1100+900) \text{ g}} \times 100\% = 5a\% \text{이므로 } x = 100a \text{이다. 이를 식}$$

㉠에 대입하면 $a=1$ 이다.

05 몰랄 농도의 비교

몰랄 농도는 용매 1 kg에 녹인 용질의 양(mol)을 나타낸 농도이다.

㉠. (나)의 몰랄 농도는 $\frac{\text{A의 양(mol)}}{\text{물의 질량(kg)}} = \frac{2 \text{ mol}}{1 \text{ kg}} = 2 \text{ m}$ 이다.

㉡. (다)의 몰랄 농도는 $\frac{2 \text{ mol}}{4 \text{ kg}} = 0.5 \text{ m}$ 이고, (라)의 몰랄 농도는

$$\frac{1 \text{ mol}}{2 \text{ kg}} = 0.5 \text{ m}$$
이다.

㉢. (나)와 (라)를 모두 혼합한 수용액의 몰랄 농도는 $\frac{(2+1) \text{ mol}}{(1+2) \text{ kg}}$

$$= 1 \text{ m}$$
이고, (가)의 몰랄 농도는 $\frac{3 \text{ mol}}{3 \text{ kg}} = 1 \text{ m}$ 이다.

06 몰랄 농도와 몰 농도

몰랄 농도는 용매 1 kg에 녹인 용질의 양(mol)을 나타낸 농도이고, 몰 농도는 용액 1 L에 녹아 있는 용질의 양(mol)을 나타낸 농도이다.

㉠. (가)의 질량은 $500 \text{ mL} \times 1.06 \text{ g/mL} = 530 \text{ g}$ 이다.

㉡. (나)에 녹아 있는 A의 양은 $1 \text{ M} \times 0.5 \text{ L} = 0.5 \text{ mol}$ 이다.

㉢. (가)에 녹아 있는 A의 질량을 $x \text{ g}$ 이라고 하면, 몰랄 농도는

$$\frac{\frac{x}{60} \text{ mol}}{\frac{530-x}{1000} \text{ kg}} = 1 \text{ m이므로 } x = 30 \text{이다. (나)에 녹아 있는 A의}$$

질량은 $0.5 \text{ mol} \times 60 \text{ g/mol} = 30 \text{ g}$ 이다.

07 퍼센트 농도와 몰랄 농도

용질의 질량이 $a \text{ g}$ 인 (가)에서 용액의 질량을 $x \text{ g}$ 이라고 하면, 퍼센트 농도는 $\frac{a \text{ g}}{x \text{ g}} \times 100\% = a\%$ 이므로 $x = 100$ 이고, 물의 질량은 $(100-a) \text{ g}$ 이다. (가)에 물 $a \text{ g}$ 을 추가한 (나)에서 물의 질량

$$\text{은 } 100 \text{ g이므로 (나)의 몰랄 농도는 } \frac{\frac{a}{40} \text{ mol}}{\frac{100}{1000} \text{ kg}} = 1 \text{ m}$$
이다. 따라

서 $a=4$ 이다.

08 몰랄 농도

용질의 양(mol)은 몰랄 농도(m)와 용매의 질량(kg)의 곱이다.

㉠. (가)에 녹아 있는 A의 양은 $2 \text{ m} \times 1 \text{ kg} = 2 \text{ mol}$ 이고, 질량은 $2 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} = 80 \text{ g}$ 이다.

㉡. (가)에 물 250 g을 추가한 수용액의 몰랄 농도는

$$\frac{2 \text{ mol}}{\frac{1000+250}{1000} \text{ kg}} = 1.6 \text{ m이므로 } a = 1.6$$
이다.

㉢. (나)에 물 250 g을 추가하면 물의 질량은 처음의 $\frac{4}{3}$ 배가 되므

로 몰랄 농도는 $\frac{3}{4}$ 배가 된다. 따라서 $b \times \frac{3}{4} = 1.6$ 이므로 $b = \frac{32}{15}$

이다.

09 증기 압력 내림

수용액의 증기 압력 내림은 물의 증기 압력과 용질의 몰 분율의 곱이다.

㉠. $t^\circ\text{C}$ 의 (가)에서 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 과 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 가 평형을 이루고 있을 때 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 압력이 0.1 atm이므로 $t^\circ\text{C}$ 에서 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 증기 압력은 0.1 atm이다.

㉡. 두 기체의 온도가 같을 때 $\frac{PV}{n}$ 가 같으므로 $t^\circ\text{C}$ 에서 평형에

$$\text{도달한 후 (가)와 (나)에서 } \frac{0.1 \text{ atm} \times 1 \text{ L}}{2n \text{ mol}} = \frac{x \text{ atm} \times \frac{50}{99} \text{ L}}{n \text{ mol}}$$
이

다. $x = 0.099$ 이다.

㉢. $t^\circ\text{C}$ 에서 A(aq)의 증기 압력 내림은 $0.1 \text{ atm} - 0.099 \text{ atm} = 0.001 \text{ atm}$ 이다. 평형에 도달한 후 A(aq)에서 A의 몰 분율을 X 라고 하면, 증기 압력 내림은 $0.001 \text{ atm} = 0.1 \text{ atm} \times X$ 이므로 $X = \frac{1}{100}$ 이다.

10 증기 압력 내림과 몰랄 농도

0.1 m A(aq)은 물 1000 g에 A 0.1 mol을 녹인 수용액에 해당한다. 이 용액에서 물의 양은 $\frac{1000 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} = \frac{500}{9} \text{ mol}$ 이므로

$$\text{물의 몰 분율은 } \frac{\frac{500}{9} \text{ mol}}{\frac{500}{9} \text{ mol} + \frac{1}{10} \text{ mol}} = \frac{5000}{5009}$$
이다. $t^\circ\text{C}$ 에서 물

의 증기 압력을 $P \text{ mmHg}$ 라고 하면 A(aq)의 증기 압력은 $P \text{ mmHg} \times \frac{5000}{5009} = 50 \text{ mmHg}$ 이므로 $P = 50 \times \frac{5009}{5000} = 50.09$ 이다.

11 증기 압력 내림과 퍼센트 농도

수용액의 증기 압력은 물의 증기 압력과 물의 몰 분율의 곱이다. 8% 포도당 수용액은 물 92 g에 포도당 8 g을 녹인 용액에 해당한다.

$$\text{이 용액에서 물의 몰 분율은 } \frac{\frac{92 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}}}{\frac{92 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} + \frac{8 \text{ g}}{180 \text{ g/mol}}} = \frac{115}{116}$$

이므로 수용액의 증기 압력은 $116 \text{ mmHg} \times \frac{115}{116} = 115 \text{ mmHg}$ 이다. 따라서 $x=115$ 이다.

12 어는점 내림과 퍼센트 농도

$$\times. A(aq) \text{의 퍼센트 농도는 } \frac{10 \text{ g}}{(250+10) \text{ g}} \times 100\% = \frac{50}{13}\% \text{이}$$

므로 $a = \frac{50}{13}$ 이다.

$$\odot. A(aq) \text{의 몰랄 농도는 } \frac{\frac{10 \text{ g}}{60 \text{ g/mol}}}{\frac{250}{1000} \text{ kg}} = \frac{2}{3} m \text{이다.}$$

$$\odot. 1 \text{ atm에서 } A(aq) \text{의 어는점 내림은 } 1.86 \text{ }^\circ\text{C}/m \times \frac{2}{3} m = 1.24 \text{ }^\circ\text{C} \text{이다.}$$

13 끓는점 오름

$$\text{포도당 수용액의 몰랄 농도는 } \frac{\frac{18 \text{ g}}{180 \text{ g/mol}}}{\frac{500}{1000} \text{ kg}} = 0.2 m \text{이다. 포도}$$

당 수용액의 끓는점 오름은 $a \text{ }^\circ\text{C}/m \times 0.2 m = 0.2a \text{ }^\circ\text{C}$ 이므로 끓는점은 $(100 + 0.2a) \text{ }^\circ\text{C}$ 이다. 따라서 $x = 100 + 0.2a$ 이다.

14 끓는점 오름

$A(l)$ 의 기준 끓는점을 $t_0 \text{ }^\circ\text{C}$ 라고 하면, (가)의 몰랄 농도는 $\frac{0.01 \text{ mol}}{0.1 \text{ kg}} = 0.1 m$ 이므로 끓는점 오름은 $(t_1 - t_0) \text{ }^\circ\text{C} = x \text{ }^\circ\text{C}/m \times 0.1 m$ (식 ㉠)이다. (나)의 몰랄 농도는 $\frac{0.01 \text{ mol}}{0.5 \text{ kg}} = 0.02 m$ 이므로 끓는점 오름은 $(t_2 - t_0) \text{ }^\circ\text{C} = x \text{ }^\circ\text{C}/m \times 0.02 m$ (식 ㉡)이다. 식 ㉠과 ㉡을 이용하면 $t_1 - t_2 = x \times 0.08$ 이므로 $x = \frac{25(t_1 - t_2)}{2}$ 이다.

15 어는점 내림과 증기 압력 내림

$$\odot. A(aq) \text{의 몰랄 농도는 } \frac{0.31 \text{ }^\circ\text{C}}{1.86 \text{ }^\circ\text{C}/m} = \frac{1}{6} m \text{이다.}$$

\times . 몰랄 농도가 $\frac{1}{6} m$ 인 $A(aq)$ 은 물 1 kg에 $A \frac{1}{6} \text{ mol}$ 을 녹인 용액에 해당한다. 이 용액에서 물의 몰 분율은

$$\frac{\frac{1000 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}}}{\frac{1000 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} + \frac{1}{6} \text{ mol}} = \frac{1000}{1003} \text{이므로 } t \text{ }^\circ\text{C에서 } A(aq) \text{의 증기}$$

$$\text{압력(atm)} x = \frac{1000}{1003} P \text{이다.}$$

$$\times. \frac{100}{101}\% = \frac{10 \times 100\%}{1000 + 10} \text{인 } A(aq) \text{은 물 } 1000 \text{ g에 } A \text{ } 10 \text{ g을}$$

녹인 용액에 해당한다. 따라서 $A \text{ } 10 \text{ g}$ 은 $\frac{1}{6} \text{ mol}$ 이므로 $A \text{ } 1 \text{ mol}$ 의 질량은 60 g 이고, A 의 분자량은 60 이다.

16 삼투압

$25 \text{ }^\circ\text{C}$ 에서 $a M A(aq)$ 의 삼투압은 $P \text{ atm}$ 이고, $b M B(aq)$ 의 삼투압은 $2P \text{ atm}$ 이다. 삼투압은 용질의 종류와 무관하며 온도가 일정할 때 몰 농도에 비례한다. 따라서 $\frac{b}{a} = \frac{2P \text{ atm}}{P \text{ atm}} = 2$ 이다.

수능 3점 테스트

본문 59~66쪽

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

01 ppm 농도와 퍼센트 농도

ppm 농도는 용액 10^6 g 에 녹아 있는 용질의 질량(g)이고, 퍼센트 농도는 용액 100 g 에 녹아 있는 용질의 질량(g)이다.

①. Cd의 ppm 농도가 1970년일 때가 2000년일 때보다 크므로, A 강물 1 kg에 들어 있는 Cd의 질량은 1970년일 때가 2000년일 때보다 크다.

$$\times. 1970 \text{년 } A \text{ 강물에서 Pb의 퍼센트 농도는 } \frac{0.5 \text{ g}}{1000000 \text{ g}} \times 100\% = 0.00005\% \text{이다.}$$

\times . 2000년 A 강물 1 kg에 들어 있는 중금속의 질량은 Pb이 Cd의 5배이다. Cd와 Pb의 원자량은 각각 112.4, 207.2이므로 중금속의 양(mol)은 Pb이 Cd의 $5 \times \frac{112.4}{207.2}$ 배이다.

02 수용액의 희석과 몰랄 농도

수용액을 희석할 때 몰랄 농도는 물의 질량에 반비례한다.

①. (가)에 물을 1000 g 추가하였을 때 몰랄 농도가 $2 m$ 에서 $1 m$ 로 $\frac{1}{2}$ 배 감소하였으므로 물의 질량이 2배 증가한 것이다. 따라서 (가)에서 물의 질량은 1000 g , $a=1000$ 이다. 마찬가지로 (나)에 물을 500 g 추가하였을 때 몰랄 농도가 $1 m$ 에서 $0.5 m$ 로 $\frac{1}{2}$ 배 감소하였으므로 물의 질량이 2배 증가한 것이다. 따라서 (나)에서 물의 질량은 500 g , $b=500$ 이므로 $a=2b$ 이다.

✕. (가)의 몰랄 농도는 $\frac{c}{1 \text{ kg}} \text{ mol} = 2 \text{ m}$ 이므로, $c=80$ 이다.

✕. (나)에 물을 1000 g 추가하면 물의 질량은 3배가 되므로 몰랄 농도는 1 m의 $\frac{1}{3}$ 배인 $\frac{1}{3} \text{ m}$ 가 된다. 따라서 $x = \frac{1}{3} > 0.3$ 이다.

03 끓는점 오름과 증기 압력 내림

$t^\circ\text{C}$ 에서 (가)의 증기 압력이 $\frac{250}{253} P \text{ atm}$ 이므로 (가)에서 물의 물 분율은 $\frac{250}{253}$ 이다. 이는 물 250 mol에 A 3 mol을 녹인 용액에 해당하고 이 용액의 퍼센트 농도는

$$\frac{3 \text{ mol} \times 60 \text{ g/mol}}{250 \text{ mol} \times 18 \text{ g/mol} + 3 \text{ mol} \times 60 \text{ g/mol}} \times 100\% = \frac{50}{13}\%$$

$= a\%$ 이고, 몰랄 농도는 $\frac{3 \text{ mol}}{\frac{250 \times 18}{1000} \text{ kg}} = \frac{2}{3} \text{ m}$ 이다.

$\frac{300}{253}\%$ ($= \frac{3 \times 100\%}{250 + 3}$) A(aq)인 (나)는 물 250 g에 A 3 g을 녹인 용액에 해당하므로 이 용액의 몰랄 농도는 $\frac{\frac{3 \text{ g}}{60 \text{ g/mol}}}{\frac{250}{1000} \text{ kg}} = \frac{1}{5} \text{ m}$

이다. 끓는점 오름은 몰랄 농도에 비례하므로 $k : xk = \frac{2}{3} : \frac{1}{5}$, $x = \frac{3}{10}$ 이다. 따라서 $a \times x = \frac{50}{13} \times \frac{3}{10} = \frac{15}{13}$ 이다.

04 몰 농도, 퍼센트 농도, 몰랄 농도

㉠. (가)에 녹아 있는 A의 질량은 $200 \text{ g} \times \frac{1}{10} = 20 \text{ g}$ 이므로 (가)에서 물의 질량은 $200 \text{ g} - 20 \text{ g} = 180 \text{ g}$ 이다.

㉡. (나)에 녹아 있는 A의 양은 $0.1 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 0.01 \text{ mol}$ 이고, A의 질량은 $0.01 \text{ mol} \times 100 \text{ g/mol} = 1 \text{ g}$ 이다.

$$\frac{\text{(가)에 녹아 있는 A의 양(mol)}}{\text{(나)에 녹아 있는 A의 양(mol)}}$$

$$\frac{\text{(가)에 녹아 있는 A의 질량(g)}}{\text{(나)에 녹아 있는 A의 질량(g)}} = \frac{20 \text{ g}}{1 \text{ g}} = 20 \text{이다.}$$

㉢. (나)의 질량은 $100 \text{ mL} \times 1.01 \text{ g/mL} = 101 \text{ g}$ 이고 (나)에서 A의 질량이 1 g이므로 물의 질량은 100 g이다. (가)와 (나)를 모두 혼합하여 만든 수용액의 몰랄 농도는

$$\frac{\frac{20 \text{ g}}{100 \text{ g/mol}} + 0.01 \text{ mol}}{\frac{180 + 100}{1000} \text{ kg}} = \frac{210}{280} \text{ m} = 0.75 \text{ m} \text{이다.}$$

05 증기 압력 내림

맑은 용액의 증기 압력은 용매의 증기 압력과 용매의 물 분율($X_{\text{용매}}$)의 곱이다.

✕. 증기 압력은 (나) > (가)이므로 (나)는 물이고, (가)는 $a\%$ A(aq)

이다.

㉠. (가)의 증기 압력은 $(81 - 1) \text{ mmHg} = 81 \text{ mmHg} \times X_{\text{물}}$ 이므로 $X_{\text{물}} = \frac{80}{81}$ 이다.

✕. (가)에서 A의 물 분율은 $\frac{1}{81}$ 이고, 이는 A 1 mol과 물 80 mol을 혼합한 수용액에 해당한다. 이 수용액의 퍼센트 농도는

$$\frac{1 \text{ mol} \times 60 \text{ g/mol}}{80 \text{ mol} \times 18 \text{ g/mol} + 1 \text{ mol} \times 60 \text{ g/mol}} \times 100\% = 4\% \text{이므로 } a=4 \text{이다.}$$

06 퍼센트 농도, 몰 농도, 몰랄 농도

(가)에 녹아 있는 A의 질량은 $890 \text{ g} \times \frac{a}{100} = 8.9a \text{ g}$ 이고, 물의 질량은 $(890 - 8.9a) \text{ g}$ 이다. (나)에서 용액의 부피는 $\frac{10a \text{ g}}{1 \text{ g/mL}} =$

$10a \text{ mL}$ 이고, 녹아 있는 A의 질량은 $0.1 \text{ M} \times \frac{10a}{1000} \text{ L} \times 100 \text{ g/mol} = 0.1a \text{ g}$ 이며, 물의 질량은 $10a \text{ g} - 0.1a \text{ g} = 9.9a \text{ g}$ 이다. (가)와 (나)를 모두 혼합하여 만든 수용액을 (다)라고 하면 (다)에 녹아 있는 A의 질량은 $8.9a \text{ g} + 0.1a \text{ g} = 9a \text{ g}$ 이고, 물의 질량은 $(890 - 8.9a) \text{ g} + 9.9a \text{ g} = (890 + a) \text{ g}$ 이다. (다)의 몰랄 농도

$$\text{는 } \frac{\frac{9a}{100} \text{ mol}}{\frac{890 + a}{1000} \text{ kg}} = 1 \text{ m} \text{이므로, } a=10 \text{이다.}$$

07 삼투압과 몰 농도

온도가 일정할 때 삼투압은 몰 농도에 비례한다. (가)에 물 0.5 L를 추가하였을 때 삼투압이 (가)의 $\frac{2}{3}$ 배로 감소하였으므로 몰 농도가

(가)의 $\frac{2}{3}$ 배로 감소한 것이다. 이는 용액의 부피가 $\frac{3}{2}$ 배로 증가하였기 때문이므로 $V_1 \text{ L} = 1 \text{ L}$ 이다. (나)에 물 0.5 L를 추가하였을 때 삼투압이 (나)의 $\frac{1}{2}$ 배로 감소하였으므로 몰 농도가 (나)의 $\frac{1}{2}$ 배로 감소한 것이다. 이는 용액의 부피가 2배로 증가하였기 때문이므로 $V_2 \text{ L} = 0.5 \text{ L}$ 이다. 또 삼투압비가 (가) : (나) = 3 : 2이므로 몰 농도비도 (가) : (나) = 3 : 2이다. 부피비는 (가) : (나) = 2 : 1이므로 용질의 몰비는 (가) : (나) = $(3 \times 2) : (2 \times 1) = 3 : 1$ 이다. (가)와 (나)에 녹아 있는 용질의 질량이 같으므로 A와 B의 분자량비는 $M_A : M_B = 1 : 3$ 이다. 따라서 $\frac{M_B \times V_2}{M_A} = \frac{3 \times 0.5}{1} = \frac{3}{2}$ 이다.

08 몰 농도, 몰랄 농도

$a \text{ M}$ A(aq)은 A $a \text{ mol}$ 이 녹아 있는 1 L 수용액에 해당한다. 이 용액의 질량은 $1000 \text{ mL} \times 1.1 \text{ g/mL} = 1100 \text{ g}$ 이

고 용질의 질량은 $a \text{ mol} \times M_A \text{ g/mol} = aM_A \text{ g}$ 이므로 물의 질량은 $(1100 - aM_A) \text{ g}$ 이다. 이 용액의 몰랄 농도는 $\frac{a \text{ mol}}{\frac{1100 - aM_A}{1000} \text{ kg}} = 1.1a \text{ m}$ 이므로 $a \times M_A = \frac{2100}{11}$ 이다.

09 증기 압력 내림과 퍼센트 농도

증기 압력 내림은 용매의 증기 압력과 용질의 몰 분율의 곱이다. A(aq)에서 A의 몰 분율은 $\frac{1}{131}$ 이고, 이는 물 $130 \text{ mol} \times 18 \text{ g/mol} = 2340 \text{ g}$ 에 A $1 \text{ mol} \times 60 \text{ g/mol} = 60 \text{ g}$ 을 녹인 용액에 해당한다. 이 용액의 퍼센트 농도는 $\frac{60 \text{ g}}{(2340 + 60) \text{ g}} \times 100\% = 2.5\%$ 이므로 $a = 2.5$ 이다. 5% B(aq)은 물 95 g 에 B 5 g 을 녹인 용액에 해당한다. 이 용액에서 B의 몰 분율은 $\frac{5 \text{ g}}{\frac{180 \text{ g/mol}}{18 \text{ g/mol}} + \frac{5 \text{ g}}{180 \text{ g/mol}}} = \frac{1}{191} = \frac{1 \text{ mmHg}}{x \text{ mmHg}}$ 이므로 $x = 191$ 이다.

10 몰 농도, 퍼센트 농도, 몰랄 농도

(가)에서 A의 양은 $0.5 \text{ M} \times 0.5 \text{ L} = 0.25 \text{ mol}$ 이고, 질량은 $0.25 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} = 10 \text{ g}$ 이며, 물의 질량은 $(500 \text{ mL} \times 1 \text{ g/mL}) - 10 \text{ g} = 490 \text{ g}$ 이다. (가)에 가한 10% A(aq) $x \text{ g}$ 에서 A의 질량은 $\frac{x}{10} \text{ g}$, 물의 질량은 $\frac{9x}{10} \text{ g}$ 이다. 따라서 (나)의 몰

랄 농도는 $\frac{10 + \frac{x}{10} \text{ mol}}{\frac{490 + \frac{9x}{10} \text{ kg}}{1000}} = \frac{25}{29} \text{ m}$ 이므로 $x = 100$ 이다.

11 끓는점 오름과 어는점 내림

퍼센트 농도가 $\frac{100}{51}\% = \frac{1 \times 100\%}{50 + 1}$ 인 A(aq)은 물 50 g 에 A 1 g 을 녹인 용액에 해당하므로 이 용액의 몰랄 농도는 $\frac{1 \text{ g}}{\frac{60 \text{ g/mol}}{50} \text{ kg}} = \frac{1}{3} \text{ m}$ 이다. 끓는점 오름과 어는점 내림은 몰랄 농도에 비례하므로 B(aq)의 몰랄 농도는 $\frac{1}{3} \text{ m} \times \frac{3k}{5k} = \frac{1}{5} \text{ m}$ 이고, $\frac{a}{b} = \frac{5k}{3k} = \frac{5}{3}$ 이다. $\frac{1}{5} \text{ m}$ B(aq)은 물 1 kg 에 B $\frac{1}{5} \text{ mol} \times 180 \text{ g/mol} = 36 \text{ g} = x \text{ g}$ 을 녹인 용액이다. 따라서 $\frac{a \times x}{b} = \frac{5}{3} \times 36 = 60$ 이다.

12 몰랄 농도

(가)와 (나)는 용질의 질량이 각각 30 g 이므로 용매의 질량은 각각 $330 \text{ g} - 30 \text{ g} = 300 \text{ g}$, $530 \text{ g} - 30 \text{ g} = 500 \text{ g}$ 이다.

✕. (가)는 용매의 질량이 300 g 이므로 몰랄 농도가 1 m 또는 2 m 가 되기 위해서는 용질의 양이 각각 $0.3 \text{ kg} \times 1 \text{ m} = 0.3 \text{ mol}$, $0.3 \text{ kg} \times 2 \text{ m} = 0.6 \text{ mol}$ 이 되어야 한다. C(aq)에서 용질의 화학식량이 100이므로 용질의 질량이 30 g 일 때 용질의 양은 $\frac{30 \text{ g}}{100 \text{ g/mol}} = 0.3 \text{ mol}$ 이 되어 (가)는 C(aq)이다.

ⓐ. (나)는 용매의 질량이 500 g 이므로 몰랄 농도가 1 m 또는 2 m 가 되기 위해서는 용질의 양이 각각 $0.5 \text{ kg} \times 1 \text{ m} = 0.5 \text{ mol}$, $0.5 \text{ kg} \times 2 \text{ m} = 1 \text{ mol}$ 이 되어야 한다. B(aq)에서 용질의 화학식량이 60이므로 용질의 질량이 30 g 일 때 용질의 양은 $\frac{30 \text{ g}}{60 \text{ g/mol}} = 0.5 \text{ mol}$ 이 되어 (나)는 B(aq)이다. B(aq)의 용질의 양은 0.5 mol 이다.

ⓑ. (다)는 A(aq)이다. (다)의 몰랄 농도는 $\frac{\frac{x}{40} \text{ mol}}{\frac{360 - x}{1000} \text{ kg}} = 2 \text{ m}$

이므로 $x = \frac{80}{3}$ 이다.

13 어는점 내림과 증기 압력 내림

$t^\circ\text{C}$ 에서 B(aq)의 증기 압력이 $\frac{1000}{1003} P \text{ atm}$ 이므로 물의 몰 분율은 $\frac{1000}{1003}$ 이다. 이는 물 1000 mol 에 B 3 mol 을 녹인 용액에 해당하고 이 용액의 퍼센트 농도는

$\frac{3 \text{ mol} \times 180 \text{ g/mol}}{1000 \text{ mol} \times 18 \text{ g/mol} + 3 \text{ mol} \times 180 \text{ g/mol}} \times 100\% = \frac{300}{103}\% = a\%$ 이다.

ⓐ. 퍼센트 농도가 $\frac{300}{103}\% = \frac{3 \times 100\%}{100 + 3}$ 인 A(aq)은 물 100 g 에 A 3 g 을 녹인 용액에 해당하므로 이 용액에서 물의 몰 분율은

$\frac{100 \text{ g}}{\frac{18 \text{ g/mol}}{100 \text{ g}} + \frac{3 \text{ g}}{60 \text{ g/mol}}} = \frac{1000}{1009}$ 이고, $t^\circ\text{C}$ 에서 이 용액의 증

기 압력은 $\frac{1000}{1009} P \text{ atm}$ 이다. 따라서 $\frac{b}{a} = \frac{1000 P}{\frac{1009 P}{300}} = \frac{1030}{3027} P$

이다.

ⓑ. A(aq)의 몰랄 농도는 $\frac{3 \text{ g}}{\frac{60 \text{ g/mol}}{100} \text{ kg}} = 0.5 \text{ m}$ 이다.

ⓒ. 1 atm 에서 물의 몰랄 내림 상수를 K_f 라고 하면, A(aq)의 어는점 내림은 $0.93^\circ\text{C} = K_f \times 0.5 \text{ m}$ 이므로 $K_f = 1.86^\circ\text{C}/\text{m}$ 이다.

B(aq)의 몰랄 농도는 $\frac{3 \text{ mol}}{\frac{1000 \times 18}{1000} \text{ kg}} = \frac{1}{6} \text{ m}$ 이므로 어는점 내

림은 $1.86^\circ\text{C}/\text{m} \times \frac{1}{6} \text{ m} = 0.31^\circ\text{C}$ 이다. 따라서 B(aq)의 기준 어는점은 -0.31°C 이므로 $x = -0.31$ 이다.

14 몰랄 농도와 퍼센트 농도

(가)에서 (나)가 될 때 몰랄 농도가 $\frac{2}{3}$ 배가 되었으므로 물의 질량이 $\frac{3}{2}$ 배로 증가했다. 따라서 추가한 물 50b g은 (가)에 들어 있는 물의 $\frac{1}{2}$ 배이다. (가)에 들어 있는 물의 질량은 100b g이고, 녹아 있는 A의 질량은 (545-100b) g이다. (나)에 들어 있는 물의 질량은 150b g이고, 녹아 있는 A의 질량은 (545-100b) g이다. (다)에 들어 있는 물의 질량은 150b g이고, 녹아 있는 A의 질량은 (545-99b) g이며, A의 질량 (545-99b) g = x g이라고 하면 (다)의 퍼센트 농도는 $\frac{x \text{ g}}{(150b+x) \text{ g}} \times 100\% = 6.25\% = \frac{25}{4}\%$ 이므로 $x = 10b = 545 - 99b$, $b = 5$ 이다.

15 증기 압력 내림과 퍼센트 농도

증기 압력 내림은 용매의 증기 압력과 용질의 몰 분율의 곱이다.

㉠. 물의 증기 압력이 같을 때 증기 압력 내림은 (가) > (나)이므로 (가)는 농도가 큰 8% A(aq)이고, (나)는 5% A(aq)이다.

㉡. 물의 증기 압력이 177 mmHg일 때 (가)의 증기 압력 내림이 4.5 mmHg이므로 (가)에서 A의 몰 분율은 $\frac{4.5 \text{ mmHg}}{177 \text{ mmHg}} = \frac{3}{118}$ 이다. 이는 물 $118 \text{ mol} - 3 \text{ mol} = 115 \text{ mol}$ 에 A 3 mol을 녹인 수용액에 해당하므로 이 수용액의 퍼센트 농도는

$$\frac{3 \text{ mol} \times a \text{ g/mol}}{115 \text{ mol} \times 18 \text{ g/mol} + 3 \text{ mol} \times a \text{ g/mol}} \times 100\% = 8\% \text{이다.}$$

$$a = \frac{115 \times 18 \times 8}{276} = 60 \text{이다.}$$

㉢. (가)의 증기 압력 내림은 물의 증기 압력에 비례하므로 $3 : 4.5 = x : 177$ 이므로 $x = 118$ 이다. (나) 5% A(aq)은 물 95 g에 A 5 g을 녹인 수용액에 해당하므로 A의 몰 분율은

$$\frac{\frac{5 \text{ g}}{60 \text{ g/mol}}}{\frac{95 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} + \frac{5 \text{ g}}{60 \text{ g/mol}}} = \frac{3}{193} \text{이다.}$$

물의 증기 압력이 y mmHg일 때 (나)의 증기 압력 내림은 3 mmHg = y mmHg $\times \frac{3}{193}$ 이므로 $y = 193$ 이다. $y - x = 193 - 118 = 75$ 이다.

16 몰랄 농도, 몰 농도, 퍼센트 농도

물 1000 g에 A 0.1 mol $\times 100 \text{ g/mol} = 10 \text{ g}$ 을 녹인 A(aq)의 몰랄 농도는 0.1 m이고, 수용액의 질량은 1010 g이다. 이에 비례하여 (가) 0.1 m A(aq) 202 g에 녹아 있는 A는 2 g이다. 1 M A(aq) a mL의 질량은 a mL $\times 1.1 \text{ g/mL} = 1.1a \text{ g}$ 이고,

녹아 있는 A의 질량은 $1 \text{ M} \times \frac{a}{1000} \text{ L} \times 100 \text{ g/mol} = 0.1a \text{ g}$ 이다.

(가)에 1 M A(aq) a mL를 가한 수용액의 퍼센트 농도는

$$\frac{(2+0.1a) \text{ g}}{(202+1.1a) \text{ g}} \times 100\% = 5\% \text{이므로 } 200 + 10a = 1010 +$$

5.5a, $a = 180$ 이다. 1 M A(aq) (a+160) mL = 340 mL의 질량은 340 mL $\times 1.1 \text{ g/mL} = 374 \text{ g}$ 이고, 녹아 있는 A의

질량은 $1 \text{ M} \times \frac{340}{1000} \text{ L} \times 100 \text{ g/mol} = 34 \text{ g}$ 이다. (가)에 1 M

A(aq) 340 mL를 가한 수용액의 퍼센트 농도는 $\frac{(2+34) \text{ g}}{(202+374) \text{ g}}$

$$\times 100\% = \frac{25}{4}\% = b\% \text{이므로 } \frac{a}{b} = \frac{180}{\frac{25}{4}} = \frac{144}{5} \text{이다.}$$

04 반응 엔탈피

수능 2점 테스트

본문 77~79쪽

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

01 발열 반응

×. 이 반응은 반응물의 엔탈피가 생성물의 엔탈피보다 크므로 반응이 일어날 때 엔탈피 차에 해당하는 열을 방출하는 발열 반응이다.

○. 반응 엔탈피(ΔH)는 생성물의 엔탈피 합에서 반응물의 엔탈피 합을 뺀 값이므로 발열 반응의 $\Delta H < 0$ 이다. 따라서 $a < 0$ 이다.

×. 반응 엔탈피는 물질의 양(mol)에 비례하므로 열화학 반응식에서 반응 계수가 2배가 되면 반응 엔탈피도 2배가 되고, 반응 엔탈피(ΔH)는 (생성물의 엔탈피 합) - (반응물의 엔탈피 합)이다. 따라서 반응 $2X(g) \rightarrow 2Y(g)$ 의 반응 엔탈피(ΔH)는 $(2y - 2x)$ kJ이다.

02 생성 엔탈피

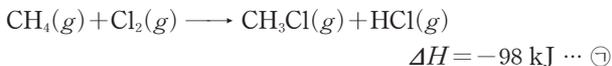
반응 $2SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g)$ 의 반응 엔탈피 $\Delta H = (\text{생성물의 생성 엔탈피 합}) - (\text{반응물의 생성 엔탈피 합}) = 2 \times (a - 98.9) \text{ kJ} - 2a \text{ kJ} = -197.8 \text{ kJ}$ 이다. 따라서 $x = -197.8$ 이다.

03 결합 에너지

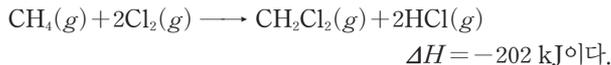
이 반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 (반응물의 결합 에너지 총합) - (생성물의 결합 에너지 총합) = $(2 \times (C-F \text{ 결합 에너지}) + 2 \times (C-Cl \text{ 결합 에너지}) + (F-F \text{ 결합 에너지})) - (4 \times (C-F \text{ 결합 에너지}) + (Cl-Cl \text{ 결합 에너지})) = (2a + 2b + c - 4a - d) \text{ kJ} = (-2a + 2b + c - d) \text{ kJ} = x \text{ kJ}$ 이다. 따라서 $x = -2a + 2b + c - d$ 이다.

04 헤스 법칙

화학 반응이 일어나는 동안 반응물의 종류와 상태, 생성물의 종류와 상태가 같으면 반응 경로에 관계없이 반응 엔탈피의 총합은 일정하다. 이를 헤스 법칙이라고 한다.

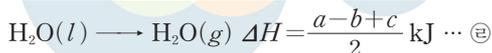
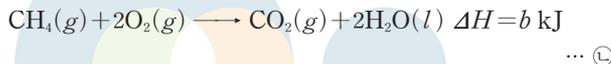


식 ㉠ + ㉡에서



헤스 법칙에 따라 $-98 + x = -202$ 이므로 $x = -104$ 이다.

05 헤스 법칙



식 ㉠ - ㉡ + ㉣ = $2 \times$ ㉢이므로 식 ㉢ = $-㉠ + ㉡ + 2 \times$ ㉣이다. 따라서 (가)는 $CH_2O(g) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + H_2O(g)$ 이다.

06 생성 엔탈피

반응 $4NH_3(g) + 7O_2(g) \rightarrow 4NO_2(g) + 6H_2O(l)$ 의 반응 엔탈피 $\Delta H = (\text{생성물의 생성 엔탈피 합}) - (\text{반응물의 생성 엔탈피 합}) = 4x \text{ kJ} + 6b \text{ kJ} - 4a \text{ kJ} = -1400 \text{ kJ}$ 이다. 따라서 $x = \frac{2a - 3b - 700}{2}$ 이다.

07 헤스 법칙과 생성 엔탈피

화학 반응이 일어나는 동안 반응물의 종류와 상태, 생성물의 종류와 상태가 같으면 반응 경로에 관계없이 반응 엔탈피의 총합은 일정하다. 이를 헤스 법칙이라고 한다.

×. $NH_3(g)$ 의 생성 엔탈피는 $\frac{a}{2}$ kJ/mol이다.

○. 반응 $2H_2(g) + N_2(g) \rightarrow N_2H_4(g)$ 의 반응 엔탈피 $\Delta H = b$ kJ이므로, $N_2H_4(g)$ 의 생성 엔탈피는 b kJ/mol이다.

○. 헤스 법칙에 따라 $a = b + x$ 이므로 $x = a - b$ 이다.

08 결합 에너지

이 반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 (반응물의 결합 에너지 총합) - (생성물의 결합 에너지 총합) = $2 \times (O-F \text{ 결합 에너지}) + (O-O \text{ 결합 에너지}) - (O=O \text{ 결합 에너지}) - (F-F \text{ 결합 에너지}) = (2a + 180 - 498 - 159) \text{ kJ} = (2a - 477) \text{ kJ} = x \text{ kJ}$ 이다. 따라서 $x = 2a - 477$ 이다.

09 헤스 법칙과 생성 엔탈피

화학 반응이 일어나는 동안 반응물의 종류와 상태, 생성물의 종류와 상태가 같으면 반응 경로에 관계없이 반응 엔탈피의 총합은 일정하다. 이를 헤스 법칙이라고 한다.

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

㉠. 헤스 법칙에 따라 $b=c+d$ 이다.

㉡. 가장 안정한 성분 원소로부터 $\text{CaO}(s)$ 1 mol이 생성되는 반응의 열화학 반응식은 $\text{Ca}(s) + \frac{1}{2}\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{CaO}(s)$ $\Delta H=b$ kJ이다. 따라서 $\text{CaO}(s)$ 의 생성 엔탈피는 b kJ/mol이다.

㉢. 가장 안정한 성분 원소로부터 $\text{CaCO}_3(s)$ 1 mol이 생성되는 반응의 열화학 반응식은 $\text{C}(s, \text{흑연}) + \frac{3}{2}\text{O}_2(g) + \text{Ca}(s) \longrightarrow \text{CaCO}_3(s)$ $\Delta H=(a+c)$ kJ이다. $b=c+d$ 이므로 $a+c=a+b-d$ 이다. 따라서 $\text{CaCO}_3(s)$ 의 생성 엔탈피는 $(a+b-d)$ kJ/mol이다.

10 생성 엔탈피

$\text{Mn}(s) + \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{MnO}_2(s)$ $\Delta H=a$ kJ ... ㉠

$4\text{Al}(s) + 3\text{MnO}_2(s) \longrightarrow 2\text{Al}_2\text{O}_3(s) + 3\text{Mn}(s)$

$$\Delta H=b$$
 kJ ... ㉡

식 $3 \times \text{㉠} + \text{㉡}$ 에서 $4\text{Al}(s) + 3\text{O}_2(g) \longrightarrow 2\text{Al}_2\text{O}_3(s)$ $\Delta H=(3a+b)$ kJ이다. 가장 안정한 성분 원소로부터 $\text{Al}_2\text{O}_3(s)$

1 mol이 생성되는 반응의 열화학 반응식은 $2\text{Al}(s) + \frac{3}{2}\text{O}_2(g)$

$\longrightarrow \text{Al}_2\text{O}_3(s)$ $\Delta H=\left(\frac{3a+b}{2}\right)$ kJ이다. 따라서 25°C , 1 atm

에서 $\text{Al}_2\text{O}_3(s)$ 의 생성 엔탈피는 $\frac{3a+b}{2}$ kJ/mol이다.

11 헤스 법칙

$\text{CaCO}_3(s) \longrightarrow \text{CaO}(s) + \text{CO}_2(g)$ $\Delta H=a$ kJ ... ㉠

$\text{CaO}(s) + \text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2(s)$ $\Delta H=b$ kJ ... ㉡

$\text{Ca}(\text{OH})_2(aq) + \text{CO}_2(g) \longrightarrow \text{CaCO}_3(s) + \text{H}_2\text{O}(l)$

$$\Delta H=c$$
 kJ ... ㉢

식 $-\text{㉠} - \text{㉡} - \text{㉢}$ 에서

$\text{Ca}(\text{OH})_2(s) \longrightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2(aq)$ $\Delta H=-(a+b+c)$ kJ

이다. $-(a+b+c) < 0$ 이므로 이 반응은 발열 반응이고,

$\text{Ca}(\text{OH})_2(s)$ 1 mol이 용해될 때 방출하는 열은 $(a+b+c)$ kJ이

고, $\frac{37 \text{ g}}{74 \text{ g/mol}} = \frac{1}{2}$ mol이 용해될 때 방출하는 열은 $\frac{a+b+c}{2}$ kJ

이다.

12 결합 에너지

이 반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 (반응물의 결합 에너지 총합) - (생성물의 결합 에너지 총합) = $4 \times (\text{H-O 결합 에너지}) + 2 \times (\text{O-O 결합 에너지}) - 4 \times (\text{H-O 결합 에너지}) - (\text{O=O 결합 에너지}) = (4b+2c-4b-x)$ kJ = $(2c-x)$ kJ = a kJ이다. 따라서 $x=-a+2c$ 이다.

01 생성 엔탈피와 헤스 법칙

$2\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g) \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}(l)$ $\Delta H=-571.6$ kJ ... ㉠

$\text{C}_3\text{H}_4(g) + 4\text{O}_2(g) \longrightarrow 3\text{CO}_2(g) + 2\text{H}_2\text{O}(l)$ $\Delta H=-1937$ kJ ... ㉡

$\text{C}_3\text{H}_8(g) + 5\text{O}_2(g) \longrightarrow 3\text{CO}_2(g) + 4\text{H}_2\text{O}(l)$ $\Delta H=-2220$ kJ ... ㉢

✕. $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 생성 엔탈피는 $\frac{-571.6}{2}$ kJ/mol = -285.8 kJ/mol이다.

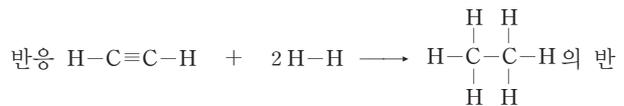
㉠. 1 g이 완전 연소하여 $\text{CO}_2(g)$ 와 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 생성될 때 방출하는 열은 $\text{C}_3\text{H}_8(g)$ 이 $\frac{2220}{44}$ kJ이고, $\text{C}_3\text{H}_4(g)$ 이 $\frac{1937}{40}$ kJ이다.

$\frac{2220}{44} > \frac{1937}{40}$ 이므로 1 g이 완전 연소하여 $\text{CO}_2(g)$ 와 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 생성될 때 방출하는 열은 $\text{C}_3\text{H}_8(g)$ 이 $\text{C}_3\text{H}_4(g)$ 보다 크다.

㉡. 식 $\text{㉠} + \text{㉡} - \text{㉢}$ 에서 $\text{C}_3\text{H}_4(g) + 2\text{H}_2(g) \longrightarrow \text{C}_3\text{H}_8(g)$ $\Delta H=(-571.6-1937-(-2220))$ kJ = -288.6 kJ이다.

$\text{C}_3\text{H}_4(g)$ 이 $\text{H}_2(g)$ 와 반응하여 $\text{C}_3\text{H}_8(g)$ $\frac{22 \text{ g}}{44 \text{ g/mol}} = \frac{1}{2}$ mol이 생성될 때의 반응 엔탈피(ΔH)는 $\frac{-288.6}{2}$ kJ = -144.3 kJ이다.

02 결합 에너지



응 엔탈피(ΔH)는 (반응물의 결합 에너지 총합) - (생성물의 결합 에너지 총합) = $2 \times (\text{H-H 결합 에너지}) + 2 \times (\text{H-C 결합 에너지}) + (\text{C}\equiv\text{C 결합 에너지}) - 6 \times (\text{H-C 결합 에너지}) - (\text{C-C 결합 에너지}) = (2a+2b+e-6b-c)$ kJ = $(2a-4b-c+e)$ kJ = $(x+y)$ kJ이다. 따라서 $x+y=2a-4b-c+e$ 이다.

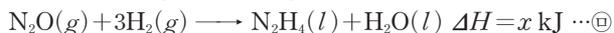
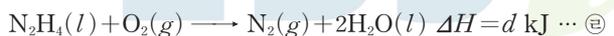
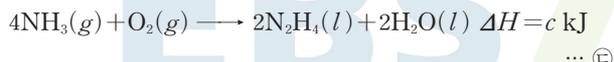
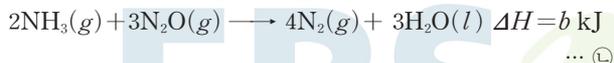
03 생성 엔탈피와 발열 반응, 흡열 반응

㉠. (가)는 가장 안정한 성분 원소로부터 $\text{NO}(g)$ 2 mol이 생성되는 반응이므로 $\Delta H=2 \times 90$ kJ > 0 이다. 따라서 (가)는 흡열 반응이다.

✕. (나)의 반응 엔탈피 $\Delta H=(\text{생성물의 생성 엔탈피 합}) - (\text{반응물의 생성 엔탈피 합}) = -2 \times a$ kJ = x kJ이므로 $x=-2a$ 이다.

㉔ (다)의 반응 엔탈피 $\Delta H = (\text{생성물의 생성 엔탈피 합}) - (\text{반응물의 생성 엔탈피 합}) = 4 \times 90 \text{ kJ} + 6 \times (a - 196) \text{ kJ} - 4 \times a \text{ kJ} = (2a - 816) \text{ kJ}$ 이다. $a < 0$ 이므로 $\Delta H < 0$ 으로 (다)는 발열 반응이다.

04 헤스 법칙



식 ㉕의 반응물 또는 생성물에는 $\text{N}_2(g)$, $\text{O}_2(g)$, $\text{NH}_3(g)$ 가 없다. 먼저 식 ㉒~㉔을 이용하여 $\text{N}_2(g)$, $\text{NH}_3(g)$ 를 소거시키면 식 ㉑- $2 \times$ ㉒+ $8 \times$ ㉓에서 $6\text{N}_2\text{H}_4(l) + 9\text{O}_2(g) \longrightarrow 6\text{N}_2\text{O}(g) + 12\text{H}_2\text{O}(l) \quad \Delta H = (c - 2b + 8d) \text{ kJ}$... ㉖이다. 식 ㉑과 ㉖을 이용하여 $\text{O}_2(g)$ 를 소거시키면 식 $-9 \times$ ㉑-㉖에서 $6\text{N}_2\text{O}(g) + 18\text{H}_2(g) \longrightarrow 6\text{N}_2\text{H}_4(l) + 6\text{H}_2\text{O}(l) \quad \Delta H = (-9a + 2b - c - 8d) \text{ kJ} = 6x \text{ kJ}$ 이다. 따라서

$$x = \frac{-9a + 2b - c - 8d}{6} \text{이다.}$$

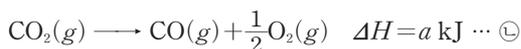
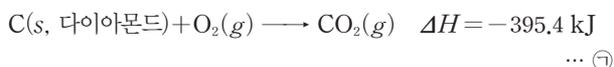
05 생성 엔탈피와 결합 에너지

(가)의 생성 엔탈피-(나)의 생성 엔탈피=(나)의 결합 에너지 총합-(가)의 결합 에너지 총합이다. $t^\circ\text{C}$, 1 atm에서 H-C 결합 에너지, C-C 결합 에너지, C=C 결합 에너지, C≡C 결합 에너지를 각각 w , x , y , z 라고 할 때 $a - b = (6 \times w + 2 \times x + z) - (6 \times w + x + 2 \times y) = x - 2y + z$ 이다. 따라서 결합 에너지로부터 $a - b$ 를 구하기 위해 반드시 이용해야 할 자료는 $t^\circ\text{C}$, 1 atm에서 C-C 결합 에너지, C=C 결합 에너지, C≡C 결합 에너지이다.

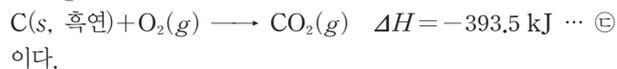
06 생성 엔탈피

$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(s)$ 1 mol이 가장 안정한 성분 원소인 $\text{H}_2(g)$, $\text{C}(s, \text{흑연})$, $\text{O}_2(g)$ 로 분해될 때의 반응 엔탈피가 $x \text{ kJ}$ 이므로 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(s)$ 의 생성 엔탈피는 $-x \text{ kJ/mol}$ 이다. 반응 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(s) \longrightarrow 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(l) + 2\text{CO}_2(g)$ 의 반응 엔탈피 $\Delta H = (\text{생성물의 생성 엔탈피 합}) - (\text{반응물의 생성 엔탈피 합}) = 2 \times (-278) \text{ kJ} + 2 \times a \text{ kJ} - (-x) \text{ kJ} = -82 \text{ kJ}$ 이다. 따라서 $x = -2a + 474$ 이다.

07 헤스 법칙과 생성 엔탈피



$\text{CO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 -393.5 kJ/mol 이므로



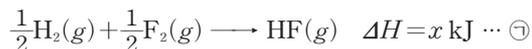
이다. ㉑, ㉓ 식 ㉑-㉓에서 $\text{C}(s, \text{흑연}) \longrightarrow \text{C}(s, \text{다이아몬드}) \quad \Delta H = (-393.5 - (-395.4)) \text{ kJ} = 1.9 \text{ kJ}$ 이므로 $\text{C}(s, \text{다이아몬드})$ 의 생성 엔탈피는 1.9 kJ/mol 이다.

㉔, ㉓ 식 ㉑과 ㉓을 비교하면 $\text{C}(s, \text{흑연})$ 과 $\text{C}(s, \text{다이아몬드})$ 를 각각 완전 연소시켜 $\text{CO}_2(g)$ 1 mol을 생성할 때 방출하는 열은 $\text{C}(s, \text{흑연})$ 이 $\text{C}(s, \text{다이아몬드})$ 보다 $395.4 \text{ kJ} - 393.5 \text{ kJ} = 1.9 \text{ kJ}$ 만큼 작다.

㉕, ㉓ 식 $-2 \times$ ㉒-㉓에서 $2\text{CO}(g) \longrightarrow \text{C}(s, \text{흑연}) + \text{CO}_2(g) \quad \Delta H = (-2 \times a - (-393.5)) \text{ kJ} = x \text{ kJ}$ 이므로 $x = -2a + 393.5$ 이다.

08 생성 엔탈피

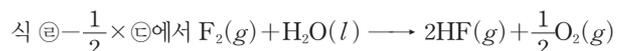
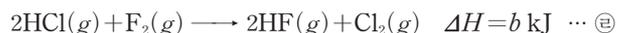
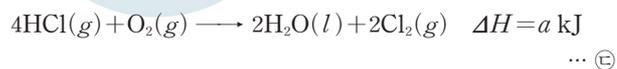
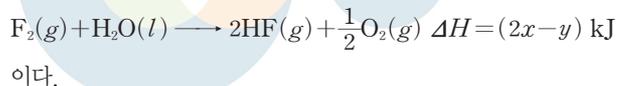
가장 안정한 성분 원소로부터 $\text{HF}(g)$ 1 mol이 생성되는 반응의 열화학 반응식은



이고, 가장 안정한 성분 원소로부터 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 1 mol이 생성되는 반응의 열화학 반응식은



이다. 식 $2 \times$ ㉑-㉒에서

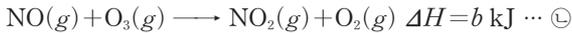


$$\Delta H = \left(-\frac{a}{2} + b\right) \text{ kJ} = (2x - y) \text{ kJ} \text{이다. 따라서 } 2x - y = -\frac{a}{2} + b \text{이다.}$$

09 결합 에너지

$\text{O}(g)$ 의 생성 엔탈피가 $b \text{ kJ/mol}$ 이므로 반응 $\text{O}_2(g) \longrightarrow 2\text{O}(g)$ 의 반응 엔탈피(ΔH)는 $2b \text{ kJ}$ 이고, $\text{O}=\text{O}$ 결합 에너지는 $2b \text{ kJ/mol}$ 이다. 반응 $\text{N}_2(g) + \text{O}_2(g) + \text{Cl}_2(g) \longrightarrow 2\text{NOCl}(g)$ 의 반응 엔탈피(ΔH)는 (반응물의 결합 에너지 총합) - (생성물의 결합 에너지 총합) = ($\text{N} \equiv \text{N}$ 결합 에너지) + ($\text{O}=\text{O}$ 결합 에너지) + ($\text{Cl}-\text{Cl}$ 결합 에너지) - $2 \times$ ($\text{N}=\text{O}$ 결합 에너지) - $2 \times$ ($\text{N}-\text{Cl}$ 결합 에너지) = $(945 + 2b + 243 - 2c - 2x) \text{ kJ} = a \text{ kJ}$ 이다. 따라서 $x = -\frac{a}{2} + b - c + 594$ 이다.

10 생성 엔탈피와 결합 에너지



㉠. 가장 안정한 성분 원소인 $\text{O}_2(g)$ 로부터 $\text{O}_3(g)$ 1 mol이 생성되는 반응의 열화학 반응식은 $\frac{3}{2}\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{O}_3(g) \quad \Delta H = 143 \text{ kJ}$ 이다. 따라서 반응 $2\text{O}_3(g) \longrightarrow 3\text{O}_2(g)$ 은 반응 엔탈피가 $\Delta H = -2 \times 143 \text{ kJ} < 0$ 이므로 발열 반응이다.

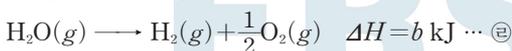
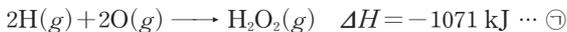
✕. 식 ㉠-㉡에서 $\text{O}_2(g) + \text{O}(g) \longrightarrow \text{O}_3(g) \quad \Delta H = (a-b) \text{ kJ}$ 이다.

✕. $\text{O}(g)$ 의 생성 엔탈피를 $x \text{ kJ/mol}$ 이라고 할 때, 반응 $\text{O}_2(g) + \text{O}(g) \longrightarrow \text{O}_3(g)$ 의 반응 엔탈피 $\Delta H = (\text{생성물의 생성 엔탈피 합}) - (\text{반응물의 생성 엔탈피 합}) = (143 - 0 - x) \text{ kJ} = (a-b) \text{ kJ}$ 이므로 $x = -a + b + 143$ 이다. 반응 $\text{O}_2(g) \longrightarrow 2\text{O}(g)$ 의 반응 엔탈피 $\Delta H = 2x \text{ kJ} = 2 \times (-a + b + 143) \text{ kJ}$ 이므로 $\text{O}=\text{O}$ 의 결합 에너지는 $(-2a + 2b + 286) \text{ kJ/mol}$ 이다.

11 결합 에너지와 생성 엔탈피

반응 엔탈피(ΔH)가 $(x + 2y - z) \text{ kJ}$ 인 반응은 $\text{C}_2\text{H}_2(g) + \frac{5}{2}\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(g) + 2\text{CO}_2(g)$ 이다. 결합 에너지를 이용하여 이 반응의 반응 엔탈피(ΔH)를 구하면 $\Delta H = (\text{반응물의 결합 에너지 총합}) - (\text{생성물의 결합 에너지 총합}) = 2 \times (\text{H}-\text{C 결합 에너지}) + (\text{C}\equiv\text{C 결합 에너지}) + \frac{5}{2} \times (\text{O}=\text{O 결합 에너지}) - 2 \times (\text{H}-\text{O 결합 에너지}) - 4 \times (\text{C}=\text{O 결합 에너지}) = (2a - 2b + c - 4d + \frac{5}{2}e) \text{ kJ}$ 이다. 따라서 $x + 2y - z = 2a - 2b + c - 4d + \frac{5}{2}e$ 이다.

12 결합 에너지와 생성 엔탈피



㉠. 식 -㉡+ $\frac{1}{2}$ ㉢-㉣에서 $\text{H}_2(g) \longrightarrow 2\text{H}(g) \quad \Delta H = (-a - 249 - b) \text{ kJ}$ 이다. 따라서 $\text{H}-\text{H}$ 의 결합 에너지는 $(-a - b - 249) \text{ kJ/mol}$ 이다.

㉡. H_2O_2 의 구조식은 $\text{H}-\text{O}-\text{O}-\text{H}$ 이다. 식 ㉠에서 $\text{H}_2\text{O}_2(g)$ 의 $2 \times (\text{H}-\text{O 결합 에너지}) + (\text{O}-\text{O 결합 에너지}) = 1071 \text{ kJ/mol}$ 이다. H_2O 의 구조식은 $\text{H}-\text{O}-\text{H}$ 이다. 식 ㉡에서 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 $2 \times (\text{H}-\text{O 결합 에너지}) = -a \text{ kJ/mol}$ 이다. 따라서 $\text{O}-\text{O}$ 의 결합 에너지는 $(a + 1071) \text{ kJ/mol}$ 이다.

㉢. 가장 안정한 성분 원소로부터 $\text{H}_2\text{O}_2(g)$ 가 생성되는 반응의 화학 반응식은 $\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}_2(g)$ 이다. 이 반응의 반응 엔탈피(ΔH)인 $\text{H}_2\text{O}_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 $(\text{반응물의 결합 에너지 총합}) - (\text{생성물의 결합 에너지 총합}) = (\text{H}-\text{H 결합 에너지}) + (\text{O}=\text{O 결합 에너지}) - 2 \times (\text{H}-\text{O 결합 에너지}) - (\text{O}-\text{O 결합 에너지}) = (-a - b - 249 + 498 - 1071) \text{ kJ/mol} = (-a - b - 822) \text{ kJ/mol}$ 이다.

05 화학 평형과 평형 이동

수능 2점 테스트

본문 97~101쪽

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

01 화학 평형 상태

반응 계수비가 $A(g) : B(g) : C(g) = 1 : 1 : 2$ 이므로 $A(g)$ 와 $B(g)$ 가 각각 1 mol씩 반응하면 $C(g)$ 가 2 mol 생성된다.

㉠. 평형 상태에서 $C(g)$ 의 양이 4 mol이므로 반응한 $A(g)$ 의 양은 2 mol이다. 따라서 (가)에서 넣어 준 $A(g)$ 의 양은 3 mol이다.

㉡. 평형 상태에서 $[A]=1\text{ M}$, $[B]=0.5\text{ M}$, $[C]=4\text{ M}$ 이므로

$$K = \frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{4^2}{1 \times 0.5} = 32 \text{이다.}$$

㉢. 반응물의 반응 계수 합과 생성물의 반응 계수가 같으므로 반응이 진행되어도 전체 기체의 양(mol)은 변하지 않는다. 온도와 부피가 일정하므로 전체 기체의 압력은 전체 기체의 양(mol)에 비례한다. 따라서 (나)에서 전체 기체의 압력은 반응 전과 같은 $P\text{ atm}$ 이다.

02 화학 평형 상태

온도가 일정할 때 기체의 양(mol)은 기체의 압력×부피에 비례하므로 (가)에서 반응 전 $A(g)$ 의 양을 $3n\text{ mol}$, 평형에 도달할 때까지 감소한 $A(g)$ 의 양을 $x\text{ mol}$ 이라고 하면, 평형 상태에서 $A(g)$ 의 양은 $(3n-x)\text{ mol}$, $B(g)$ 의 양은 $2x\text{ mol}$ 이므로 전체 기체의 양은 $(3n+x)\text{ mol} = 4n\text{ mol}$ 이다. 이를 만족하는 $x=n$ 이므로 평형 상태에서 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 양은 $2n\text{ mol}$ 로 같다. (나)에서 전체 기체의 부피가 2배이고, 평형 상태에서 전체 기체의 압력이 4 atm 으로 (가)에서와 같으므로 평형 상태에서 전체 기체의 양은 $8n\text{ mol}$ 로 (가)에서의 2배이며, 평형 상수가 (가)에서와 (나)에서가 같으므로 (나)의 평형 상태에서 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 양은 각각 $4n\text{ mol}$ 이다. 따라서 평형 상태에 도달한 후 (나)에서 $B(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{1}{2}$ 이다.

03 화학 평형 이동

(가)에 $B(g)$ 를 추가하면 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

㉡. 온도가 일정하므로 평형 상수(K)는 (가)에서와 (나)에서가 같다.

㉢. 역반응 쪽으로 평형이 이동하므로 $A(g)$ 의 몰 농도는 (나)에서 (가)에서보다 크다. 평형 상수가 일정하므로 $B(g)$ 의 몰 농도도 (나)에서 (가)에서보다 크다.

㉣. 증가한 $A(g)$ 의 양(mol)은 감소한 $B(g)$ 의 양(mol)의 2배이므로 전체 기체의 양(mol)이 (나)에서 (가)에서보다 많다. 따라서 전체 기체의 압력은 (나)에서 (가)에서보다 크다.

04 반응의 진행 방향과 평형 상수

강철 용기에 $A(g)$ 와 $C(g)$ 를 넣었으므로 정반응이 진행되어 평형 상태에 도달하게 된다. 평형 상태에 도달할 때까지 $[A]$ 는 감소하므로 t_2 일 때가 평형 상태에 도달한 시점이다. $K = \frac{[B][C]}{[A]^2} =$

$$\frac{2 \times 6}{3^2} = \frac{4}{3} \text{이고, 평형 상태에 도달할 때까지 감소한 } [A] \text{를 } 2x\text{ M}$$

라고 하면 평형 상태에서 $[A] = (a-2x)\text{ M} = 3\text{ M}$, $[B] = x\text{ M} = 2\text{ M}$, $[C] = (c+x)\text{ M} = 6\text{ M}$ 이므로 $x=2$, $a=7$, $c=4$ 이다. 따

라서 $\frac{a}{c} \times K = \frac{7}{4} \times \frac{4}{3} = \frac{7}{3}$ 이다.

05 온도 변화와 화학 평형 이동

(가) → (나)에서 감소한 $A(g)$ 의 양이 1 mol, 감소한 $B(g)$ 의 양이 3 mol이고, 증가한 $C(g)$ 의 양이 2 mol이므로 반응 몰비는 $1 : b : c = 1 : 3 : 2$ 이다.

㉠. $b=3$, $c=2$ 이므로 $b > c$ 이다.

㉢. (나)에서 $K = \frac{[C]^2}{[A][B]^3} = \frac{2^2}{3 \times 1^3} = \frac{4}{3}$ 이다.

㉡. (나)에서 온도를 높였을 때 $B(g)$ 의 양(mol)이 증가한 것으로 보아 역반응 쪽으로 평형이 이동하였음을 알 수 있다. 따라서 정반응은 발열 반응이므로 $\Delta H < 0$ 이다.

06 온도 변화와 평형 상수

㉠. I에서 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 양(mol)은 각각 1, 2이고, II에서 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 양(mol)은 각각 1.5, 1이므로

$$\frac{y}{x} = \frac{1.5}{2} = \frac{3}{4} \text{이다.}$$

㉢. $\frac{T_2\text{ K에서의 } K}{T_1\text{ K에서의 } K} = \frac{\left(\frac{1^2}{1.5}\right)}{\left(\frac{2^2}{1}\right)} = \frac{1}{6}$ 이다.

㉣. 정반응이 흡열 반응이고, 평형 상수는 $T_1\text{ K}$ 에서 $T_2\text{ K}$ 에서보다 크므로 $T_1 > T_2$ 이다.

07 압력에 따른 평형 이동

㉠. $K = \frac{[B]^2}{[A]} = \frac{\left(\frac{1}{2}\right)^2}{\left(\frac{2}{2}\right)} = \frac{1}{4}$ 이다.

✕. 반응이 진행되어 평형 상태 I에 도달할 때까지 생성된 B(g)의 양이 1 mol이므로 감소한 A(g)의 양은 0.5 mol이다. 따라서 반응 전 A(g)의 양(n)은 2.5 mol이고, 온도와 압력이 일정하므로 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하며, A(g) 2.5 mol의 부피를 V L라고 하면 2.5 mol : V L = 3 mol : 2 L를 만족하는 $V = \frac{5}{3}$ 이다.

✕. II에서 부피는 I에서의 $\frac{1}{2}$ 배가 되었고 압력이 증가하여 역반응 쪽으로 평형이 이동하여 전체 기체의 양(mol)이 감소하므로 전체 기체의 압력은 II에서가 I에서의 2배보다 작다. 따라서 II에서 전체 기체의 압력 < 2이다. I에서 전체 기체의 압력 > 2이다.

08 반응 지수와 반응의 진행 방향

반응 지수(Q) < 평형 상수(K)이면 정반응이 우세하게, 반응 지수(Q) > 평형 상수(K)이면 역반응이 우세하게 진행되며, 반응 지수(Q) = 평형 상수(K)이면 평형 상태이다. I에서 반응 지수 $Q = \frac{[C]^2}{[A]^2[B]} = \frac{0.1^2}{0.1^2 \times 0.2} = 5 < K$ 이므로 I에서는 정반응이 우세하게 진행되고, II에서 $Q = \frac{0.2^2}{0.1^2 \times 0.4} = 10 = K$ 이므로 II는 평형 상태, III에서 $Q = \frac{0.4^2}{0.2^2 \times 0.1} = 40 > K$ 이므로 III에서는 역반응이 우세하게 진행된다. 따라서 평형 상태에서 A(g)의 몰 농도는 III > II > I이다.

09 화학 평형 상태

평형 상태에 도달할 때까지 감소한 $[A] = [B] = 0.2$ M, 증가한 $[C] = 0.4$ M이므로 반응 몰비가 A(g) : B(g) : C(g) = 1 : b : c = 1 : 1 : 2이다.

✕. t min일 때 화학 평형 상태에 도달하였고, 화학 평형 상태는 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어나 반응물과 생성물의 농도 변화가 없는 상태이다. 하지만 정반응과 역반응은 계속해서 일어나고 있는 동적 평형 상태이다.

㉠. $b = 1, c = 2$ 이므로 $c = 2b$ 이다.

㉡. $K = \frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{0.4^2}{0.2 \times 0.1} = 8$ 이다.

10 반응 지수와 반응의 진행 방향

㉠. (가)의 반응 지수 $Q = \frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{5^2}{1 \times 1} > K$ 이므로 (가)에서는 역반응이 우세하게 진행되어 평형 상태에 도달하게 된다.

㉡. 평형에 도달할 때까지 감소한 C(g)의 양을 2x mol이라고 하면 평형 상태에서 $[A] = [B] = (1+x)$ M, $[C] = (5-2x)$ M이다. 평형 상수 $K = \frac{(5-2x)^2}{(1+x) \times (1+x)} = \left(\frac{5-2x}{1+x}\right)^2 = 16$ 을 만

족하는 $x = \frac{1}{6}$ 이다. 반응이 진행되어도 전체 기체의 양(mol)은 변하지 않으므로 (나)에서 C(g)의 몰 분율은 $\frac{5-2 \times \frac{1}{6}}{7} = \frac{2}{3}$ 이다.

✕. (나)에 A(g) 1 mol, B(g) 1 mol, C(g) 2 mol을 추가했을 때 반응 지수 $Q = \frac{\left(\frac{14}{3} + 2\right)^2}{\left(\frac{7}{6} + 1\right)^2} = \left(\frac{40}{13}\right)^2 < K$ 이므로 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

11 반응 지수와 반응의 진행 방향

반응 계수비가 A(g) : B(g) = 2 : 1이므로 A(g) 2 mol이 반응하면 B(g) 1 mol이 생성된다.

㉠. 부피가 1 L이므로 (나)에서 $[A] = 1$ M이므로 $[B] = 5$ M $\times \frac{1}{2} = 2.5$ M이고, (다)에서 $[B] = 2$ M이므로 $[A] = (6 - 2 \times 2)$ M = 2 M이다. $a = 2, b = 2.5$ 이므로 $b > a$ 이다.

✕. 평형에 도달할 때까지 A(g)의 양(mol)은 계속 감소하므로 반응 시간 순서는 (다) → (나)이다.

✕. (나)에서 $[A] = 1$ M, $[B] = 2.5$ M이므로 반응 지수 $Q = \frac{2.5}{1^2} = K$ 이다. 따라서 (나)는 평형 상태이고, 정반응 속도와 역반응 속도가 같다.

12 화학 평형 이동

(가)의 혼합 용액을 90°C의 물에 넣었을 때(온도를 높였을 때) 용액의 색이 푸른색이 된 것으로 보아 온도를 높였을 때 정반응 쪽으로 평형이 이동했음을 알 수 있다.

㉠. 온도를 높였을 때 정반응 쪽으로 평형이 이동하였으므로 정반응은 흡열 반응이다. 따라서 $\Delta H > 0$ 이다.

✕. (가)의 혼합 용액에 HCl(aq)을 추가하면 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 용액의 색은 HCl(aq)을 추가하기 전보다 푸르게 변한다.

㉡. (가)의 혼합 용액을 얼음물에 담그면 발열 반응 쪽(역반응 쪽)으로 평형이 이동하므로 CoCl_4^{2-} (aq)의 농도는 얼음물에 담그기 전보다 작아진다.

13 평형 상수와 반응 지수

✕. $K = \frac{[C]}{[A][B]} = \frac{\frac{6}{2}}{\frac{4}{2} \times \frac{3}{2}} = 1$ 이다.

㉡. 온도가 일정하면 평형 상수(K)는 같으므로 $\frac{6}{3 \times x} = 1$ 이며, $x = 2$ 이다.

✕. 꼭지를 열면 반응 지수 $Q = \frac{12}{\frac{3}{7} \times \frac{5}{3}} = \frac{36}{35} > K$ 이므로 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

14 화학 평형 이동

(가)에서 전체 기체의 양(mol)이 갑자기 증가하였으므로 기체가 추가되었음을 알 수 있고, 시간이 지나면서 전체 기체의 양(mol)이 감소하는 방향(정반응)으로 평형이 이동하였으므로 (가)에서 추가된 물질은 A(g)임을 알 수 있다. (나)에서도 전체 기체의 양(mol)이 감소하는 방향(정반응)으로 평형이 이동하였는데, 전체 기체의 양(mol)이 (가)에서와 같이 갑자기 증가하지 않고 서서히 감소하였으므로 온도를 변화시켰음을 알 수 있으며, 정반응이 발열 반응이므로 (나)에서는 온도를 낮추었음을 알 수 있다.

15 반응 지수와 반응의 진행 방향

반응 지수 $Q = \frac{[B]^2}{[A]}$ 이고, 온도가 일정할 때 평형 상수(K)는 일정하며, 변화를 주기 전까지 $\frac{Q}{K}$ 가 계속 감소하므로 역반응이 우세하게 진행된다.

- ㉠. t_1 일 때 $Q > K$ 이므로 역반응 속도가 정반응 속도보다 빠르다.
 ✕. t_2 일 때 Q 가 갑자기 증가하였으므로 생성물인 B(g)가 추가되었다.
 ✕. 온도가 일정하므로 K 는 t_1 일 때와 t_2 일 때가 같다.

16 압력 변화와 평형 이동

평형에 도달할 때까지 온도와 부피가 일정하므로 기체의 양(mol)은 기체의 부분 압력에 비례한다.

㉠. (가)에서 C(g)의 양을 $4n$ mol이라고 하면 A(g)와 B(g)의 양은 각각 n mol, $2n$ mol이며, (가)에 도달할 때까지 증가한 C(g)의 양이 $4n$ mol이므로 감소한 A(g)와 B(g)의 양은 각각 $8n$ mol과 $4n$ mol이다. 따라서 반응 전 A(g)와 B(g)의 양은 각각 $9n$ mol과 $6n$ mol이므로 A(g)가 B(g)의 $\frac{3}{2}$ 배이다.

✕. 정반응이 발열 반응이므로 (가)에서 온도를 $2T$ K로 증가시키면 흡열 반응(역반응) 쪽으로 평형이 이동하게 되어 평형 상수(K)는 T K일 때보다 작아진다.

㉡. 고정 장치를 제거하면 실린더 내 전체 기체의 압력은 1 atm이 되어 전체 기체의 부피는 증가하게 된다. 따라서 역반응 쪽으로 평형이 이동하게 되므로 C(g)의 양(mol)은 (가)에서보다 감소한다.

17 CO₂의 상평형 그림

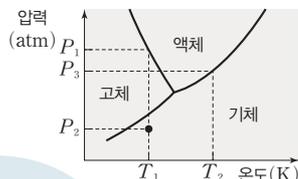
✕. 25°C, 1 atm에서 X의 안정한 상은 기체이다.

㉠. 온도가 일정하고, 스포이트 내부의 압력이 높아져 증기 압력 곡선에 도달하게 되면 X는 기체에서 액체로 상변화가 일어나게 된다.

㉡. 0°C의 물을 사용해도 X(s) → X(g)로의 변화가 일어나 스포이트 내부의 압력이 증가하게 되고 증기 압력 곡선에 도달하게 되면 X(g) → X(l)로의 변화가 일어나 X(l)가 생성된다.

18 용해 곡선의 기울기가 음인 물질의 상평형 그림

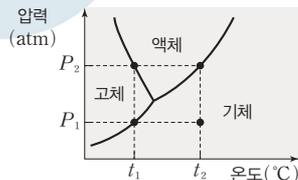
T_1 K, P_1 atm은 용해 곡선 위의 지점, T_2 K, P_3 atm은 증기 압력 곡선 위의 지점이고, $P_1 > P_3$ 이며, T_1 K, P_2 atm에서 X의 안정한 상이 기체이므로 이를 X의 상평형 그림에 나타내면 다음과 같다.



- ㉠. T_1 K는 삼중점보다 온도가 낮고, T_2 K는 삼중점보다 온도가 높으므로 $T_2 > T_1$ 이다.
 ㉡. P_2 atm은 삼중점보다 압력이 낮고, P_3 atm은 삼중점보다 압력이 높으므로 $P_3 > P_2$ 이다.
 ㉢. T_1 K, P_3 atm은 삼중점보다 온도가 낮고, 압력은 삼중점보다는 높고, P_1 atm보다는 낮은 지점이므로 X의 안정한 상은 고체이다.

19 용해 곡선의 기울기가 음인 물질의 상평형 그림

용해 곡선의 기울기가 음(-)이면 t_1 °C에서 2가지 상이 평형을 이루는 지점이 두 군데가 되기 위해서는 각각의 지점은 승화 곡선 위의 지점과 용해 곡선 위의 지점이어야 한다. 이 경우 삼중점의 온도는 t_1 °C보다 높다. 용해 곡선의 기울기가 양(+)이면 특정 온도(t_1 °C)에서 2가지 상이 평형을 이루는 지점이 두 군데가 되기 위해서는 각각의 지점은 증기 압력 곡선 위의 지점과 용해 곡선 위의 지점이어야 한다. 이 경우에는 삼중점의 온도가 t_1 °C보다 낮다. X의 삼중점 온도는 t_1 °C보다 높으므로 X의 용해 곡선의 기울기는 음(-)이고 X의 상평형 그림은 다음과 같다.



- ㉠. t_1 °C, P_1 atm은 승화 곡선 위의 지점이고, t_1 °C, P_2 atm은

용해 곡선 위의 지점이다. 따라서 $P_2 > P_1$ 이다.

✕. X의 삼중점 압력은 P_1 atm보다 높고, P_2 atm보다 낮다.

⊙. $t_2^\circ\text{C}$ 는 삼중점 온도보다 높고, P_1 atm은 삼중점 압력보다 낮으므로 $t_2^\circ\text{C}$, P_1 atm에서 X의 안정한 상은 기체이다.

20 CO₂의 상평형 그림

⊙. (나)에서 CO₂(l)와 CO₂(g)가 평형을 이루고 있으므로 25°C에서 CO₂(g)의 압력은 P atm이다.

⊙. $P > 5.1$ 이므로 25°C, 5.1 atm에서 CO₂의 안정한 상은 기체이다.

✕. (나)에서 고정 장치를 제거하면 CO₂(g)의 압력이 1 atm이 되므로 25°C, 1 atm에서 CO₂의 안정한 상은 기체이다. 따라서 온도가 25°C로 일정할 때 충분한 시간이 지나면 실린더에는 CO₂(g)만 존재하게 된다.

수능 3점 테스트						본문 102~111쪽
01 ④	02 ②	03 ③	04 ①	05 ③	06 ③	
07 ④	08 ⑤	09 ①	10 ④	11 ④	12 ①	
13 ③	14 ④	15 ⑤	16 ⑤	17 ③	18 ②	
19 ①	20 ②					

01 평형 상수

온도가 일정할 때 기체의 양(mol)은 압력과 부피의 곱에 비례하므로 반응 전 A(g)와 C(g)의 양(mol)을 각각 $8n$, $2n$, 꼭지를 열어 평형 상태에 도달할 때까지 증가한 C(g)의 양(mol)을 x 라고 하면, 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$2A(g) \rightleftharpoons 2B(g) + C(g)$		
반응 전(mol)	$8n$	0	$2n$
반응(mol)	$-2x$	$+2x$	$+x$
평형(mol)	$8n-2x$	$2x$	$2n+x$
평형 상태에서 (가)에 들어 있는 C(g)의 몰 분율은	$\frac{\frac{1}{2}(2n+x)}{\frac{1}{2}(10n+x)} =$		

$\frac{1}{3}$ 이므로 $x=2n$ 이다. 평형 상수 $K = \frac{[B]^2[C]}{[A]^2} = \frac{\left(\frac{4n}{10}\right)^2 \times \left(\frac{4n}{10}\right)}{\left(\frac{4n}{10}\right)^2} = \frac{2}{5}n = \frac{4}{5}$ 이므로 $n=2$ 이다. 따라서 평형 상태에서 (가)에 들어 있는

A(g)의 양(mol)은 $\frac{1}{2}(8n-2x) = \frac{1}{2}(8n-4n) = 2n = 4$ 이다.

02 화학 평형 이동

(나) → (다)에서 온도를 낮추었을 때 역반응 쪽으로 평형이 이동하였고, 증가한 A(g)와 B(g)의 양이 각각 1 mol, 감소한 C(g)의 양이 2 mol이므로 반응 몰비는 A(g) : B(g) : C(g) = 1 : b : c = 1 : 1 : 2이다.

✕. $b=1$, $c=2$ 이다.

⊙. 온도를 낮추었을 때 역반응 쪽으로 평형이 이동하였으므로 정반응은 흡열 반응이다. 따라서 $\Delta H > 0$ 이다.

✕. (가)에 추가한 C(g)의 양이 x mol이고, (가) → (나)에서 역반응 쪽으로 평형이 이동하며, 증가한 A(g)와 B(g)의 양이 각각 1 mol, 감소한 C(g)의 양이 2 mol이다. (나)에서 C(g)의 양(mol)이 $4+x-2=6$ 이므로 $x=4$ 이다.

03 반응의 진행 방향과 평형 상수

전체 기체의 압력은 (가)에서 1.5 atm, (나)에서 1 atm이며, 기체의 부피가 각각 4V L, 6V L이므로 (가)와 (나)에서 전체 기체의 양(mol) 변화는 없다(온도가 일정할 때 기체의 양(mol)은 압력과 부피의 곱에 비례한다). 따라서 이 반응은 반응물의 계수 합과 생성물의 계수가 같은 반응이고, $a=1$ 이다.

⊙. $\frac{C(g) \text{의 양(mol)}}{A(g) \text{의 양(mol)}}$ 이 (가)에서는 $\frac{10}{3}$, (다)에서는 8이므로 (가)에서 (나)에 도달하기 전까지 정반응이 우세하게 진행된다.

✕. (가)에서 전체 기체의 양이 1.6 mol이므로 (나)에서도 전체 기체의 양은 1.6 mol이고, (나)에서 A(g)와 B(g)의 양은 같으므로 $1.6=10n$ 을 만족하는 $n=0.16$ 이다. 따라서 $a \times n = 0.16$ 이다.

⊙. $K = \frac{\left(\frac{8n}{6}\right)^2}{\left(\frac{n}{6}\right) \times \left(\frac{n}{6}\right)} = 64$ 이다.

04 온도와 압력 변화에 따른 평형 이동

(나) → (다)로의 변화 관점에서 보면 온도를 T_1 에서 T_2 로 높였을 때 A(g)의 몰 분율이 증가($z > y$)하였으므로 역반응 쪽으로 평형이 이동했음을 알 수 있다. 따라서 정반응이 발열 반응이므로 $\Delta H < 0$ 이다.

⊙. (나) → (가)로의 변화 관점으로 보면 부피가 $\frac{1}{2}$ 배로 감소하여 압력이 일시적으로 2배 증가하였는데, 반응물(A)의 몰 분율이 감소($y > x$)하였으므로 정반응은 전체 기체의 양(mol)이 감소하는 반응이다. 따라서 $a > b$ 이다.

✕. 정반응이 발열 반응이므로 온도가 높아지면 평형 상수는 작아진다. 따라서 K 는 T_1 에서 T_2 에서보다 크다.

✕. (나) → (가)로의 변화 관점에서 보면 부피가 $\frac{1}{2}$ 배 감소하여 압력이 일시적으로 2배가 되지만 기체의 양(mol)이 감소하는 방향으로 평형이 이동하므로 용기 내 전체 기체의 압력은 (가)에서 (나)에서의 2배보다 작다.

05 반응 지수와 평형 상수

t_1 일 때 B(g)의 양을 x mol이라고 하면, A(g)의 양은 $(1-2x)$ mol, C(g)의 양은 $2x$ mol이므로 전체 기체의 양은 $(1+x)$ mol이다. $X_B = \frac{x}{1+x} = \frac{1}{4}$ 이므로 $x = \frac{1}{3}$ 이다. 온도와 압력이 일정하므로 실린더 속 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하며, 전체 기체의 양이 $(1 + \frac{1}{3}) = \frac{4}{3}$ mol이므로 기체의 부피는 $\frac{4}{3}$ L가 된다. t_2 일 때 B(g)의 양을 y mol이라고 하면,

A(g)의 양은 $(1-2y)$ mol, C(g)의 양은 $2y$ mol이므로 전체 기체의 양은 $(1+y)$ mol이다. $X_B = \frac{y}{1+y} = \frac{1}{6}$ 이므로 $y = \frac{1}{5}$ 이다.

전체 기체의 양이 $(1 + \frac{1}{5}) = \frac{6}{5}$ mol이므로 실린더 속 전체 기체의 부피는 $\frac{6}{5}$ L가 된다. 실린더 속 A(g)~C(g)의 양(mol)

을 각각 $n_A \sim n_C$, 전체 기체의 부피를 V L라고 하면, $Q = \frac{[B][C]^2}{[A]^2} = \frac{1}{V} \times \frac{n_B \times n_C^2}{n_A^2}$ 이다. t_1 일 때 $n_A = \frac{1}{3}$ mol, $n_B = \frac{1}{3}$ mol,

$n_C = \frac{2}{3}$ mol이며, $V = \frac{4}{3}$ L이므로 $Q = \frac{1}{\frac{4}{3}} \times \frac{(\frac{1}{3}) \times (\frac{2}{3})^2}{(\frac{1}{3})^2} = 1$

이고, t_2 일 때 $n_A = \frac{3}{5}$ mol, $n_B = \frac{1}{5}$ mol, $n_C = \frac{2}{5}$ mol이며,

$V = \frac{6}{5}$ L이므로 $Q = \frac{1}{\frac{6}{5}} \times \frac{(\frac{1}{5}) \times (\frac{2}{5})^2}{(\frac{3}{5})^2} = \frac{2}{27}$ 이다.

㉠ t_1 일 때와 t_3 일 때의 반응 지수(Q)가 같은 값을 가지므로 t_1 과 t_3 은 평형 상태이고, t_2 일 때는 Q가 t_1 (또는 t_3)일 때보다 작으므로 평형 상태에 도달하기 전이다. 따라서 t_2 일 때 정반응 속도가 역반응 속도보다 빠르다.

㉡ t_3 일 때는 평형 상태이므로 전체 기체의 부피가 $\frac{4}{3}$ L이다.

✕. 평형 상태일 때는 $Q = K$ 이므로 $K = 1$ 이다.

06 압력 변화와 평형 이동

(가)에서 꼭지를 열고 고정 장치를 제거하면 전체 기체의 압력이 감소하므로 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

㉠ A(s)가 1 mol 분해되어 B(g)와 C(g)가 각각 1 mol씩 생

성되는 반응이므로 평형 상태 (가)에서 B(g)와 C(g)의 양은 각각 2 mol이다. 부피가 2 L이므로 $[B] = [C] = 1$ M이고, $K = [B][C] = 1$ 이다.

㉡ (가)에서 꼭지를 열고 고정 장치를 제거하면 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 강철 용기에 들어 있는 A(s)의 양(mol)은 (가)에서 새로운 평형 상태에서보다 많다.

✕. (가)에서 새로운 평형 상태까지 생성된 B(g)의 양(mol)을 x 라 하면, 부피가 6 L이므로 $K = \left(\frac{2+x}{6}\right) \times \left(\frac{2+x}{6}\right) = 1$ 을 만족하는 $x = 4$ 이다. 온도가 일정하므로 기체의 부분 압력은 기체의 양(mol)에 비례하고, 부피에 반비례하는데, 새로운 평형 상태에서 B(g)의 양(mol)과 부피는 각각 3배가 되므로 B(g)의 부분 압력은 새로운 평형에서의 (가)에서가 같다.

07 화학 평형과 평형 상수

(가)에서 반응이 진행되어 평형에 도달할 때까지 생성된 C(g)의 양이 $2x$ mol이므로 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

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

$3-3x = 3x$ 이므로 $x = \frac{1}{2}$ 이다. 따라서 평형 상태에서 각 기체의 양은 A(g)가 $\frac{1}{2}$ mol, B(g)는 $\frac{3}{2}$ mol, C(g)는 1 mol이다.

㉠ (나)에서 A(g)의 몰 분율은 $\frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{2} + \frac{3}{2} + 1} = \frac{1}{6}$ 이다.

✕. 기체의 부피가 2 L이므로 평형 상수 $K = \frac{[C]^2}{[A][B]^3} = \frac{(\frac{1}{2})^2}{(\frac{1}{4}) \times (\frac{3}{4})^3} = \frac{64}{27}$ 이다.

㉡ 온도와 부피가 일정하므로 전체 기체의 압력은 전체 기체의 양(mol)에 비례한다. 전체 기체의 양은 (가)에서 4 mol, (나)에서 3 mol이므로 전체 기체의 압력은 (나)에서 (가)에서의 $\frac{3}{4}$ 배이다.

08 반응 지수와 반응의 진행 방향

전체 기체 분자 수가 일정한 반응이고, t min일 때 (가)에 들어 있는 A(g)의 몰 분율이 $\frac{1}{4}$ 이므로 A(g)는 $\frac{1}{2}$ mol, B(g)는 $\frac{1}{2}$ mol, C(g)는 1 mol이 들어 있다.

㉠. 평형 상수 $K = \frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{1^2}{\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}} = 4$ 이다.

㉡. (나)에서 평형 상태에 도달하기까지 반응한 $A(g)$ 의 양(mol)을 x 라고 하면 평형 상태에서 $A(g)$ 의 양(mol)은 $1-x$, $B(g)$ 의 양(mol)은 $2-x$, $C(g)$ 의 양(mol)은 $2x$ 이며, 온도가 일정하므로 평형 상수는 같다.

$K = \frac{(2x)^2}{(1-x) \times (2-x)} = 4$ 이므로 $x = \frac{2}{3}$ 이고, (나)에 들어 있는 $A(g)$ 의 양은 $\frac{1}{3}$ mol, $B(g)$ 의 양은 $\frac{4}{3}$ mol, $C(g)$ 의 양은 $\frac{4}{3}$ mol이다. 따라서 t min일 때 $B(g)$ 의 몰 분율은 (가)에서 $\frac{1}{4}$, (나)에서 $\frac{4}{9}$ 이므로 (나) > (가)이다.

㉢. t min 이후에 꼭지를 열게 되면 부피가 2 L가 되므로 $[A] = \frac{5}{12}$ M, $[B] = \frac{11}{12}$ M, $[C] = \frac{7}{6}$ M가 된다.

반응 지수 $Q = \frac{(\frac{7}{6})^2}{\frac{5}{12} \times \frac{11}{12}} < K (=4)$ 이므로 정반응이 우세하게 진행되어 평형 상태에 도달한다.

09 화학 평형 상태

I에서 평형에 도달할 때까지 감소한 $[A] = [B] = 0.2$ M이므로 평형 상태에서 $[C] = 0.4$ M이고, 평형 상수 $K = \frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{0.4^2}{0.1 \times 0.1} = 16$ 이다.

㉠. I의 평형 상태에서 $C(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{0.4}{0.1+0.1+0.4} = \frac{2}{3}$ 이다.

㉡. III에서 반응 초기의 반응 지수 $Q = \frac{1.0^2}{0.4 \times 0.4} = \frac{25}{4} < K$ 이므로 정반응이 우세하게 진행되어 평형 상태에 도달한다.

㉢. II의 평형 상태에서 $[B] = z$ M라고 하면, $K = \frac{2.0^2}{1.0 \times z} = 16$ 을 만족하는 $z = \frac{1}{4} = 0.25$ 이다. II는 역반응이 우세하게 진행되어 평형 상태에 도달하고, 증가한 $[A] = [B] = 0.25$ M이므로 $x = 0.75$ 이다. III에서 평형에 도달할 때까지 감소한 $[A] = [B] = n$ M라고 하면, 증가한 $[C] = 2n$ M이므로 $K = \frac{(1+2n)^2}{(0.4-n)^2} = 16$ 이다. 이를 만족하는 $n = 0.1$ 이고, $y = 1+2n = 1.2$ 이다. 따라서 $x \times y = 0.75 \times 1.2 = 0.9 < 1$ 이다.

10 화학 평형과 화학 평형 이동

(나)에서 꼭지 ㉠과 ㉡을 열어 반응을 진행시킨 후 평형 상태에 도달할 때까지 반응한 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 양을 x mol이라 하면, 반

응의 양적 관계는 다음과 같다.

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

반응 전(mol)	1	1	0
반응(mol)	-x	-x	+2x
평형(mol)	1-x	1-x	2x

평형 상수 $K = \frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{(\frac{2x}{4})^2}{(\frac{1-x}{4})^2} = 16$ 을 만족하는 $x = \frac{2}{3}$ 이

므로 평형 상태에서 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 양은 각각 $\frac{1}{3}$ mol, $C(g)$ 의 양은 $\frac{4}{3}$ mol이다. 꼭지 ㉠과 ㉡을 동시에 닫으면 II에는 I~III에 들어 있던 기체의 $\frac{1}{4}$ 만큼, III에는 $\frac{1}{2}$ 만큼 들어 있게 되므로 (나) 과정 후 II에 들어 있는 $A(g)$ 의 양은 $\frac{1}{12}$ mol이다. 따라서 $a = \frac{1}{12}$ 이다. III에는 $A(g)$ 와 $B(g)$ 가 각각 $\frac{1}{6}$ mol, $C(g)$ 가 $\frac{2}{3}$ mol 들어 있고, (다)에서 꼭지 ㉢을 열면 역반응 쪽으로 평형이 이동하므로 반응한 $C(g)$ 의 양을 $2y$ mol이라 하면, 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

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

반응 전(mol)	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{5}{3}$
반응(mol)	+y	+y	-2y
평형(mol)	$\frac{1}{6}+y$	$\frac{1}{6}+y$	$\frac{5}{3}-2y$

평형 상수 $K = \frac{(\frac{5}{3}-2y)^2}{(\frac{1}{6}+y)^2} = 16$ 을 만족하는 $y = \frac{1}{6}$ 이다. IV에는

III과 IV에 들어 있는 전체 기체의 $\frac{1}{3}$ 만큼 들어 있게 되므로 (다) 과정 후 IV에 들어 있는 $B(g)$ 의 양은 $(\frac{1}{6} + \frac{1}{6}) \times \frac{1}{3} = \frac{1}{9}$ mol이다. 따라서 $b = \frac{1}{9}$ 이므로 $a+b = \frac{1}{12} + \frac{1}{9} = \frac{7}{36}$ 이다.

11 온도 변화와 화학 평형 이동

(가)에서 (나)로 변화할 때 감소한 $A(g)$ 의 양은 2 mol, 증가한 $B(g)$ 와 $C(g)$ 의 양은 각각 1 mol, 2 mol이므로 반응 계수비는 $A(g) : B(g) : C(g) = 2 : 1 : 2 = 2 : b : c$ 이다.

㉠. $b = 1, c = 2$ 이므로 $b+c = 3$ 이다.

㉡. T_1 에서 평형 상수 $K = \frac{[B][C]^2}{[A]^2} = \frac{(\frac{2}{2V}) \times (\frac{2}{2V})^2}{(\frac{1}{2V})^2} = \frac{4}{V}$

이고, T_2 에서 평형 상수 $K = \frac{\left(\frac{2}{V}\right) \times \left(\frac{2}{V}\right)^2}{\left(\frac{1}{V}\right)^2} = \frac{8}{V}$ 이므로

$\frac{T_2\text{에서의 } K}{T_1\text{에서의 } K} = 2$ 이다.

㉔ 정반응이 흡열 반응이므로 온도를 높이면 평형 상수가 커지고, 온도를 낮추면 평형 상수가 작아진다. 평형 상수가 T_2 에서 T_1 에서보다 크므로 $T_2 > T_1$ 이다.

12 평형 상수

실험 I에서 평형에 도달할 때까지 증가한 $[B] = [C] = 0.1 \text{ M}$ 이므로 $b=1$ 이다. 온도가 일정하므로 실험 I과 II에서 평형 상수 (K)가 같다. $K = \frac{[B][C]}{[A]^a} = \frac{0.2 \times 0.1}{1.0^a} = \frac{0.2 \times 0.4}{2.0^a}$ 를 만족하는 $a=2$ 이다.

실험 II에서 평형에 도달할 때까지 $[C]$ 가 0.2 M 증가하므로 $[A]$ 는 0.4 M 감소하여 $2x - 0.4 = 2.0$ 을 만족하는 $x=1.2$ 이다.

㉕ $a=2, b=1$ 이므로 $a > b$ 이다.

㉘ 실험 I에서 평형 상수 $K = \frac{0.2 \times 0.1}{1.0^2} = 0.02$ 이고, 온도가 일정하므로 실험 III에서의 평형 상수도 실험 I과 같으며, B와 C의 평형 농도가 각각 $2y \text{ M}, y \text{ M}$ 이므로 $K = \frac{2y \times y}{[A]^2} = 0.02$

를 만족하는 A의 평형 농도는 $10y \text{ M}$ 이다. 실험 III에서 A와 B의 초기 농도가 각각 $2.4 \text{ M}, 0.9 \text{ M}$ 이므로 정반응이 우세하게 진행되어 평형에 도달하게 된다면, 평형에 도달할 때까지 증가한 $[B] = z \text{ M}$ 라고 할 때 평형에서 $[A] : [B] = (2.4 - 2z) : (0.9 + z)$ 이므로 $[A] : [B] = 5 : 1$ 이 될 수 없다. 따라서 실험 III에서는 역반응이 우세하게 진행되어 평형에 도달하게 된다.

㉙ III에서 평형에 도달할 때까지 감소한 $[B] = z \text{ M}$ 라고 하면, 평형에서 $[A] = (2.4 + 2z) \text{ M}, [B] = (0.9 - z) \text{ M}$ 이므로 $(2.4 + 2z) : (0.9 - z) = 5 : 1$ 을 만족하는 $z=0.3$ 이고, 평형에서 $[B] = (0.9 - z) \text{ M} = 0.6 \text{ M} = 2y \text{ M}$ 이므로 $y=0.3$ 이다.

13 고체나 액체 상태 물질이 포함된 반응의 평형 상수

㉑ 평형 상수식에 고체나 액체의 농도는 포함되지 않으므로 $K = \frac{[D]}{[B]^3}$ 이다.

㉒ 온도와 압력이 일정하므로 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례한다. 반응 전 B(g)의 양을 $10n \text{ mol}$, 평형에 도달할 때까지 감소한 B(g)의 양을 $3x \text{ mol}$ 이라고 하면, 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(s) + 3B(g) \rightleftharpoons C(l) + D(g)$	
반응 전(mol)	$10n$	0
반응(mol)	$-3x$	$+x$
평형(mol)	$10n - 3x$	x

전체 기체의 양은 $(10n - 2x) \text{ mol} = 6n \text{ mol}$ 을 만족하는 $x=2n$ 이다. 따라서 (나)에서 B(g)의 양은 $4n \text{ mol}$, D(g)의 양은 $2n \text{ mol}$ 이고, 전체 기체의 압력이 1 atm 이므로 D(g)의 부분 압력은 $\frac{1}{3} \text{ atm}$ 이다.

㉓ (나)에서 피스톤에 추를 올리면 전체 기체의 압력이 증가하므로 전체 기체의 양(mol)이 감소하는 방향(정반응)으로 평형이 이동한다. 따라서 A(s)의 양(mol)은 (나)에서보다 감소한다.

14 압력 변화와 평형 이동

(가)에서 A(g) $w \text{ g}$ 을 $n \text{ mol}$ 이라고 하면, (나)에서 A(g) $0.6w \text{ g}$ 은 $0.6n \text{ mol}$ 이다. (가)에서 (나)로의 반응에 대한 양적 관계는 다음과 같다.

	$2A(g) \rightleftharpoons bB(g) + C(g)$		
반응 전(mol)	n	0	0
반응(mol)	$-0.4n$	$+0.2bn$	$+0.2n$
평형(mol)	$0.6n$	$0.2bn$	$0.2n$

(다)에서 용기에 들어 있는 C(g)의 전체 질량은 $0.02w \text{ g}$ 이며, C의 분자량이 A의 $\frac{1}{10}$ 이므로 C(g) $0.02w \text{ g}$ 은 $0.2n \text{ mol}$ 이다.

(나)에서 꼭지를 열어 기체의 부피가 2배가 되어도 C(g)의 양(mol)이 변하지 않았으므로 부피 변화에 따른 평형 이동은 일어나지 않았으며, 반응물의 계수와 생성물의 계수 합이 같다. 따라

서 $b=1$ 이고, (나)에서 평형 상수 $K = \frac{[B][C]}{[A]^2} = \frac{0.2n \times \frac{0.2n}{V}}{\left(\frac{0.6n}{V}\right)^2} = \frac{1}{9}$ 이다.

반응 전과 후의 질량은 보존되므로 (가) → (다)에서 감소한 A(g)의 질량이 $0.4w \text{ g}$ 일 때, 증가한 B(g)와 C(g)의 질량이 각각 $0.38w \text{ g}, 0.02w \text{ g}$ 이며, 반응 몰비가 B : C = 1 : 1이므로 분자량비는 B : C = 19 : 1이다. 따라서 $\frac{B\text{의 분자량}}{C\text{의 분자량}} \times K = \frac{19}{1} \times \frac{1}{9} = \frac{19}{9}$ 이다.

15 온도 변화와 평형 이동

T K에서 평형 상태 I에 도달할 때까지 반응한 A(g)의 양을 $x \text{ mol}$ 이라고 하면 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

[평형 I]	$A(g) + B(g) \rightleftharpoons C(g)$		
반응 전(mol)	4	3	0
반응(mol)	$-x$	$-x$	$+x$
평형(mol)	$4-x$	$3-x$	x

I에서 A(g)와 C(g)의 부분 압력이 같으므로 $4-x=x$ 를 만족하는 $x=2$ 이다. I에서 실린더에 들어 있는 기체는 A(g) 2 mol, B(g) 1 mol, C(g) 2 mol이다.

㉠. I에서 온도를 2T K로 변화시키면 압력이 일정하므로 기체의 부피는 20 L가 되어야 하지만 평형 상태 II에서 기체의 부피가 18 L이므로 정반응 쪽으로 평형이 이동하였음을 알 수 있다. 온도를 높였을 때 정반응 쪽으로 평형이 이동하였으므로 정반응은 흡열 반응($\Delta H > 0$)이다.

㉡. I에서 반응이 진행되어 II에 도달할 때까지 변화된 C(g)의 양을 y mol이라고 하면, 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

[평형 II]	$A(g) + B(g) \rightleftharpoons C(g)$		
반응 전(mol)	2	1	2
반응(mol)	$-y$	$-y$	$+y$
평형(mol)	$2-y$	$1-y$	$2+y$

압력이 일정하므로 기체의 부피는 기체의 양(mol)과 온도의 곱에 비례한다. $10 L : 18 L = 5 mol \times T K : (5-y) mol \times 2T K$ 를 만족하는 $y = \frac{1}{2}$ 이며, II에서 실린더에 들어 있는 기체는 A(g) $\frac{3}{2}$ mol, B(g) $\frac{1}{2}$ mol, C(g) $\frac{5}{2}$ mol이다. 따라서

$$\frac{\text{I에서 B(g)의 몰 분율}}{\text{II에서 C(g)의 몰 분율}} = \frac{\frac{1}{5}}{\frac{9}{5}} = \frac{9}{25} \text{이다.}$$

$$\text{㉢. } K_2 = \frac{\frac{5}{2}}{\frac{3}{18} \times \frac{1}{18}} = 60 \text{이다.}$$

16 온도 변화와 평형 이동

온도가 일정할 때 기체의 압력은 기체의 양(mol)에 비례하고, 부피에 반비례한다. (가)에서 기체의 몰비는 I : II = 9 : 1이고, 부피비는 I : II = 2 : 1이므로 전체 기체의 압력비는 I : II = 9 : 2이다. 따라서 $P_2 = \frac{2}{9}P_1$ 이다. ㉠을 열어 평형에 도달하였을 때 I에 들어 있는 C(g)의 부분 압력이 $\frac{7}{3}P_2$ atm인데, C(g)의 부피는 3배가 되고, 압력은 $\frac{7}{3}$ 배가 되므로 C(g)의 양(mol)은

반응 전의 7배가 된다. 따라서 ㉡을 열어 평형에 도달할 때까지 증가한 C(g)의 양은 6 mol이며, 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g) + bB(g) \rightleftharpoons 3C(g)$		
반응 전(mol)	3	6	1
반응(mol)	-2	$-2b$	$+6$
평형(mol)	1	$6-2b$	7

부분 압력비가 B(g) : C(g) = $(6-2b) : 7 = 2 : 7$ 이므로 $b=2$ 이다.

(나) 과정 후 I과 II에 들어 있는 기체의 양은 A(g)가 1 mol, B(g)가 2 mol, C(g)가 7 mol이고, B(g)와 C(g)의 부분 압력이 각각 $\frac{2}{3}P_2$ atm, $\frac{7}{3}P_2$ atm이므로 A(g)의 부분 압력은 $\frac{1}{3}P_2$ atm이며, I과 II에 들어 있는 전체 기체의 압력은 $\frac{10}{3}P_2$ atm이다.

꼭지 ㉢을 열면 부피가 $\frac{4}{3}$ 배 증가하고, 온도를 2T로 높이면 반응물의 계수 합과 생성물의 계수가 같으므로 전체 기체의 양(mol)은 변하지 않아 (다) 과정 후 전체 기체의 압력은 (나) 과정 후의 $\frac{3}{2}$ 배가 된다. (나) 과정 후 전체 기체의 압력은 $\frac{10}{3}P_2$ atm이므로 (다) 과정 후 전체 기체의 압력은 $\frac{10}{3}P_2 \times \frac{3}{2} = 5P_2$ atm이고, (다) 과정 후 III에 들어 있는 B(g)의 부분 압력이 $\frac{5}{4}P_2$ atm

이므로 B(g)의 몰 분율은 $\frac{\frac{5}{4}P_2}{5P_2} = \frac{1}{4}$ 이다. 정반응이 발열 반응이므로 온도를 높이면 역반응 쪽으로 평형이 이동하게 되며, 반응한 C(g)의 양을 3x mol이라고 하면 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g) + 2B(g) \rightleftharpoons 3C(g)$		
반응 전(mol)	1	2	7
반응(mol)	$+x$	$+2x$	$-3x$
평형(mol)	$1+x$	$2+2x$	$7-3x$

(다) 과정 후 III에 들어 있는 B(g)의 몰 분율 $\frac{2+2x}{10} = \frac{1}{4}$ 을 만족하는 $x = \frac{1}{4}$ 이므로 I~III에 들어 있는 기체의 양은 A(g)가 $\frac{5}{4}$ mol, B(g)가 $\frac{5}{2}$ mol, C(g)가 $\frac{25}{4}$ mol이다. 전체 기체의 부피가 4 L이므로 2T에서 평형 상수 $K = \frac{[C]^3}{[A][B]^2} =$

$$\frac{\left(\frac{25}{4} \times \frac{1}{4}\right)^3}{\left(\frac{5}{4} \times \frac{1}{4}\right) \times \left(\frac{5}{2} \times \frac{1}{4}\right)^2} = \frac{125}{4} \text{이다.}$$

17 상평형 그림

T_1 K, P_1 atm과 T_2 K, P_2 atm에서는 X의 안정한 상이 각각 2가지이므로 상평형 그림에서 승화 곡선, 용해 곡선, 증기 압력 곡선 위에 있어야 한다. $T_2 > T_1$ 이므로 T_1 이 삼중점의 온도보다 낮다면 T_1 K, P_1 atm이 승화 곡선 위에 있어야 하며(X의 안정한 상은 고체와 기체), T_2 K, P_2 atm은 용해 곡선 또는 증기 압력 곡선 위에 있어야 한다. T_2 K, P_2 atm이 용해 곡선 위에 있다면 X의 안정한 상은 고체와 액체이므로 ㉠은 고체, ㉡은 기체, ㉢은 액체이며, T_1 K, P_2 atm에서 X의 안정한 상이 ㉣(고체)이므로 주어진 조건을 만족하게 된다. T_2 K, P_2 atm이 증기 압력 곡선 위에 있다면 X의 안정한 상은 액체와 기체이므로 ㉤은 기체, ㉥은 고체, ㉦은 액체이며, T_1 K, P_2 atm에서 X의 안정한 상이 ㉣(고체)이 되므로 조건에 모순이 된다.

T_1 K가 삼중점의 온도보다 높다면 T_1 K, P_1 atm이 용해 곡선과 증기 압력 곡선 위에 있어야 하고, T_2 K, P_2 atm은 증기 압력 곡선 또는 용해 곡선 위에 있어야 한다. T_1 K, P_1 atm이 용해 곡선(X의 안정한 상은 고체와 액체), T_2 K, P_2 atm이 증기 압력 곡선(X의 안정한 상은 액체와 기체) 위에 있다면 ㉧은 액체, ㉨은 고체, ㉩은 기체이며, T_1 K, P_2 atm에서 X의 안정한 상이 ㉣(고체)이 되므로 조건에 모순이 된다. T_1 K, P_1 atm이 증기 압력 곡선(X의 안정한 상은 액체와 기체), T_2 K, P_2 atm이 용해 곡선(X의 안정한 상은 고체와 액체) 위에 있다면 ㉧은 액체, ㉨은 기체, ㉩은 고체이며, T_1 K, P_2 atm에서 X의 안정한 상이 ㉣(고체)이 되므로 조건에 모순이 된다. 따라서 T_1 K, P_1 atm과 T_2 K, P_2 atm은 각각 승화 곡선과 용해 곡선 위의 지점이며, ㉠은 고체, ㉡은 기체, ㉢은 액체이다.

㉣. T_1 K, P_1 atm은 승화 곡선 위에 있으므로 X의 삼중점 온도는 T_1 K보다 높다.

㉤. ㉠은 T_1 K, P_2 atm에서 X의 안정한 상이므로 고체이다.

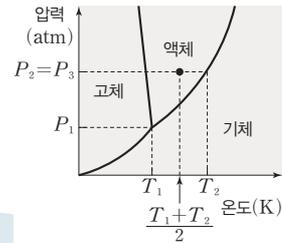
✕. T_2 K, P_1 atm에서 X의 안정한 상은 기체이므로 ㉡이다.

18 압력 변화와 상평형

✕. T_2 K, P_2 atm에서 X는 증기 압력 곡선 위에 위치한다. (나)에서 온도를 T_2 K로 유지한 채 칸막이를 제거하면 압력은 순간적으로 P_2 atm보다 작아져 X는 기체가 안정한 상이 되고 $X(l) \rightarrow X(g)$ 로의 변화가 $X(g) \rightarrow X(l)$ 로의 변화보다 우세하게 일어나게 된다. 따라서 T_2 K에서 평형에 도달하게 되면 $X(g)$ 의 압력은 다시 P_2 atm이 되므로 $P_2 = P_3$ 이다.

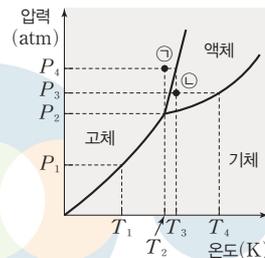
㉣. $X(l) \rightarrow X(g)$ 로의 변화가 $X(g) \rightarrow X(l)$ 로의 변화보다 우세하게 일어나게 되어 칸막이를 제거하여 평형 상태에 도달했을 때 강철 용기 속 $X(l)$ 의 질량은 w g보다 작다.

✕. $\frac{T_1 + T_2}{2}$ K, P_3 atm에서 X의 안정한 상은 액체이다.



19 상평형 그림과 안정한 상의 수

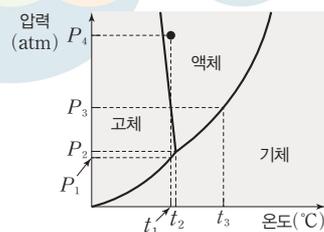
T_2 K, P_2 atm은 CO_2 의 안정한 상의 수가 3이므로 삼중점이고, T_1 K, P_1 atm은 안정한 상의 수가 2이고, $T_2 > T_1$ 이므로 승화 곡선 위의 지점이다. T_3 K, P_4 atm과 T_4 K, P_3 atm은 각각 안정한 상의 수가 2이므로 용해 곡선과 증기 압력 곡선 위의 지점인데, $T_3 > T_2$ 이므로 CO_2 의 용해 곡선의 기울기는 양(+)이다. $T_4 > T_3$ 이고, $P_4 > P_3$ 이므로 T_3 K, P_4 atm은 용해 곡선 위의 지점, T_4 K, P_3 atm은 증기 압력 곡선 위의 지점이다. CO_2 의 상평형 그림은 다음과 같다.



따라서 T_2 K, P_4 atm에서 CO_2 의 안정한 상(㉠)은 고체, T_3 K, P_3 atm에서 안정한 CO_2 의 상(㉣)은 액체이다.

20 상평형 그림과 안정한 상의 수

$t_2^\circ\text{C}$, P_2 atm에서 X의 안정한 상의 수가 3이므로 $t_2^\circ\text{C}$, P_2 atm은 삼중점이다. P_3 atm에서 안정한 상의 수가 $t_1^\circ\text{C}$ 와 $t_3^\circ\text{C}$ 에서 각각 2이므로 X의 용해 곡선의 기울기가 양(+)이면 $t_2 < t_1$ 이 되므로 조건에 모순이 된다. 따라서 X의 용해 곡선의 기울기는 음(-)이고, $t_1^\circ\text{C}$, P_3 atm은 용해 곡선 위의 지점이고, $t_3^\circ\text{C}$, P_3 atm은 증기 압력 곡선 위의 지점이다. $t_1^\circ\text{C}$, P_1 atm은 X의 안정한 상의 수가 2이므로 승화 곡선 위의 지점이므로 X의 상평형 그림은 다음과 같다.



✕. $P_2 > P_1$ 이다.

㉠. $t_1^\circ\text{C}$, $P_2\text{ atm}$ 에서 X의 안정한 상은 고체이다.
 ✕. $t_1^\circ\text{C}$, $P_4\text{ atm}$ 에서 X의 안정한 상이 액체이므로 $P_4 > P_3$ 이다. X는 압력이 높아지면 끓는점은 높아지고, 녹는점은 낮아지므로 X의 (끓는점 - 녹는점)은 $P_4\text{ atm}$ 에서가 $P_3\text{ atm}$ 에서보다 크다.

06 산 염기 평형

수능 2점 테스트

본문 122~124쪽

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

01 산의 세기

㉠. $\text{HX}(aq)$ 과 $\text{HY}(aq)$ 에서 공통으로 들어 있는 O 은 H_3O^+ 에 해당한다.

㉡. $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 $\text{HY}(aq) > \text{HX}(aq)$ 이므로 pH는 $\text{HX}(aq) > \text{HY}(aq)$ 이다.

✕. 농도가 $a\text{ M}$ 로 같은데 $\text{HY}(aq)$ 에서 이온화 반응이 많이 일어났으므로 산의 세기는 $\text{HY} > \text{HX}$ 이다. 즉, 이온화 상수(K_a)는 $\text{HY} > \text{HX}$ 이다.

02 산의 이온화 상수

HA의 이온화 반응식은 다음과 같다.



HA는 약산이고, $0.1\text{ M HA}(aq)$ 에서 $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = 1 \times 10^{-3}$ 이므로 $[\text{A}^-] = 1 \times 10^{-4}\text{ M}$ 이다. 따라서 25°C 에서 HA의 이온화 상수(K_a)는 다음과 같다.

$$K_a = a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]} = \frac{(1 \times 10^{-4})^2}{0.1} = 1 \times 10^{-7}$$

03 산의 이온화 상수

㉠. $0.1\text{ M HCl}(aq)$ 에서 HCl은 강산이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0.1\text{ M}$ 이다. 따라서 pH=1.0이다.

✕. pH는 (나)가 (가)보다 2.0만큼 크므로 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (가)가 (나)의 100배이다. 수용액의 부피가 100 mL로 같으므로 H_3O^+ 의 양(mol)은 (가)가 (나)의 100배이다.

✕. $1\text{ M HA}(aq)$ 에서 pH=3.0이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-3}\text{ M}$ 이고, HA는 약산이다. 따라서 25°C 에서 HA의 이온화 상수(K_a)는 다음과 같다.

$$K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]} = \frac{(1 \times 10^{-3})^2}{1} = 1 \times 10^{-6}$$

04 산의 이온화 상수

㉠. HA의 이온화 상수 $K_a = 1 \times 10^{-5}$ 이다. $x\text{ M HA}(aq)$ 에서 pH=3.0이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-3}\text{ M}$ 이다.

$$K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]} = \frac{(1 \times 10^{-3})^2}{x} = 1 \times 10^{-5}$$

따라서 $x=0.1$ 이다.

㉠ pH가 (가) < (나)이므로 $[H_3O^+]$ 는 (가) > (나)이다. 따라서 $HA(aq)$ 의 농도는 (가) > (나) ($x > y$)이다.

㉡ HA의 이온화 상수 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = 1 \times 10^{-5}$ 이다. (가)와 (나)의 pH는 각각 3.0, 4.0이므로, (가)와 (나)의 $[H_3O^+]$ 는 각각 $1 \times 10^{-3} M$, $1 \times 10^{-4} M$ 이다. 따라서 $\frac{[A^-]}{[HA]}$ 는 (가)와 (나)에서 각각 0.01, 0.1이므로, (나)에서가 (가)에서보다 크다.

05 산의 이온화 상수

㉠ pOH=11.0이므로 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-3} M$ 이다. 수용액의 부피가 100 mL이므로 H_3O^+ 의 양은 $1 \times 10^{-4} mol$ 이다.

㉡ 0.5 M $HA(aq)$ 에서 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-3} M$ 이므로 HA는 약산이다. HA의 이온화 상수는 다음과 같다.

$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{(1 \times 10^{-3})^2}{0.5} = 2 \times 10^{-6}$$

따라서 $\frac{[A^-]}{[HA]} = 2 \times 10^{-3}$ 이다.

㉢ 수용액에 물을 넣으면 $HA(aq)$ 의 농도가 작아지므로 $[H_3O^+]$ 가 감소한다.

06 산의 세기

㉠ 1 M $HA(aq)$ 1 L에 들어 있는 A^- 의 양(mol)이 1 M $HB(aq)$ 1 L에 들어 있는 B^- 의 양(mol)보다 많으므로 산의 세기는 $HA > HB$ 이다.

㉡ 산의 세기는 $HA > HB$ 이므로 $[H_3O^+]$ 는 1 M $HA(aq) > 1 M HB(aq)$ 이다. 따라서 pH는 1 M $HB(aq) > 1 M HA(aq)$ 이다.

㉢ $NaB(aq)$ 에서 B^- 은 약산인 HB의 짝염기이다. 따라서 B^- 은 수용액에서 염기로 작용하므로 $NaB(aq)$ 은 염기성이다.

07 짝산·짝염기의 이온화 상수 관계

1 M $NaA(aq)$ 의 pH=10.0이므로 A^- 은 약염기이다. A^- 의 이온화 반응식과 25°C에서 A^- 의 이온화 상수(K_b)는 다음과 같다.



$$K_b = \frac{[HA][OH^-]}{[A^-]} = \frac{(1 \times 10^{-4})^2}{1} = 1 \times 10^{-8}$$

A^- 의 짝산은 HA이다. 따라서 25°C에서 HA의 이온화 상수(K_a)는 다음과 같다.



$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{K_w}{A^-\text{의 } K_b} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-8}} = 1 \times 10^{-6}$$

1 M $HA(aq)$ 에서 $[H_3O^+] = x M$ 이므로 다음 관계가 성립한다.

$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{x^2}{1} = 1 \times 10^{-6}, x = 1 \times 10^{-3}$$

따라서 $x \times \frac{25^\circ C\text{에서 } HA\text{의 이온화 상수}(K_a)}{25^\circ C\text{에서 } A^-\text{의 이온화 상수}(K_b)} = 1 \times 10^{-3} \times \frac{1 \times 10^{-6}}{1 \times 10^{-8}} = \frac{1}{10}$ 이다.

08 완충 용액

㉠ HA는 약산이다. 0.5 M $HA(aq)$ 에서 다음 관계가 성립한다.

$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{[A^-][H_3O^+]}{0.5} = 2 \times 10^{-6}$$

$[A^-] = [H_3O^+] = 1 \times 10^{-3} M$ 이므로 pH=3.0 ($x=3.0$)이다.

㉡ (가) 0.5 M $HA(aq)$ 200 mL에 녹인 HA의 양은 0.1 mol이다. (나)는 (가)에 0.2 mol의 $NaA(s)$ 를 넣은 수용액이므로,

(나)에서 $\frac{[A^-]}{[HA]} = 2$ 이다.

㉢ (가)에서 $\frac{[HA]}{[A^-]} = \frac{0.5}{1 \times 10^{-3}} = 500$ 이다. (나)에서 $\frac{[HA]}{[A^-]} = 0.5$ 이다. 따라서 $\frac{[HA]}{[A^-]}$ 는 (가)에서가 (나)에서의 1000배이다.

09 짝산·짝염기의 이온화 상수 관계

㉠ 0.1 M $B(aq)$ 의 pH=11.0이므로 B는 약염기이다. pH=11.0이므로 $[OH^-] = 1 \times 10^{-3} M$ 이며, B의 이온화 상수(K_b)는 다음과 같다.

$$K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]} = \frac{(1 \times 10^{-3})^2}{0.1} = 1 \times 10^{-5}$$

㉡ B의 짝산은 BH^+ 이다. 따라서 25°C에서 BH^+ 의 이온화 상수(K_a)는 다음과 같다.



$$K_a = \frac{K_w}{B\text{의 } K_b} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-5}} = 1 \times 10^{-9}$$

0.1 M $BH^+(aq)$ 에서 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$K_a = \frac{[B][H_3O^+]}{[BH^+]} = \frac{[B][H_3O^+]}{0.1} = 1 \times 10^{-9}$$

$[B] = [H_3O^+] = 1 \times 10^{-5} M$ 이므로 pH=5.0 ($x=5.0$)이다.

㉢ (가)와 (나)를 혼합한 용액은 약염기 B와 B의 짝산인 BH^+ 이 섞여 있으므로 완충 용액이다. 혼합 용액에서 $[B] = [BH^+]$ 이므로, B의 이온화 상수(K_b) 또는 BH^+ 의 이온화 상수(K_a)를 이용하여 pH를 구할 수 있다.

$$K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]} = [OH^-] = 1 \times 10^{-5}$$

따라서 pOH=5.0이고, pH=9.0이다.

10 완충 용액

HA는 약산이다. 0.3 M $HA(aq)$ 에 0.1 mol의 $NaOH(s)$ 을 넣었을 때 (나)에서 $[HA] = 0.1 M$ 가 되었다. 따라서 (나)에서 $[A^-] = 0.2 M$ 이며, 이는 (가)에서 0.1 mol의 HA가 0.1 mol

의 NaOH과 반응하여 A⁻으로 된 것이다. 따라서 용액의 부피는 500 mL(V=500)임을 알 수 있다. (나)에서 [HA]=0.1 M, [A⁻]=0.2 M이고, HA의 이온화 상수 K_a=2×10⁻⁵이므로 다음 관계가 성립한다.

$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = 2 \times [H_3O^+] = 2 \times 10^{-5}$$

[H₃O⁺]=1×10⁻⁵ M이고, pH=5.0이다. 따라서 $\frac{V}{(\text{나})\text{의 pH}} = \frac{500}{5.0} = 100$ 이다.

11 완충 용액

✕. H₂PO₄⁻의 짝염기는 HPO₄²⁻이다.

○. H₂PO₄⁻의 이온화 상수(K_a)는 다음과 같다.

$$K_a = \frac{[HPO_4^{2-}][H_3O^+]}{[H_2PO_4^-]} = \frac{0.3 \times [H_3O^+]}{0.5} = 6 \times 10^{-8}$$

[H₃O⁺]=1×10⁻⁷ M이고, pH=7.0이다.

✕. 수용액에 소량의 NaOH(s)을 넣으면 H₃O⁺(aq)과 중화 반응하므로 평형이 오른쪽으로 이동하여 산 H₂PO₄⁻의 양(mol)이 감소한다.

12 완충 용액

○. I에서 $\frac{[A^-]}{[HA]} = 1$ 이므로 다음 관계가 성립한다.

$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = [H_3O^+] = 1 \times 10^{-5}$$

따라서 x=1×10⁻⁵이다.

0.1 M HA(aq)에서 다음 관계가 성립한다.

$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{[A^-][H_3O^+]}{0.1} = 1 \times 10^{-5}$$

[A⁻]=[H₃O⁺]=1×10⁻³ M이므로 pH=3.0이다.

○. II에서 $\frac{[B^-]}{[HB]} = y$ 이므로 다음 관계가 성립한다.

$$K_a = \frac{[B^-][H_3O^+]}{[HB]} = y \times 10^{-5} = 3 \times 10^{-5}$$

따라서 y=3이다.

✕. 산의 이온화 상수(K_a)는 HB>HA이므로, 짝염기의 이온화 상수(K_b)는 A⁻>B⁻이다. 따라서 농도가 같을 때 수용액의 pH는 NaA(aq)>NaB(aq)이다.

01 산의 이온화 상수

Ⓐ. 수용액에서 Na⁺의 양(mol)은 A⁻의 양(mol)과 같으므로 (가)에서 Na⁺의 양은 0.01 mol이고, (나)에서 Na⁺의 양은 0.04 mol이다.

Ⓑ. (가)에서 [HA]= $\frac{0.05 \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = 0.5 \text{ M}$ 이고, (나)에서 [HA]=

$\frac{0.02 \text{ mol}}{0.2 \text{ L}} = 0.1 \text{ M}$ 이다. 따라서 [HA]는 (가)에서가 (나)에서의 5배이다.

Ⓒ. HA의 이온화 상수(K_a)는 (가)와 (나)에서 같으므로 다음 관계가 성립한다.

$$(가) K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{0.01}{0.05} \times [H_3O^+]_{(가)}$$

$$(나) K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{0.04}{0.02} \times [H_3O^+]_{(나)}$$

[H₃O⁺]는 (가)에서가 (나)에서의 10배이므로, pH는 (나)가 (가)보다 1.0만큼 크다.

02 산의 이온화 상수

✕. (가)의 [H₃O⁺]=1×10⁻⁴ M이고 수용액의 부피가 200 mL이므로 (가)에 있는 H₃O⁺의 양은 2×10⁻⁵ mol이다.

✕. 강산의 경우는 수용액의 농도가 $\frac{1}{10}$ 로 희석되면 [H₃O⁺]도 $\frac{1}{10}$ 로 감소하므로 pH가 1.0 증가한다. 그러나 HA는 약산이므로 수용액에서 이온화하는 정도가 농도에 따라 다르므로 수용액의 농도가 $\frac{1}{10}$ 로 희석된다고 해서 [H₃O⁺]가 $\frac{1}{10}$ 로 감소하지 않는다. 따라서 x≠10y이다.

[다른 풀이] HA의 이온화 상수 K_a= $\frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = 2 \times 10^{-8}$ 이다. (가)와 (나)에서 다음 관계가 성립한다.

$$\frac{(1 \times 10^{-4})^2}{x} = \frac{(1 \times 10^{-5})^2}{y} = 2 \times 10^{-8}$$

따라서 x=0.5, y=0.005이고, x=100y이다.

○. K_a= $\frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]}$ 이며 [H₃O⁺]는 (가)가 (나)보다 크다. 따라서 $\frac{[A^-]}{[HA]}$ 는 (나)가 (가)보다 크다.

03 산의 이온화 상수

Ⓐ. (가)에서 다음 관계가 성립한다.

$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{0.01}{0.02} \times 1 \times 10^{-5} = 5 \times 10^{-6}$$

따라서 a=5×10⁻⁶이다.

Ⓑ. (나)에서 K_a=10a=5×10⁻⁵이므로 다음 관계가 성립한다.

$$K_a = \frac{[B^-][H_3O^+]}{[HB]} = \frac{0.1}{0.02} \times [H_3O^+] = 5 \times 10^{-5}$$

수능 3점 테스트

본문 125~130쪽

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

따라서 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-5} M$ 이고 $x = 5.0$ 이다.

✕. (가)에 강염기인 $NaOH(s)$ 을 소량 넣으면 HA 가 짝염기인 A^- 으로 되는 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 $\frac{[HA]}{[A^-]} < 2$ 이다.

04 산의 이온화 상수

혼합 용액에서 Na^+ 은 구경꾼 이온이므로 혼합 용액의 $[Na^+]$ 로부터 $x M HA(aq)$ 200 mL에 가한 1 M $NaOH(aq)$ 의 부피를 알 수 있다. 약산 $HA(aq)$ 에 $NaOH(aq)$ 을 가하면 HA 가 A^- 으로 이온화된다.

(나)에서는 $[Na^+] = \frac{3}{11} M \left(= \frac{3}{8+3} M \right)$ 로 희석되었으므로

가한 1 M $NaOH(aq)$ 의 부피는 $HA(aq)$ 의 부피의 $\frac{3}{8}$ 에 해당하는 75 mL이고, $NaOH$ 의 양은 75 mmol이다. (나)에서

$\frac{[A^-]}{[HA]+[A^-]} = \frac{1}{2} \left(= \frac{1}{1+1} \right)$ 이므로 $x M HA(aq)$ 200 mL

에 녹은 HA 의 양(200x mmol) 중 $\frac{1}{2}$ 에 해당하는 100x mmol

이 $NaOH$ 의 양(75 mmol)과 같고, $x = \frac{3}{4}$ 이다.

(가)에서는 $[Na^+] = \frac{1}{6} M \left(= \frac{1}{5+1} M \right)$ 로 희석되었으므로 가한

1 M $NaOH(aq)$ 의 부피는 $HA(aq)$ 의 부피의 $\frac{1}{5}$ 에 해당하는

40 mL이고, $NaOH$ 의 양은 40 mmol이다. 따라서 (가)에서

$y = \frac{[A^-]}{[HA]+[A^-]} = \frac{40}{150} = \frac{4}{15}$ 이다.

(다)에서 $\frac{[A^-]}{[HA]+[A^-]} = \frac{2}{3} \left(= \frac{2}{1+2} \right) = \frac{100}{150}$ 이므로 가한

$NaOH$ 의 양은 100 mmol이고, 가한 1 M $NaOH(aq)$ 의 부피

는 100 mL이다. 따라서 (다)에서 $[Na^+] = \frac{1}{3} M$ 이므로 $z = \frac{1}{3}$ 이

고, $x \times y \times z = \frac{3}{4} \times \frac{4}{15} \times \frac{1}{3} = \frac{1}{15}$ 이다.

05 산의 이온화 상수

㉠. (가)에서 $x M HA(aq)$ 500 mL에 녹은 HA 의 양은 0.5x mol이고, 0.1 mol의 $NaOH(s)$ 을 넣었으므로 0.1 mol의 HA 가 A^- 으로 이온화한다. 따라서 반응 후 HA 의 양은 $(0.5x - 0.1)$ mol이고, $HA(aq)$ 의 농도가 0.1 M이며 부피가 500 mL이므로 $x = 0.3$ 이다.

✕. (가)와 (나)에서 $[A^-]$ 는 같지만 $[HA]$ 는 (나)에서가 (가)에서보다 크다. HA 의 이온화 상수 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]}$ 는 (가)와 (나)

에서 같으므로 $[H_3O^+]$ 는 (나)가 (가)보다 크고, pH는 (가)가 (나)보다 크다. 따라서 ㉠ < 5.0이다.

㉡. HA 의 이온화 상수는 다음과 같다.

$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{0.2}{0.1} \times 10^{-5} = 2 \times 10^{-5}$$

HA 의 짝염기인 A^- 의 이온화 상수는 다음과 같다.

$$K_b = \frac{K_w}{HA의 K_a} = 5 \times 10^{-10}$$

0.2 M $NaA(aq)$ 의 pH는 다음과 같이 구한다.



$$K_b = \frac{[HA][OH^-]}{[A^-]} = \frac{[HA][OH^-]}{0.2} = 5 \times 10^{-10}$$

$[OH^-] = [HA]$ 이므로 $[OH^-] = 1 \times 10^{-5} M$ 이다. 따라서 pH = 9.0이다.

06 산의 세기

(가)와 (나)는 0.1 M $HA(aq)$ 과 0.1 M $NaA(aq)$ 의 부피를 달리하여 혼합한 수용액이므로 (가)와 (나)에서 $[HA] + [A^-] = 0.1 M$ 의 관계가 성립한다.

㉠. (가)에서 $\frac{[A^-]}{[HA]+[A^-]} = \frac{1}{3} \left(= \frac{1}{2+1} \right)$ 이므로 $[HA] : [A^-]$

= 2 : 1이다. 따라서 $[HA] = \frac{1}{15} M$ 이다.

㉡. (나)에서 $\frac{[A^-]}{[HA]+[A^-]} = \frac{2}{3} \left(= \frac{2}{1+2} \right)$ 이므로 $[HA] : [A^-]$

= 1 : 2이다. 혼합한 수용액에서 $[Na^+]$ 는 $[A^-]$ 와 같으므로, $[Na^+] = \frac{1}{15} M$ 이다.

㉢. (가)에서 $[HA] : [A^-] = 2 : 1$ 이고, (나)에서 $[HA] : [A^-] = 1 : 2$ 이므로, (가)와 (나)를 같은 부피로 혼합한 수용액에서 $[HA] = [A^-]$ 이다. 25°C에서 HA 의 이온화 상수는 다음과 같다.

$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = [H_3O^+] = 1 \times 10^{-5}$$

따라서 (가)와 (나)를 같은 부피로 혼합한 수용액의 pH는 5.0이다.

07 짝산·짝염기의 이온화 상수 관계

㉠. B의 이온화 상수(K_b)는 다음과 같다.

$$K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]} = \frac{0.02}{0.01} \times [OH^-] = 2 \times 10^{-5}$$

따라서 $[OH^-] = 1 \times 10^{-5} M$ 이고, pH = 9.0(x = 9.0)이다.

✕. 수용액에 $NaOH(s)$ 을 소량 가하면 산인 BH^+ 이 B로 되는 쪽으로 평형이 이동하므로 $\frac{[BH^+]}{[B]} < 2$ 이다.

✕. 0.2 M B(aq)에서 B의 이온화 상수를 정리하면 다음과 같다.

$$K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]} = \frac{[BH^+]}{0.2} \times [OH^-] = 2 \times 10^{-5}$$

$[BH^+] = [OH^-]$ 이므로, $[OH^-] = 2 \times 10^{-3} M$ 이다. 따라서 pH > 11.0이다.

08 완충 용액

✕. (가)에서 다음 관계가 성립한다.

$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = [H_3O^+]_{(가)} = a$$

(나)에서 다음 관계가 성립한다.

$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = 3 \times [H_3O^+]_{(나)} = a$$

따라서 $[H_3O^+]$ 는 (가)가 (나)보다 크고, pH는 (나)가 (가)보다 크다 ($y > x$).

㉠ (나)와 (다)에서 pH가 같으므로 $[H_3O^+]$ 도 같다. (다)에서 다음 관계가 성립한다.

$$K_a = \frac{[B^-][H_3O^+]}{[HB]} = \frac{1}{2} \times [H_3O^+]_{(다)} = 1 \times 10^{-5}$$

따라서 (나)에서 $[H_3O^+] = 2 \times 10^{-5} \text{ M}$ 이다.

㉡ (나)와 (다)에서 pH가 같으므로 HA의 이온화 상수(K_a)를 구할 수 있다.

$$K_a = a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = 3 \times 2 \times 10^{-5} = 6 \times 10^{-5}$$

09 완충 용액

㉠ HA의 이온화 상수 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]}$ 이다.

(가)는 1 M HA(aq)이며 다음 관계가 성립한다.

$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = 1 \times 10^{-6}$$

$[A^-] = [H_3O^+] = 1 \times 10^{-3} \text{ M}$, pH = 3.0

(나)와 (다)는 약산 HA와 그 짝염기인 A^- 이 함께 있는 완충 용액이며 다음 관계가 성립한다.

$$K_a = \frac{2}{3} \times [H_3O^+]_{(나)} = \frac{3}{2} \times [H_3O^+]_{(다)} = 1 \times 10^{-6}$$

(나)의 $[H_3O^+] = \frac{3}{2} \times 10^{-6} \text{ M}$ 이고, (다)의 $[H_3O^+] = \frac{2}{3} \times 10^{-6} \text{ M}$

이다. 따라서 $[H_3O^+]$ 는 (가) > (나) > (다)이고, pH는 (다) > (나) > (가)이다.

㉡ (가)는 완충 용액이 아니므로 염기를 가하면 수용액의 pH가 많이 변한다. (가)에 NaOH(s) 0.1 mol을 가하면 $\frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{0.1}{0.4} = \frac{1}{4}$ 이 된다. 따라서 $[H_3O^+]$ 가 $1 \times 10^{-3} \text{ M}$ 에서 $4 \times 10^{-6} \text{ M}$ 로 $\frac{4}{1000}$ 배로 작아지므로 pH가 2.0 이상 증가한다.

(나)에 NaOH(s) 0.1 mol을 가하면 $\frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{0.3}{0.2} = \frac{3}{2}$ 으로 변하므로 $[H_3O^+]$ 가 $\frac{3}{2} \times 10^{-6} \text{ M}$ 에서 $\frac{2}{3} \times 10^{-6} \text{ M}$ 가 된다. 즉, $[H_3O^+]$ 가 $\frac{4}{9}$ 배로 작아지므로 pH가 1.0보다 작게 증가한다. 따라서 NaOH(s) 0.1 mol을 가할 때 pH 변화량은 (가) > (나)이다.

10 완충 용액

HA의 이온화 상수 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]}$ 이다.

$[Na^+] = [A^-]$ 이므로 (가)~(다)에서 $\frac{[A^-]}{[HA]}$ 는 각각 2, 1, $\frac{1}{2}$ 이다.

(가)와 (나)에서 $[H_3O^+]$ 는 (나)가 (가)보다 2배 크고, (나)와 (다)에서 $[H_3O^+]$ 는 (다)가 (나)보다 2배 크므로 (다)의 pH를 x 라 하면, $a - b = b - x$ 이다. 따라서 $x = 2b - a$ 이다.

[다른 풀이] (가)와 (나)에서 $[H_3O^+]$ 는 (나)가 (가)의 2배이므로 pH는 (가)가 (나)보다 log2만큼 크다. 또한 (나)와 (다)에서 $[H_3O^+]$ 는 (다)가 (나)의 2배이므로 pH는 (나)가 (다)보다 log2만큼 크다. (다)의 pH를 x 라 하면, $a - b = b - x$ 이다. 따라서 $x = 2b - a$ 이다.

11 완충 용액

HA의 이온화 상수 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]}$ 이다.

(가)와 (나)는 0.1 M HA(aq)과 0.1 M NaA(aq)의 부피를 달리하여 혼합한 것이므로 (가)와 (나)에서 $[HA] + [A^-] = 0.1 \text{ M}$ 이다.

㉠ $[Na^+] = [A^-]$ 이므로 (가)에서 $[A^-]$ 는 0.06 M이고, $[HA]$ 는 0.04 M이고, (나)에서 $[A^-]$ 는 0.075 M이고, $[HA]$ 는 0.025 M이다.

$\frac{[A^-]}{[HA]}$ 는 (가)는 $\frac{3}{2}$ 이고, (나)는 3이므로 (나)가 (가)의 2배이다.

㉡ HA의 이온화 상수는 다음과 같다.

$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{6}{4} \times 10^{-8} = \frac{3}{2} \times 10^{-8}$$

따라서 $a = \frac{3}{2} \times 10^{-8}$ 이다.

㉢ (나)는 (가)에 비해 $\frac{[A^-]}{[HA]}$ 가 크므로 $[H_3O^+]$ 는 작고, pH는 크다. 따라서 $b > 8.0$ 이다.

12 완충 용액

혼합 용액에서 Na^+ 은 구경꾼 이온이므로 혼합 용액의 $[Na^+]$ 로부터 HA(aq) 400 mL에 가한 1 M NaOH(aq)의 부피와 HB(aq) 200 mL에 가한 1 M NaOH(aq)의 부피를 알 수 있다.

㉠ P에서 $[Na^+] = \frac{1}{6} \text{ M}$ 이고, $\frac{[A^-]}{[HA] + [A^-]} = \frac{2}{5}$ 이므로 $\frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{2}{3}$ 이다. $[Na^+]$ 가 1 M에서 $\frac{1}{6} \text{ M}$ 로 희석되었으므로 HA(aq) 400 mL에 가한 1 M NaOH(aq)의 부피는 80 mL이고 NaOH 80 mmol에 해당한다. 0.5 M HA(aq) 400 mL에 녹아 있는 HA는 200 mmol이므로, P에서 HA의 형태로 120 mmol, A^- 의 형태로 80 mmol이 있다. 따라서 P에서 $[HA] = \frac{120 \text{ mmol}}{480 \text{ mL}} = \frac{1}{4} \text{ M}$ 이다.

㉡ $[Na^+]$ 가 1 M에서 $\frac{1}{9} \text{ M}$ 로 희석될 때 HA(aq) 400 mL에 가한 1 M NaOH(aq)의 부피는 50 mL이고 NaOH 50 mmol

에 해당한다. 이때 혼합 용액에는 HA의 형태로 150 mmol, A^- 의 형태로 50 mmol이 있으므로 $y = \frac{50}{150+50} = \frac{1}{4}$ 이다.

Q에서는 $[Na^+] = \frac{1}{5} M$ 로 희석되었으므로 $x M HB(aq)$ 200 mL에 가한 $NaOH(aq)$ 의 부피는 50 mL이고 $NaOH$ 50 mmol에 해당한다. 이때 혼합 용액의 $\frac{[B^-]}{[HB] + [B^-]} = \frac{1}{4}$ 이므로 B^- 의 형태로 50 mmol, HB 의 형태로 150 mmol이 있다. 따라서 $x M HB(aq)$ 200 mL에 녹아 있는 HB 는 200 mmol이므로 $x=1$ 이고, $x=4y$ 이다.

✕. HA와 HB의 이온화 상수(K_a)는 각각 a, b 이므로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$a = \frac{[A^-]}{[HA]} \times [H_3O^+], \quad b = \frac{[B^-]}{[HB]} \times [H_3O^+]$$

P에서 $\frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{2}{3}$ 이고, Q에서 $\frac{[B^-]}{[HB]} = \frac{1}{3}$ 이다. 또한 P와 Q에서의 pH가 같으므로 P와 Q에서 $[H_3O^+]$ 이 같으므로 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$[H_3O^+] = \frac{3}{2}a = 3b$$

따라서 $a=2b$ 이다.

07 반응 속도

수능 2점 테스트

본문 139~142쪽

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

01 1차 반응의 특징

✕. t 일 때 $[A]$ 는 초기 상태 $[A]$ 의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 이 반응의 반감기는 t 이다.

○. 순간 반응 속도는 $[A]$ 에 비례하므로

$$\frac{t \text{일 때 } A(g) \text{의 순간 반응 속도}}{3t \text{일 때 } A(g) \text{의 순간 반응 속도}} = \frac{0.4}{0.1} = 4 \text{이다.}$$

✕. $0 \sim 2t$ 동안 $[A]$ 의 감소량은 0.6 M이고, $t \sim 2t$ 동안 $[A]$ 의 감소량은 0.2 M이므로

$$\frac{t \sim 2t \text{ 동안 } A(g) \text{의 평균 반응 속도}}{0 \sim 2t \text{ 동안 } A(g) \text{의 평균 반응 속도}} = \frac{\frac{0.2 M}{t}}{\frac{0.6 M}{2t}} = \frac{2}{3} \text{이다.}$$

02 1차 반응의 반감기

온도와 부피가 일정하므로 강철 용기 속 기체의 압력은 기체의 양(mol)에 비례한다.

✕. $2A(g) \longrightarrow 2B(g) + C(g)$ 에서 반응물의 계수보다 생성물의 계수 합이 크므로 반응이 진행됨에 따라 전체 기체의 양(mol)은 증가한다. 따라서 혼합 기체의 전체 압력은 $2t$ 일 때가 t 일 때보다 크다.

○. $2t$ 일 때 $A(g)$ 의 부분 압력이 t 일 때 $A(g)$ 의 부분 압력의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 $A(g)$ 의 반감기는 t 이다.

○. 초기 상태 $A(g)$ 의 양을 $4n$ mol이라고 하면 t 일 때 $A(g) \sim C(g)$ 의 양은 각각 $2n$ mol, $2n$ mol, n mol이다. 따라서 t 일 때 $A(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{2n}{2n+2n+n} = \frac{2}{5}$ 이다.

03 1차 반응에서 반응물의 몰 농도

초기 상태 $A(g)$ 의 양을 $8n$ mol이라고 하면 반응한 $A(g)$ 의 양은 $0 \sim t_1$ min 동안 $2n$ mol, $0 \sim t_2$ min 동안 $4n$ mol이며, t_1 min일 때 $B(g)$ 의 양은 bn mol이고, t_2 min일 때 $C(g)$ 의 양은 $2n$ mol이다. $\frac{t_2 \text{ min일 때 } [C]}{t_1 \text{ min일 때 } [B]} = \frac{2}{b} = 1$ 에서 $b=2$ 이며, 화학 반응식은 $2A(g) \longrightarrow 2B(g) + C(g)$ 이다.

㉠ A(g)의 순간 반응 속도는 [A]에 비례하므로

$$\frac{t_2 \text{ min일 때 } A(g) \text{의 순간 반응 속도}}{t_1 \text{ min일 때 } A(g) \text{의 순간 반응 속도}} = \frac{4}{6} = \frac{2}{3} \text{이다.}$$

㉡ t_2 min일 때 [A]는 초기 상태 [A]의 $\frac{1}{2}$ 배이고, 9 min일 때

[A]는 초기 상태 [A]의 $\frac{1}{8}$ 배이므로 t_2 min일 때와 9 min일 때는 각각 반감기가 1번, 3번 지난 시점이다. 1차 반응의 반감기는 일정하므로 $t_2 = \frac{9}{3} = 3$ 이다.

㉢ 반감기가 3번 지난 9 min일 때 A(g)~C(g)의 양은 각각 $n \text{ mol}$, $7n \text{ mol}$, $\frac{7n}{2} \text{ mol}$ 이며, B(g)의 몰 분율은 $\frac{7}{1+7+\frac{7}{2}} = \frac{14}{23}$ 이다.

04 1차 반응에서 질량비

화학 반응이 일어나도 전체 질량은 일정하므로 반응에서 생성된 B(g)의 질량+C(g)의 질량은 반응한 A(g)의 질량과 같다. $\frac{B(g) \text{의 질량(g)} + C(g) \text{의 질량(g)}}{A(g) \text{의 질량(g)}} = 1$ 인 t 일 때 반응한

A(g)의 질량과 남아 있는 A(g)의 질량이 같으므로 이 반응의 반감기는 t 이다. 초기 상태 A(g)의 양을 $8n \text{ mol}$ 이라고 하면 반응 시간에 따른 A(g)~C(g)의 양(mol)은 다음과 같다.

반응 시간	0	t	$2t$	$3t$
A(g)의 양(mol)	$8n$	$4n$	$2n$	n
B(g)의 양(mol)	0	$4n$	$6n$	$7n$
C(g)의 양(mol)	0	$2n$	$3n$	$\frac{7n}{2}$

㉠ 반감기가 3번 지난 $3t$ 일 때 A(g)의 질량은 전체 질량의 $\frac{1}{8}$ 배이고, B(g)의 질량+C(g)의 질량은 전체 질량의 $\frac{7}{8}$ 배이다. 따라서 $x=7$ 이다.

㉡ $0 \sim t$ 동안 감소한 A(g)의 양은 $4n \text{ mol}$ 이고, $t \sim 3t$ 동안 감소한 A(g)의 양은 $3n \text{ mol}$ 이므로

$$\frac{t \sim 3t \text{ 동안 } A(g) \text{의 평균 반응 속도}}{0 \sim t \text{ 동안 } A(g) \text{의 평균 반응 속도}} = \frac{\frac{3n}{2t}}{\frac{4n}{t}} = \frac{3}{8} \text{이다.}$$

㉢ 용기 속 전체 기체의 양은 t 일 때와 $2t$ 일 때 각각 $10n \text{ mol}$, $11n \text{ mol}$ 이다. 기체의 전체 압력은 전체 기체의 양(mol)에 비례하므로 $2t$ 일 때가 t 일 때의 $\frac{11}{10}$ 배이며, [A]는 $2t$ 일 때가 t 일 때의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 $\frac{\text{용기 속 기체의 전체 압력}}{[A]}$ 은 $2t$ 일 때가 t 일 때의 $\frac{11}{5}$ 배이다.

05 1차 반응에서 반응물의 몰 농도

같은 온도에서 동일한 1차 반응이 일어날 때, 반감기는 초기 농도에 관계없이 일정하다.

㉠ A(g)의 반감기는 I과 II에서 같다.

㉡ I에서 [A]는 3 min일 때가 1 min일 때의 $\frac{1}{4}$ 배로, 1~3 min 동안 반감기가 2번 지난 것이므로 이 반응의 반감기는 1 min이다. 초기 상태 [A]는 I에서가 II에서의 3배이므로 반응 시간(t)에 따른 [A]는 표와 같으며, $b = \frac{2a}{3}$ 이다.

용기	[A] (M)			
	$t=0$	$t=1 \text{ min}$	$t=2 \text{ min}$	$t=3 \text{ min}$
I	$8a$	$4a$	$2a$	a
II	$\frac{8a}{3}$	$\frac{4a}{3}$	$\frac{2a}{3} (=b)$	$\frac{a}{3}$

㉢ $\frac{\text{II에서 } 0 \sim 3 \text{ min 동안 } A(g) \text{의 평균 반응 속도}}{\text{I에서 } 1 \sim 2 \text{ min 동안 } A(g) \text{의 평균 반응 속도}} =$

$$\frac{\left(\frac{8a}{3} - \frac{a}{3}\right) M}{3 \text{ min}} = \frac{7}{18} \text{이다.}$$

$$\frac{\left(\frac{8a}{3} - 2a\right) M}{1 \text{ min}}$$

06 1차 반응에서 반응물의 질량 백분율

A(g)의 질량 백분율은 $3t$ 일 때가 초기 상태의 $\frac{1}{8}$ 배로, $3t$ 일 때는 반감기가 3번 지난 시점이므로 이 반응의 반감기는 t 이다. 초기 상태 A(g)의 몰 농도(상댓값)를 8이라고 하면 반응 시간에 따른 A(g)~C(g)의 몰 농도(상댓값)는 다음과 같다.

반응 시간	0	t	$2t$	$3t$
[A]	8	4	2	1
[B]	0	$2b$	$3b$	$\frac{7b}{2}$
[C]	0	2	3	$\frac{7}{2}$

$\frac{t \text{일 때 } [B]}{3t \text{일 때 } [A]} = \frac{2b}{1} = 4$ 에서 $b=2$ 이며, $2t$ 일 때 C(g)의 몰 분율은 $\frac{3}{2+6+3} = \frac{3}{11}$ 이다.

07 1차 반응에서 질량 관계

$2t$ 일 때 A(g)의 질량은 초기 상태 A(g)의 질량의 $\frac{1}{4}$ 배로, $2t$ 일 때는 반감기가 2번 지난 시점이므로 이 반응의 반감기는 t 이다.

㉠ 반감기가 1번 지난 t 일 때 A(g)의 질량 백분율은 50%이다.

㉠ 초기 상태 A(g)의 양을 $8n$ mol이라고 하면 반감기가 2번 지난 $2t$ 일 때 A(g)~C(g)의 양은 각각 $2n$ mol, $12n$ mol, $3n$ mol이며, C(g)의 몰 분율은 $\frac{3}{2+12+3} = \frac{3}{17}$ 이다.

㉡ 반감기가 1번 지난 t 일 때 (B(g)의 질량+C(g)의 질량)은 81 g이고, B(g)의 질량이 69 g이므로 C(g)의 질량은 12 g이

며, B(g)와 C(g)의 몰비가 $4 : 1$ 이므로 $\frac{B\text{의 분자량}}{C\text{의 분자량}} = \frac{\frac{69}{4}}{\frac{12}{1}} = \frac{23}{16} < \frac{24}{16} = \frac{3}{2}$ 이다.

08 1차 반응에서 생성물의 몰 분율

초기 상태 A(g)의 양을 $16n$ mol, $0 \sim t$ 동안 반응한 A(g)의 양을 x mol이라고 하면 t 일 때 A(g)와 B(g)의 양은 각각 $(16n-x)$ mol, $2x$ mol이고, B(g)의 몰 분율은 $\frac{2}{3}$ 이므로 $\frac{2x}{(16n-x)+2x} = \frac{2}{3}$ 에서 $x=8n$ 이다. t 일 때 A(g)의 양(mol)은 초기 상태 A(g)의 양(mol)의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 이 반응의 반감기는 t 이다.

㉠ A(g)의 순간 반응 속도는 [A]에 비례하며, [A]는 $3t$ 일 때가 t 일 때의 $\frac{1}{4}$ 배이므로 $\frac{3t\text{일 때 A(g)의 순간 반응 속도}}{t\text{일 때 A(g)의 순간 반응 속도}} = \frac{1}{4}$ 이다.

㉡ 반감기가 2번 지난 $2t$ 일 때 A(g)와 B(g)의 양은 각각 $4n$ mol, $24n$ mol이고, B(g)의 몰 분율 $a = \frac{24}{4+24} = \frac{6}{7}$ 이다. 따라서 $a > \frac{4}{5}$ 이다.

㉢ 반감기가 4번 지난 $4t$ 일 때 A(g)와 B(g)의 양은 각각 n mol, $30n$ mol이다. $\frac{B(g)\text{의 양(mol)}}{A(g)\text{의 양(mol)}}$ 은 $2t$ 일 때와 $4t$ 일 때 각각 $6, 30$ 이므로 $4t$ 일 때가 $2t$ 일 때의 5배이다.

09 1차 반응에서 반응물과 생성물의 양(mol)

A(g)와 C(g)의 반응 계수비가 $2 : 1$ 이므로 $0 \sim t$ 동안 반응한 A(g)의 양(mol)은 t 일 때 C(g)의 양(mol)의 2배이다. 따라서 초기 상태 A(g)의 양은 $2x$ mol이며, t 일 때 A(g)의 양(mol)이 초기 상태 A(g)의 양(mol)의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 이 반응의 반감기는 t 이다.

㉠ $t \sim 2t$ 동안 생성된 B(g)의 양(mol)은 $0 \sim t$ 동안 생성된 B(g)의 양(mol)의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 $\frac{3x}{2} - 2 = 1$ 에서 $x=2$ 이다. t 일 때 B(g)와 C(g)의 양은 각각 2 mol, 1 mol로 B(g)와 C(g)의 반응 계수비는 $2 : 1$ 이므로 $b = \frac{2}{2} = 1$ 이다.

㉡ 반감기가 3번 지난 $3t$ 일 때 A(g)와 C(g)의 양은 각각

$\frac{1}{2}$ mol, $\frac{7}{4}$ mol이므로 $\frac{z}{y} = \frac{7}{2}$ 이다.

㉢ $\frac{0 \sim 2t\text{ 동안 A(g)의 평균 반응 속도}}{2t \sim 3t\text{ 동안 A(g)의 평균 반응 속도}} = \frac{\frac{4-1}{2t}}{\frac{1-\frac{1}{2}}{t}} = 3$ 이다.

10 1차 반응에서 $\frac{1}{\text{반응물의 몰 분율}}$

초기 상태 A(g)의 양을 $16n$ mol, $0 \sim 2t$ 동안 반응한 A(g)의 양을 m mol이라고 하면 $2t$ 일 때 A(g)~C(g)의 양은 각각 $(16n-m)$ mol, m mol, m mol이며 $\frac{1}{A(g)\text{의 몰 분율}} = \frac{(16n-m)+m+m}{16n-m} = 7$ 에서 $m=12n$ 이다. $2t$ 일 때 A(g)

의 양(mol)은 초기 상태 A(g)의 양(mol)의 $\frac{1}{4}$ 배이며 1차 반응의 반감기는 일정하므로 이 반응의 반감기는 t 이다.

㉠ 반감기가 t 이므로, t 일 때 [A]는 $3t$ 일 때 [A]의 4배이다. A(g)의 순간 반응 속도는 [A]에 비례하므로 t 일 때가 $3t$ 일 때의 4배이다.

㉡ $\frac{t \sim 4t\text{ 동안 A(g)의 평균 반응 속도}}{0 \sim 2t\text{ 동안 A(g)의 평균 반응 속도}} = \frac{\frac{8n-n}{3t}}{\frac{16n-4n}{2t}} = \frac{7}{18}$

이다.

㉢ 반감기가 3번 지난 $3t$ 일 때 A(g)~C(g)의 양은 각각 $2n$ mol, $14n$ mol, $14n$ mol이며 $x = \frac{1}{A(g)\text{의 몰 분율}} = \frac{2+14+14}{2} = 15$ 이다.

11 1차 반응에서 반응물의 몰 농도

1차 반응에서 반감기는 반응물의 농도에 관계없이 일정하다.

㉠ (가)에서 반응물의 농도가 $\frac{1}{4}$ 배가 되는 데 걸리는 시간이 $2t$ 이므로, 반응물의 농도가 $\frac{1}{2}$ 배가 되는 데 걸리는 시간은 t 로 A(g)의 반감기는 t 이다. (가)에서 초기 상태 A(g)의 양을 $16n$ mol이라고 하면 반감기가 1번 지난 t 일 때 A(g)~C(g)의 양은 각각 $8n$ mol, $8n$ mol, $4n$ mol이고, 반감기가 2번 지난 $2t$ 일 때 A(g)~C(g)의 양은 각각 $4n$ mol, $12n$ mol, $6n$ mol이고, 반감기가 3번 지난 $3t$ 일 때 A(g)~C(g)의 양은 각각 $2n$ mol, $14n$ mol, $7n$ mol이다. (가)에서 $\frac{2t \sim 3t\text{ 동안 생성된 B(g)의 양(mol)}}{t \sim 2t\text{ 동안 생성된 C(g)의 양(mol)}} = \frac{(14n-12n)\text{ mol}}{(6n-4n)\text{ mol}} = 1$ 이다.

㉡ (나)에서 $4t$ 일 때 반응물의 농도는 초기 상태 반응물의 농도의

$\frac{1}{8}$ 배로, $4t$ 일 때는 반감기가 3번 지난 시점이다. 1차 반응의 반감기는 일정하므로 반응물의 농도가 $\frac{1}{2}$ 배가 되는 데 걸리는 시간은 $\frac{4t}{3}$ 로 $D(g)$ 의 반감기는 $\frac{4t}{3}$ 이다.

✕. (가)에서 반감기가 3번 지난 $3t$ 일 때 $[A]=\frac{a}{8} M$, $[B]=\frac{7a}{8} M$ 이며, (나)에서 $4t$ 일 때 $[D]=\frac{a}{8} M$, $[E]=2\left(a-\frac{a}{8}\right) M = \frac{14a}{8} M$ 이므로 (나)에서 $4t$ 일 때 $\frac{[E]}{[A]}$ 는 2이다. (가)에서 $3t$ 일 때 $\frac{[B]}{[A]}$ 는 7이다.

12 1차 반응에서 반응물과 생성물의 농도비

$3t$ 일 때 $A(g)$ 의 양을 n mol이라고 하면 $B(g)$ 의 양은 $7n$ mol이며, $A(g) \longrightarrow B(g)+C(g)$ 에서 반응한 $A(g)$ 의 양(mol)과 생성된 $B(g)$ 의 양(mol)이 같으므로 초기 상태 $A(g)$ 의 양은 $8n$ mol이다. $3t$ 일 때 $A(g)$ 의 양(mol)은 초기 상태 $A(g)$ 의 양(mol)의 $\frac{1}{8}$ 배로 $3t$ 일 때는 반감기가 3번 지난 시점이며, 1차 반응의 반감기는 일정하므로 이 반응의 반감기는 t 이다. 반감기가 1번 지난 t 일 때 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 양(mol)은 같으므로 $x=1$ 이다. 반감기가 2번 지난 $2t$ 일 때 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 양은 각각 $2n$ mol, $6n$ mol이고, $A(g)$ 의 질량 백분율은 25%, $B(g)$ 의 질량 백분율은 $(100-25-35)\%=40\%$ 이므로 $\frac{A \text{의 분자량}}{B \text{의 분자량}} = \frac{25}{40} = \frac{5}{8}$ 이다. 따라서 $x \times \frac{A \text{의 분자량}}{B \text{의 분자량}} = 1 \times \frac{15}{8} = \frac{15}{8}$ 이다.

13 1차 반응에서 생성물의 농도와 질량 관계

1차 반응의 반감기는 일정하고, 첫 번째 반감기, 두 번째 반감기와 같이 반감기가 진행될 때마다 $[B]$ 의 증가량은 $\frac{1}{2}$ 배가 된다.

㉠. $t \sim 2t$ 동안 $[B]$ 의 증가량 $\left(\frac{15}{8} M - \frac{5}{4} M = \frac{5}{8} M\right)$ 이 $0 \sim t$ 동안 $[B]$ 의 증가량 $\left(\frac{5}{4} M\right)$ 의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 $A(g)$ 의 반감기는 t 이다.

㉡. 초기 상태 $A(g)$ 의 양을 $8n$ mol이라고 하면 반감기가 3번 지난 $3t$ 일 때 $A(g) \sim C(g)$ 의 양은 각각 n mol, $7n$ mol, $7n$ mol이며, $A(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{n}{n+7n+7n} = \frac{1}{15}$ 이다.

㉢. $3t$ 일 때 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 질량비는 11 : 28이고, $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 몰비는 1 : 7이므로 $\frac{B \text{의 분자량}}{A \text{의 분자량}} = \frac{28}{11} = \frac{4}{1}$ 이다.

$A(g) \longrightarrow B(g) + C(g)$ 에서 (A 의 분자량 = B 의 분자량 + C 의 분자량)이므로 $\frac{C \text{의 분자량}}{B \text{의 분자량}} = \frac{7}{4}$ 이다.

14 1차 반응에서 질량 관계

1차 반응의 반감기는 일정하고, 첫 번째 반감기, 두 번째 반감기와 같이 반감기가 진행될 때마다 $B(g)$ 와 $C(g)$ 의 질량 차의 증가량은 $\frac{1}{2}$ 배가 된다. $2t \sim 4t$ min 동안 $B(g)$ 와 $C(g)$ 의 질량 차의 증가량 $(7.5 g - 6.0 g = 1.5 g)$ 이 $0 \sim 2t$ min 동안 $B(g)$ 와 $C(g)$ 의 질량 차의 증가량 $(6 g)$ 의 $\frac{1}{4}$ 배이므로 $2t$ min은 반감기가 2번 지나는 시간이며 이 반응의 반감기는 t min이다.

✕. 초기 상태 $A(g)$ 의 양을 $16n$ mol이라고 하면 반감기가 2번 지난 $2t$ min일 때 $A(g) \sim C(g)$ 의 양은 각각 $4n$ mol, $12n$ mol, $6n$ mol이며, $C(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{6}{4+12+6} = \frac{3}{11}$ 이다.

✕. 반감기가 3번 지난 $3t$ min일 때, $A(g)$ 의 질량은 전체 질량의 $\frac{1}{8}$ 배이고, $B(g)$ 와 $C(g)$ 의 질량의 합은 감소한 $A(g)$ 의 질량과 같으므로 전체 질량의 $\frac{7}{8}$ 배인 $216 g \times \frac{7}{8} = 189 g$ 이다.

㉠. $0 \sim 2t$ min 동안 생성된 $C(g)$ 의 양은 $6n$ mol $(=4n \text{ mol} + 2n \text{ mol})$ 이고, $2t \sim 4t$ min 동안 생성된 $C(g)$ 의 양은 $\frac{3n}{2}$ mol $(=n \text{ mol} + \frac{n}{2} \text{ mol})$ 이다. 따라서

$$\frac{0 \sim 2t \text{ min 동안 생성된 } C(g) \text{의 양(mol)}}{2t \sim 4t \text{ min 동안 생성된 } C(g) \text{의 양(mol)}} = \frac{6n}{\frac{3n}{2}} = 4 \text{이다.}$$

[다른 풀이] 반감기가 t min이므로 $2t$ min은 반응물의 농도가 $\frac{1}{4}$ 배가 되는 데 걸리는 시간이다. 따라서

$$\frac{0 \sim 2t \text{ min 동안 생성된 } C(g) \text{의 양(mol)}}{2t \sim 4t \text{ min 동안 생성된 } C(g) \text{의 양(mol)}} = 4 \text{이다.}$$

15 1차 반응에서 전체 압력과 부분 압력

반응이 진행될 때 $He(g)$ 의 부분 압력은 일정하고, 전체 압력의 변화량은 반응한 $A(g)$ 의 양(mol)에 비례하므로 $\frac{\text{전체 기체의 압력}}{He(g) \text{의 부분 압력}}$ 의 변화량은 반응한 $A(g)$ 의 양(mol)에 비례한다.

$\frac{\text{전체 기체의 압력}}{He(g) \text{의 부분 압력}}$ 의 변화량은 $0 \sim t$ 동안 $1(=6-5)$ 이고, $0 \sim 3t$ 동안 $\frac{7}{4}\left(\frac{27}{4}-5\right)$ 이며, $1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} = \frac{7}{4}$ 이 성립하므로 이 반응의 반감기는 t 라는 것을 알 수 있다.

㉠. 초기 상태에서 $\frac{\text{전체 기체의 압력}}{He(g) \text{의 부분 압력}}$ 은 5이므로 초기 상태 $He(g)$ 와 $A(g)$ 의 양을 각각 n mol, $4n$ mol이라고 하면 반감기가 1번 지난 t 일 때 $He(g)$ 와 $A(g) \sim C(g)$ 의 양은 각각 n mol, $2n$ mol, bn mol, n mol이다. 전체 기체의 양(mol)과 전체 압력은 비례하므로 t 일 때 전체 기체의 양은 $6n$ mol이며, $b+4=6$ 에서 $b=2$ 이다.

㉠. 반감기가 3번 지난 $3t$ 일 때 $\text{He}(g)$ 과 $\text{A}(g) \sim \text{C}(g)$ 의 양은 각각 $n \text{ mol}$, $\frac{n}{2} \text{ mol}$, $\frac{7n}{2} \text{ mol}$, $\frac{7n}{4} \text{ mol}$ 이며 $\text{B}(g)$ 의 몰 분율은

$$\frac{\frac{7}{2}}{1 + \frac{1}{2} + \frac{7}{2} + \frac{7}{4}} = \frac{14}{27} \text{이다.}$$

㉡. 반감기가 t 이므로 전체 기체의 압력 $\text{He}(g)$ 의 부분 압력의 변화량은 $t \sim 2t$ 동안 $0 \sim t$ 동안의 $\frac{1}{2}$ 배이다. 따라서 $x = 5 + 1 + \frac{1}{2} = \frac{13}{2}$ 이다.

16 활성화 에너지

$\Delta H > 0$ 인 흡열 반응에서 정반응의 활성화 에너지는 역반응의 활성화 에너지보다 크다.

㉠. 반응 엔탈피(ΔH)는 $(x-y) \text{ kJ}$ 이므로 $x-y=100$ 이다.

㉡. 정반응의 활성화 에너지는 역반응의 활성화 에너지보다 100 kJ/mol 만큼 크다.

㉢. 정반응의 활성화 에너지와 역반응의 활성화 에너지를 각각 E_a , E_a' 이라고 하면 $E_a - E_a' = 100 \text{ kJ/mol}$, $E_a + E_a' = 280 \text{ kJ/mol}$ 에서 $E_a = 190 \text{ kJ/mol}$, $E_a' = 90 \text{ kJ/mol}$ 이다.

수능 3점 테스트

본문 143~150쪽

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

01 반응 속도식과 반응 속도 상수

1차 반응에서 반감기는 반응물의 농도에 관계없이 일정하다.

✕. (나)에서 $4t \text{ s}$ 일 때 $[\text{A}]$ 는 $3t \text{ s}$ 일 때 $[\text{A}]$ 의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 이 반응의 반감기는 $t \text{ s}$ 이다. $0 \sim 3t \text{ s}$ 동안 반감기가 3번 지난 것이므로 초기 상태 $[\text{A}]$ 는 $3t \text{ s}$ 일 때 $[\text{A}]$ 의 8배이며, $\frac{a}{10} \times 8 = 0.4$ 에서 $a = \frac{1}{2}$ 이다.

㉠. (나)에서 $2t \text{ s}$ 일 때 $[\text{A}] = 0.1 \text{ M}$ 이고 $0 \sim 2t \text{ s}$ 동안 $[\text{A}]$ 의 감소량이 0.3 M 이므로 $2t \text{ s}$ 일 때 $[\text{B}] = 0.3 \text{ M} \times 2 = 0.6 \text{ M}$ 이다.

㉡. (가)와 (나)에서 동일한 반응이 같은 온도에서 일어나므로 반감기는 $t \text{ s}$ 로 같다. (가)에서 초기 상태 $[\text{A}]$ 는 $t \text{ s}$ 일 때 $[\text{A}]$ 의 2배로 $\frac{1}{20} \text{ M} \times 2 = 0.1 \text{ M}$ 이며, 초기 반응 속도가 $4.5 \times 10^{-4} \text{ M} \cdot \text{s}^{-1}$ 이므로 $4.5 \times 10^{-4} \text{ M} \cdot \text{s}^{-1} = k \times 0.1 \text{ M}$ 에서 $k = 4.5 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ 이다.

02 1차 반응에서 기체의 전체 압력, 몰 분율

$[\text{A}] + [\text{B}]$ 가 반응 시간에 관계없이 항상 일정하므로 반응 계수 a 와 b 는 같으며, 반감기가 1번 지났을 때 $\frac{[\text{B}]}{[\text{A}]} = 1$ 이다. 초기 상태 전체 기체의 양을 $10n \text{ mol}$ 이라고 하면 $\frac{[\text{A}]}{[\text{C}]} = 4$ 에서 초기 상태 $\text{A}(g)$ 와 $\text{C}(g)$ 의 양은 각각 $8n \text{ mol}$, $2n \text{ mol}$ 이다.

$\frac{[\text{B}]}{[\text{A}]} = 1$ 일 때 전체 기체의 양은 $12n \text{ mol}$, $\text{A}(g)$ 와 $\text{B}(g)$ 의 양은 각각 $4n \text{ mol}$ 이며, 전체 기체의 양(mol)에서 $(\text{A}(g)$ 의 양 + $\text{B}(g)$ 의 양)(mol)을 빼면 $\text{C}(g)$ 의 양은 $4n \text{ mol}$ 로, 초기 상태보다 $\text{C}(g)$ 가 $2n \text{ mol}$ 증가한 것이므로 $\text{A}(g)$ 와 $\text{C}(g)$ 의 반응 계수비 $a : 1 = (8n - 4n) : 2n$ 에서 $a = 2$ 이다.

✕. P에서 $\text{A}(g)$ 와 $\text{C}(g)$ 의 양은 각각 $4n \text{ mol}$ 이므로 $\frac{[\text{A}]}{[\text{C}]} = 1$ 이다.

✕. $(\text{A}(g)$ 의 양 + $\text{B}(g)$ 의 양)은 $8n \text{ mol}$ 로 일정하므로 $\frac{[\text{B}]}{[\text{A}]} = 3$ 인 Q에서 $\text{A}(g)$ 와 $\text{B}(g)$ 의 양은 각각 $2n \text{ mol}$, $6n \text{ mol}$ 이다. P에서 $\text{A}(g)$ 의 양은 $4n \text{ mol}$ 이므로 $[\text{A}]$ 는 P에서 Q에서의 2배이다(P는 반감기가 1번 지난 시점이고, Q는 반감기가 2번 지난 시점이다).

㉠. Q에서 $\text{A}(g) \sim \text{C}(g)$ 의 양은 각각 $2n \text{ mol}$, $6n \text{ mol}$, $5n \text{ mol}$ ($= 2n \text{ mol} + 3n \text{ mol}$)이며 $\text{C}(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{5n}{2n + 6n + 5n} = \frac{5}{13}$ 이다.

03 1차 반응에서 반응물과 생성물의 부분 압력

(가)에서 $t \sim 2t$ 의 t 동안 P_B 의 증가량($14 \text{ atm} - 10 \text{ atm} = 4 \text{ atm}$)이 $0 \sim t$ 의 t 동안 P_B 의 증가량($10 \text{ atm} - 2 \text{ atm} = 8 \text{ atm}$)의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 $\text{A}(g) \longrightarrow 2\text{B}(g)$ 반응에서 $\text{A}(g)$ 의 반감기는 t 이다. (나)에서 $2t$ 일 때 P_C 6 atm 은 초기 상태 P_C 12 atm 의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 $\text{C}(g) \longrightarrow \text{D}(g)$ 반응에서 $\text{C}(g)$ 의 반감기는 $2t$ 이다.

㉠. (가)에서 $\text{A}(g)$ 의 반감기 $= \frac{t}{2} = \frac{1}{2}$ 이다.
(나)에서 $\text{C}(g)$ 의 반감기 $= \frac{t}{2} = \frac{1}{2}$ 이다.

✕. (가)에서 초기 상태 $\text{A}(g)$ 와 $\text{B}(g)$ 의 양을 각각 $m \text{ mol}$, $n \text{ mol}$ 이라고 하면 반감기가 1번 지난 t 일 때 $\text{A}(g)$ 와 $\text{B}(g)$ 의 양은 각각 $\frac{m}{2} \text{ mol}$, $(n+m) \text{ mol}$ 이고, t 일 때 $\frac{P_B}{\text{초기 상태 } P_B} = \frac{n+m}{n} = \frac{10}{2}$ 에서 $m = 4n$ 이다. 따라서 (가)에서 초기 상태 $\text{B}(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{n}{4n+n} = \frac{1}{5}$ 이다.

✕. (가)에서 초기 상태 $\text{A}(g)$ 와 $\text{B}(g)$ 의 부분 압력은 각각 8 atm , 2 atm 이고, (나)에서 초기 상태 $\text{C}(g)$ 의 부분 압력은

12 atm이다. (가)에서 반감기가 1번 지난 t 일 때 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 부분 압력은 각각 4 atm과 10 atm으로 전체 압력은 14 atm이고, $C(g) \rightarrow D(g)$ 반응이 일어나도 전체 기체의 양(mol)이 변하지 않으므로 (나)에서 t 일 때 전체 압력은 12 atm이다. 따라서 t 일 때, 용기 속 혼합 기체의 전체 압력은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

04 1차 반응에서 몰 농도와 전체 압력

[A]는 t 일 때가 초기 상태의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 이 반응의 반감기는 t 이다. $\frac{[A]의 감소량}{[C]의 증가량} = 2$ 이므로 $A(g)$ 와 $C(g)$ 의 반응 계수비 $2 : c = 2 : 1$ 에서 $c=1$ 이다.

㉠ 초기 상태 $A(g)$ 의 양을 $4n$ mol이라고 하면 반감기가 1번 지난 t 일 때 $A(g) \sim C(g)$ 의 양은 각각 $2n$ mol, bn mol, n mol이고, 전체 기체의 양은 $(3n+bn)$ mol이다. 전체 압력은 전체 기체의 양(mol)에 비례하므로 $\frac{t일 때 전체 압력}{초기 상태 전체 압력} = \frac{3n+bn}{4n} = \frac{28}{16} = \frac{7}{4}$ 에서 $b=4$ 이다.

㉡ 첫 번째 반감기, 두 번째 반감기와 같이 반감기가 진행될 때마다 전체 압력의 증가량은 $\frac{1}{2}$ 배가 된다. 첫 번째 반감기를 지나는 동안 전체 압력(상댓값)의 증가량이 12이므로 반감기가 3번 지난 $3t$ 일 때 전체 압력(상댓값) $x=16+12+6+3=37$ 이다.

㉢ 반감기가 2번 지난 $2t$ 일 때 $A(g) \sim C(g)$ 의 양은 각각 n mol, $6n$ mol, $\frac{3n}{2}$ mol이며, $B(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{6n}{n+6n+\frac{3n}{2}} = \frac{12}{17}$ 이다.

05 1차 반응에서 질량 관계

전체 질량은 10 g으로 일정하므로 반응 시간에 따른 질량 관계는 다음과 같다.

반응 시간(min)	0	2	4
$\frac{C(g)의 질량(g)}{A(g)의 질량(g)+B(g)의 질량(g)}$	0	$\frac{1}{14}$	$\frac{1}{9}$
$\frac{C(g)의 질량(g)}{전체 질량(g)}$	0	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{10}$
$C(g)의 질량(g)$	0	$\frac{2}{3}$	1

2~4 min의 2 min 동안 $C(g)$ 의 질량 증가량($1g - \frac{2}{3}g = \frac{1}{3}g$)이 0~2 min의 2 min 동안 $C(g)$ 의 질량 증가량($\frac{2}{3}g$)의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 이 반응의 반감기는 2 min이다.

㉣ 2 min일 때 $A(g)$ 와 $C(g)$ 의 질량은 각각 $\frac{9}{2}g, \frac{2}{3}g$ 이며, $B(g)$ 의 질량은 $(10 - \frac{9}{2} - \frac{2}{3})g = \frac{29}{6}g$ 이다.

㉤ 첫 번째 반감기, 두 번째 반감기와 같이 반감기가 진행될 때마다 $C(g)$ 의 질량 증가량은 $\frac{1}{2}$ 배가 된다. 4~6 min의 2 min 동안 $C(g)$ 의 질량 증가량은 2~4 min의 2 min 동안 $C(g)$ 의 질량 증가량($\frac{1}{3}g$)의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 6 min일 때 $C(g)$ 의 질량은 $1g + \frac{1}{6}g = \frac{7}{6}g$ 이다. 전체 질량이 10 g이므로 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 질량 합은 $\frac{53}{6}g (=10g - \frac{7}{6}g)$ 이며, $x = \frac{7}{53}$ 이다.

㉥ 반응 몰비는 $A : C = 2 : 1$ 이고, $A(g)$ $\frac{9}{2}g$ 이 반응하는 동안 $C(g)$ $\frac{2}{3}g$ 이 생성되므로 $\frac{A의 분자량}{C의 분자량} = \frac{\frac{9}{2}}{\frac{2}{3}} = \frac{27}{8}$ 이다.

06 1차 반응의 특징

(가)에서 생성된 $B(g)$ 의 양(mol)은 반응한 $A(g)$ 의 양(mol)의 2배이므로 반응한 $A(g)$ 의 양(mol)만큼 전체 기체의 양(mol)이 증가하며, 0~ t 동안 반응한 $A(g)$ 의 양($\frac{15n}{2}mol - 5n mol = \frac{5n}{2}mol$)이 초기 상태 $A(g)$ 의 양($5n mol$)의 $\frac{1}{2}$ 배

이므로 $A(g)$ 의 반감기는 t 이다. (나)에서 $t \sim 2t$ 의 t 동안 증가한 전체 기체의 양($\frac{47n}{4}mol - 11n mol = \frac{3n}{4}mol$)이 0~ t 의 t 동안 증가한 전체 기체의 양($11n mol - 8n mol = 3n mol$)의 $\frac{1}{4}$ 배이므로 $C(g)$ 의 양(mol)이 $\frac{1}{4}$ 배가 되는 데 걸리는 시간은 t

이며, $C(g)$ 의 반감기는 $\frac{t}{2}$ 이다. 초기 상태 $C(g)$ 가 $8n mol$ 이므로

반감기가 2번 지난 t 일 때 $C(g) \sim E(g)$ 의 양은 각각 $2n mol, 3dn mol, 3n mol$ 이며, $2n+3dn+3n=11n$ 에서 $d=2$ 이다. t 일 때 (가)에서 $B(g)$ 의 양은 $5n mol$, (나)에서 $E(g)$ 의 양은 $3n mol$ 이며, $PV=nRT$ 이므로 $\frac{(나)에서 E(g)의 부분 압력}{(가)에서 B(g)의 부분 압력}$

$= \frac{3 \times T_2}{5 \times T_1} = \frac{2}{3}$ 에서 $\frac{T_2}{T_1} = \frac{10}{9}$ 이다. $2t$ 일 때 (가)에서 $A(g)$ 의 양

은 $\frac{5n}{4}mol$, (나)에서 $D(g)$ 의 양은 $\frac{15n}{2}mol$ 이므로

$\frac{(나)에서 D(g)의 부분 압력}{(가)에서 A(g)의 부분 압력} = \frac{\frac{15}{2}}{\frac{5}{4}} \times \frac{T_2}{T_1} = 6 \times \frac{10}{9} = \frac{20}{3}$ 이다.

07 1차 반응에서 반응물과 생성물의 몰 농도

1차 반응에서 반감기는 반응물의 농도에 관계없이 일정하다.

$$\times. t_1 \text{ min일 때 } \frac{B(g) \text{의 몰 분율}}{A(g) \text{의 몰 분율}} = \frac{B(g) \text{의 양(mol)}}{A(g) \text{의 양(mol)}} = \frac{[B]}{[A]}$$

$$= 6 \text{에서 } [A] = \frac{3}{4} \text{ M이다. } t_1 \sim t_2 \text{ min 동안 } [B] \text{의 증가량} \left(\frac{3}{4} \text{ M} \right)$$

이 [A]의 감소량 $\left(\frac{3}{8} \text{ M} \right)$ 의 2배이므로 A(g)와 B(g)의 계수비 2 : b = 1 : 2에서 b = 4이다.

$$\times. t_1 \text{ min일 때, } [A] = \frac{3}{4} \text{ M, } [C] = \frac{[B]}{4} = \frac{9}{8} \text{ M이므로 } [A] + [C] = \frac{15}{8} \text{ M이다.}$$

㉠. 0 ~ t₁ min 동안 [B]의 증가량이 $\frac{9}{2}$ M이므로 [A]의 감소량은 $\frac{9}{4}$ M이며, 초기 상태 [A]는 3 M이다. 반응 시간에 따른 [A]는 다음과 같다.

반응 시간(min)	0	t ₁	t ₂
[A](M)	3	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$

t₁ min일 때 [A]는 초기 상태 [A]의 $\frac{1}{4}$ 배이고, t₂ min일 때 [A]는 초기 상태 [A]의 $\frac{1}{8}$ 배이므로 t₁ min일 때와 t₂ min일 때는 각각 반감기가 2번, 3번 지난 시점이며, t₁ : t₂ = 2 : 3에서 t₂ = $\frac{3t_1}{2}$ 이다.

08 1차 반응에서 몰 분율과 전체 압력

초기 상태 A(g)의 양을 16n mol, 0 ~ 3t 동안 반응한 A(g)의 양을 m mol이라고 하면 3t일 때 A(g) ~ C(g)의 양은 각각 (16n - m) mol, m mol, m mol이며

$$\frac{B(g) \text{의 양(mol)} + C(g) \text{의 양(mol)}}{A(g) \text{의 양(mol)}} = \frac{2m}{16n - m} = 6 \text{에서}$$

m = 12n이다. 3t일 때 A(g)의 양 (4n mol)은 초기 상태 A(g)의 양(16n mol)의 $\frac{1}{4}$ 배로, 3t일 때는 반감기가 2번 지난 시점이며 이 반응의 반감기는 $\frac{3t}{2}$ 이다.

×. 반감기가 $\frac{3t}{2}$ 이므로 4t일 때는 t일 때로부터 반감기가 2번 지난 시점으로, [A]는 4t일 때가 t일 때의 $\frac{1}{4}$ 배이다. 따라서

$$\frac{t \text{일 때 } A(g) \text{의 순간 반응 속도}}{4t \text{일 때 } A(g) \text{의 순간 반응 속도}} = 4 \text{이다.}$$

×. He(g)의 양을 y mol이라고 하면 반감기가 4번 지난 6t일 때 He(g)과 A(g) ~ C(g)의 양은 각각 y mol, n mol, 15n mol,

15n mol이며, He(g)의 몰 분율 $\frac{y}{y + 31n} = \frac{4}{35}$ 에서 y = 4n이다. 반감기가 2번 지난 3t일 때 He(g)과 A(g) ~ C(g)의 양은 각각 4n mol, 4n mol, 12n mol, 12n mol이며, He(g)의 몰 분율 $x = \frac{4n}{4n + 4n + 12n + 12n} = \frac{1}{8}$ 이다.

㉠. 초기 상태 A(g)와 He(g)의 양은 각각 16n mol, 4n mol이고, 전체 기체의 양은 20n mol이며, 6t일 때 He(g)과 A(g) ~ C(g)의 양은 각각 4n mol, n mol, 15n mol, 15n mol이고, 전체 기체의 양은 35n mol이다. 전체 압력은 전체 기체의 양(mol)에 비례하므로 P : 7 = 20 : 35에서 P = 4이다.

09 1차 반응에서 생성물의 질량 백분율

초기 상태 A(g)와 C(g)의 양을 각각 14n mol, 3n mol, 0 ~ 2t 동안 반응한 A(g)의 양을 m mol이라고 하면 2t일 때 A(g) ~ C(g)의 양은 각각 (14n - m) mol, m mol, (3n + m) mol이고, A(g)의 몰 분율 = $\frac{14n - m}{17n + m} = \frac{7}{55}$ 에서

m = $\frac{21n}{2}$ 이다. 2t일 때 A(g)의 양 $\left(\frac{7n}{2} \text{ mol} \right)$ 은 초기 상태

A(g)의 양(14n mol)의 $\frac{1}{4}$ 배로, 2t일 때는 반감기가 2번 지난 시점이므로 이 반응의 반감기는 t이다.

×. [A]는 t일 때가 2t일 때의 2배이다. A(g)의 순간 반응 속도는 [A]에 비례하므로 t일 때가 2t일 때의 2배이다.

㉠. 반감기가 1번 지난 t일 때 A(g) ~ C(g)의 양은 각각 7n mol, 7n mol, 10n mol이며, A(g)의 몰 분율 $x = \frac{7n}{7n + 7n + 10n} = \frac{7}{24}$ 이다. 전체 질량이 일정하므로 B(g)의 질량 백분율은 B(g)의 질량에 비례한다. t ~ 2t 동안 B(g)의 질량 백분율 증가량은 0 ~ t 동안 B(g)의 질량 백분율 증가량의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 2t일 때 B(g)의 질량 백분율(%) y = 16 + 8 = 24이다. 따라서 $x \times y = \frac{7}{24} \times 24 = 7$ 이다.

㉠. A(g) → B(g) + C(g) 반응에서 (A의 분자량 = B의 분자량 + C의 분자량)이며, t일 때 B(g)의 질량 백분율이 16%이므로 $\frac{7 \times B \text{의 분자량}}{7 \times A \text{의 분자량} + 7 \times B \text{의 분자량} + 10 \times C \text{의 분자량}} = \frac{16}{100}$ 이다. $\frac{7 \times B \text{의 분자량}}{14 \times B \text{의 분자량} + 17 \times C \text{의 분자량}} = \frac{4}{25}$ 이고, 역수를 취하면 $2 + \frac{17}{7} \times \frac{C \text{의 분자량}}{B \text{의 분자량}} = \frac{25}{4}$ 에서 $\frac{C \text{의 분자량}}{B \text{의 분자량}} = \frac{7}{4}$ 이다.

10 1차 반응에서 반응물의 몰 농도

(가)에서 2t일 때 [A]는 초기 상태 [A]의 $\frac{1}{8}$ 배이고, (나)에서 3t

일 때 [C]는 초기 상태 [C]의 $\frac{1}{4}$ 배보다는 작고 $\frac{1}{8}$ 배보다는 크다.

㉠. (가)에서 $2t$ 일 때는 반감기가 3번 지난 시점이며, 1차 반응의 반감기는 일정하므로 A(g)의 반감기는 $\frac{2t}{3}$ 이다.

㉡. (나)에서, $3t < \text{반감기} \times 3$ 이므로 C(g)의 반감기는 t 보다 길다. 따라서 t 일 때 [C]는 초기 상태 [C]의 $\frac{1}{2}$ 배보다 크므로 $b > 1$ 이다.

㉢. (가)에서 A(g)의 반감기는 t 보다 짧으므로 t 일 때 [A]는 초기 상태 [A]의 $\frac{1}{2}$ 배보다 작아서 $b < \frac{a}{2}$ 이며, $b > 1$ 이므로 $a > 2$ 이다. 같은 부피의 용기에 같은 질량의 A(g)와 C(g)를 넣었을 때 $[A] > [C]$ 이므로 분자량은 C가 A보다 크다.

11 1차 반응에서 생성물의 질량 백분율

전체 질량이 일정하므로 A(g)의 질량 백분율은 A(g)의 질량에 비례한다. 4 min일 때 A(g)의 질량 백분율이 초기 상태 A(g)의 질량 백분율의 $\frac{1}{4}$ 배이므로 4 min일 때는 반감기가 2번 지난 시점이며 A(g)의 반감기는 2 min이다.

㉠. 2~4 min 동안 C(g)의 질량 백분율의 증가량은 0~2 min 동안 C(g)의 질량 백분율의 증가량의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 $(2x - \frac{80}{3}) : (\frac{140}{3} - 2x) = 2 : 1$ 에서 $x = 20$ 이다.

㉡. 초기 상태에서 A(g)의 질량 백분율은 60%, B(g)의 질량 백분율은 $\frac{40}{3}\%$ ($= 100\% - 60\% - \frac{80}{3}\%$), C(g)의 질량 백분율은 $\frac{80}{3}\%$ 이다. 질량비와 질량 백분율비는 같으므로 $\frac{w_2}{w_1} = \frac{\frac{80}{3}}{\frac{40}{3}} = 2$ 이다.

㉢. 0~2 min 동안, A(g)의 질량 백분율의 감소량은 30%이고 C(g)의 질량 백분율의 증가량은 $\frac{40}{3}\%$ 이므로 B(g)의 질량 백분율의 증가량은 $\frac{50}{3}\%$ 이다. 생성된 B(g)와 C(g)의 질량비와 몰비가 각각 5 : 4와 2 : 1이므로 $\frac{B \text{의 분자량}}{C \text{의 분자량}} = \frac{\frac{5}{2}}{\frac{4}{1}} = \frac{5}{8}$ 이다.

12 1차 반응의 반감기

(가)에서 $2t \sim 4t$ 의 $2t$ 동안 [C]의 증가량 $(\frac{5a}{4} M - a M = \frac{a}{4} M)$ 은 $0 \sim 2t$ 의 $2t$ 동안 [C]의 증가량 $(a M)$ 의 $\frac{1}{4}$ 배이므로 [A]가 $\frac{1}{4}$ 배가 되는 데 걸리는 시간은 $2t$ 이며, $2A(g) \rightarrow 2B(g)$

+ C(g) 반응에서 A(g)의 반감기는 t 이다. (나)에서 $2t \sim 4t$ 의 $2t$ 동안 [C]의 증가량 $(2a M - \frac{4a}{3} M = \frac{2a}{3} M)$ 은 $0 \sim 2t$ 의 $2t$ 동안 [C]의 증가량 $(\frac{4a}{3} M)$ 의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 $2D(g) \rightarrow 4E(g) + C(g)$ 반응에서 D(g)의 반감기는 $2t$ 이다.

㉠. (가)에서 반감기는 t 이므로 $3t \sim 4t$ 동안 [C]의 증가량은 $2t \sim 3t$ 동안 [C]의 증가량의 $\frac{1}{2}$ 배이다. $b - a = 2(\frac{5a}{4} - b)$ 에서 $\frac{b}{a} = \frac{7}{6}$ 이다.

㉢. (나)에서 D(g)의 반감기는 $2t$ 이다.

㉣. 초기 상태 [A]와 [D]를 각각 $c, 2c$ 라고 하면 $2t$ 일 때, (가)에서는 반감기가 2번 지난 시점이므로 $[A] = \frac{c}{4}$ 이고, (나)에서는 반감기가 1번 지난 시점이므로 $[D] = c$ 이다. $2t$ 일 때,

(가)에서 A(g)의 순간 반응 속도 $= \frac{k_1 \times \frac{c}{4}}{k_2 \times c} = \frac{2k_2 \times \frac{c}{4}}{k_2 \times c} = \frac{1}{2}$ 이다.

13 1차 반응에서 생성물의 질량 백분율

각 용기 속 전체 기체의 질량이 일정하게 유지되므로 (가)와 (나) 각각에서 C(g)의 질량 백분율은 C(g)의 질량에 비례한다. (가)에서 $t \sim 2t$ min 동안 C(g)의 질량 백분율 증가량 $(24\% - 16\% = 8\%)$ 은 $0 \sim t$ min 동안 C(g)의 질량 백분율 증가량 (16%) 의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 이 반응의 반감기는 t min이다.

㉢. 같은 온도에서 동일한 반응이 일어나므로 (가)와 (나)에서 반감기는 t min으로 같다. (나)에서 $t \sim 2t$ min 동안 C(g)의 질량 백분율 증가량은 $0 \sim t$ min 동안 C(g)의 질량 백분율 증가량의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 $(\frac{380}{11} - 20) : (x - \frac{380}{11}) = 2 : 1$ 에서 $x = \frac{460}{11}$ 이다. 따라서 $x > 40$ 이다.

㉣. (나)에서 초기 상태 A(g)의 질량 백분율은 80%이므로 반감기가 1번 지난 t min일 때 A(g)의 질량 백분율은 40%이고, B(g)의 질량 백분율은 $\frac{280}{11}\%$ ($= 100\% - 40\% - \frac{380}{11}\%$)이다. A(g)~C(g)의 분자량을 각각 $M_A \sim M_C$ 라고 하면 (나)에서 t min일 때 A(g)와 B(g)의 양(mol)이 같아서 질량비(질량 백분율비)와 분자량비가 같으므로 $M_A : M_B = 40 : \frac{280}{11} = 11 : 7$ 이고, A(g) \rightarrow B(g) + C(g) 반응에서 $M_A = M_B + M_C$ 이므로 $M_A : M_B : M_C = 11 : 7 : 4$ 이다. (가)에서 반감기가 1번 지난 t min일 때 A(g)와 C(g)의 양(mol)이 같으므로 $\frac{C(g) \text{의 질량 백분율}}{A(g) \text{의 질량 백분율}} = \frac{C \text{의 분자량}}{A \text{의 분자량}} = \frac{4}{11}$ 이며, A(g)의 질량 백분율은 $16\% \times \frac{11}{4} = 44\%$ 이다. (가)에서 초기 상태 A(g)의

질량 백분율이 88%이므로 B(g)의 질량 백분율은 12%이다.
 ✕. t min일 때, B(g)의 질량 백분율은 (가)에서 40%(=100%
 -44%-16%), (나)에서 $\frac{280}{11}$ %이며, B(g)의 양(mol)은 (나)
 에서가 (가)에서의 $\frac{7}{5}$ 배이다. (가) 속 전체 기체의 질량을 $w_{(가)}$,
 (나) 속 전체 기체의 질량을 $w_{(나)}$ 라고 하면 $40 \times w_{(가)} : \frac{280}{11} \times w_{(나)}$
 = 5 : 7이 성립하여 $\frac{w_{(나)}}{w_{(가)}} = \frac{11}{5}$ 이다.

14 1차 반응에서 생성물의 몰 분율

$3t$ 일 때 A(g)의 순간 반응 속도는 t 일 때 A(g)의 순간 반응
 속도의 $\frac{1}{4}$ 배로, 반응물의 농도가 $\frac{1}{4}$ 배가 되는 데 걸리는 시간
 이 $2t$ 이므로 반응물의 농도가 $\frac{1}{2}$ 배가 되는 데 걸리는 시간인 반
 감기는 t 이다. 초기 상태 A(g)와 B(g)의 양이 각각 x mol,
 y mol이므로 반감기가 2번 지난 $2t$ 일 때 A(g)~C(g)의 양은
 각각 $\frac{x}{4}$ mol, $(y + \frac{3x}{2})$ mol, $\frac{3x}{8}$ mol이며, C(g)의 몰 분율
 $\frac{\frac{3x}{8}}{\frac{17x}{8} + y} = \frac{1}{7}$ 에서 $x = 2y$ 이다.

✕. $\frac{x}{y} = 2$ 이다.

✕. 반감기가 1번 지난 t 일 때 A(g)~C(g)의 양은 각각 $\frac{x}{2}$
 mol, $(y + x)$ mol, $\frac{x}{4}$ mol이며, $x = 2y$ 이므로 C(g)의 몰 분
 율 $z = \frac{\frac{x}{4}}{\frac{x}{2} + (\frac{x}{2} + x) + \frac{x}{4}} = \frac{1}{9}$ 이다.

⊙. $2t$ 일 때 전체 기체의 양은 $\frac{x}{4}$ mol + $(y + \frac{3x}{2})$ mol + $\frac{3x}{8}$
 mol = $\frac{21x}{8}$ mol이고, 반감기가 3번 지난 $3t$ 일 때 B(g)의 양
 은 $(y + \frac{7x}{4})$ mol = $\frac{9x}{4}$ mol이다. 기체의 압력은 기체의 양
 (mol)에 비례하므로 $\frac{3t$ 일 때 B(g)의 부분 압력 $\frac{9x}{4}$
 $\frac{2t$ 일 때 혼합 기체의 전체 압력 $\frac{21x}{8}$
 = $\frac{6}{7}$ 이다.

15 1차 반응에서 기체의 전체 압력

I에서 $t \sim 2t$ 의 t 동안 전체 압력(상댓값)의 증가량($62 - 56 = 6$)은
 $0 \sim t$ 의 t 동안 전체 압력(상댓값)의 증가량($56 - 32 = 24$)의 $\frac{1}{4}$ 배
 이므로 A(g)의 양(mol)이 $\frac{1}{4}$ 배가 되는 데 걸리는 시간은 t 로

일정하며, t 는 반감기가 2번 지나는 시간이므로 이 반응의 반감기
 는 $\frac{t}{2}$ 이다.

✕. [A]는 t 일 때가 $2t$ 일 때의 4배이다. A(g)의 순간 반응 속도
 는 [A]에 비례하므로 t 일 때가 $2t$ 일 때의 4배이다.

⊙. I과 II에서 동일한 반응이 같은 온도에서 일어나므로 II
 에서의 반감기도 $\frac{t}{2}$ 이다. II에서 초기 상태 전체 기체의 양을
 $32n$ mol이라고 하면 t 일 때 전체 기체의 양은 $44n$ mol이며,
 $A(g) \rightarrow B(g) + C(g)$ 반응에서 반응한 A(g)의 양(mol)
 만큼 전체 기체의 양(mol)이 증가하므로 $0 \sim t$ 동안 반응한
 A(g)의 양은 $(44n - 32n)$ mol = $12n$ mol이며, 첫 번째 반감
 기를 거치는 $0 \sim \frac{t}{2}$ 동안 A(g) $8n$ mol이 반응하고, 두 번째 반
 감기를 거치는 $\frac{t}{2} \sim t$ 동안 A(g) $4n$ mol이 반응한 것이다. 따
 라서 II에서 초기 상태 A(g)와 B(g)의 양은 각각 $16n$ mol,
 $16n$ mol이며, t 일 때 A(g)~C(g)의 양은 각각 $4n$ mol,
 $28n$ mol (= $16n$ mol + $12n$ mol), $12n$ mol이고 B(g)의 몰
 분율은 $\frac{28n}{4n + 28n + 12n} = \frac{7}{11}$ 이다.

⊙. 초기 상태에서 I에는 A(g)만 $32n$ mol, II에는 A(g)와
 B(g)가 각각 $16n$ mol씩 들어 있으므로 초기 상태 [A]는 I에서
 가 II에서의 2배이다. 반감기가 4번 지난 $2t$ 일 때도 [A]는 I에서
 가 II에서의 2배이다.

16 활성화 에너지

$\Delta H < 0$ 인 발열 반응에서 역반응의 활성화 에너지는 정반응의 활
 성화 에너지보다 크다.

⊙. 생성물의 엔탈피가 반응물의 엔탈피보다 작으므로 $\Delta H < 0$ 인
 발열 반응이다.

✕. 정반응의 활성화 에너지 $4x$ kJ/mol은 역반응의 활성화 에너
 지 $9x$ kJ/mol보다 작다.

⊙. $\Delta H < 0$ 인 발열 반응의 경우 역반응의 활성화 에너지는 정반
 응의 활성화 에너지와 반응 엔탈피의 절댓값($|\Delta H|$)을 합한 값
 과 같다. $9x = 4x + 75$ 에서 $x = 15$ 이며, 역반응의 활성화 에너지
 는 135 kJ/mol이다.

08 반응 속도에 영향을 미치는 요인

수능 2점 테스트 본문 159~160쪽

01 ③ 02 ① 03 ④ 04 ② 05 ② 06 ④
 07 ③ 08 ⑤

01 정촉매의 작용

정촉매는 활성화 에너지를 감소시켜 반응 속도를 증가시키는 물질이다.

- Ⓐ. Z(s)는 반응 속도를 증가시키므로 정촉매로 작용한 것이다.
- ✗. 정촉매로 작용한 Z(s)는 $X(g) \rightarrow Y(g)$ 반응의 활성화 에너지를 감소시킨다.
- ㉠. 촉매를 사용해도 반응물과 생성물의 엔탈피는 달라지지 않으므로 반응 엔탈피(ΔH)는 변하지 않는다.

02 촉매와 반응 속도

정촉매는 반응 속도를 증가시키고, 부촉매는 반응 속도를 감소시킨다.

- ㉠. 반응물의 엔탈피보다 생성물의 엔탈피가 작으므로 $\Delta H < 0$ 인 발열 반응이다.
- ✗. 촉매를 넣지 않은 (가)에 비해 촉매를 넣은 (나)에서 반응 속도가 증가하였으므로 X(s)는 정촉매이다.
- ✗. X(s)는 정촉매로, X(s)를 넣었을 때가 넣지 않았을 때보다 활성화 에너지가 작으므로 활성화 에너지가 큰 ㉠이 (가)이고, 활성화 에너지가 작은 ㉡이 (나)이다.

03 온도와 반응 속도

A에 대한 1차 반응이므로 온도가 일정하면 반감기는 일정하다.

- ㉠. (가)에서 2t일 때 A(g)의 양(mol)은 초기 상태 A(g)의 양(mol)의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 A(g)의 반감기는 2t이다. (나)에서 4t일 때 A(g)의 양(mol)은 2t일 때 A(g)의 양(mol)의 $\frac{1}{4}$ 배로, 2t~4t의 2t 동안 반감기가 2번 지난 것이므로 A(g)의 반감기는 t이다. 반감기는 T_2 K에서 T_1 K에서보다 짧으므로 $T_2 > T_1$ 이다.
- ✗. 2t일 때 (가)와 (나)에서 [A]는 같지만, 온도가 달라서 반응 속도 상수가 다르므로 A(g)의 순간 반응 속도는 (가)와 (나)에서 같지 않다. A(g)의 반감기는 T_2 K에서 T_1 K에서보다 짧으므로 반응 속도 상수는 T_2 K에서 T_1 K에서보다 크다. 따라서 2t일 때 순간 반응 속도는 (나)에서 (가)에서보다 빠르다.
- ㉠. (가)에서 4t일 때는 초기 상태부터 반감기가 2번 지난 시점으

로, 반응한 A(g)의 양이 $\frac{3a}{4}$ mol이므로 생성된 B(g)의 양은 $\frac{3a}{2}$ mol이다. (나)에서 초기 상태 A(g)의 양은 2t일 때 A(g)의 양의 4배로 2a mol이며, 4t일 때 반응한 A(g)의 양은 $\frac{15a}{8}$ mol이므로 생성된 B(g)의 양은 $\frac{15a}{4}$ mol이다. 따라서 4t일 때 B(g)의 양(mol)은 (나)에서 (가)에서의 $\frac{\frac{15a}{4}}{\frac{3a}{2}} = \frac{5}{2}$ 배이다.

04 반응 속도에 영향을 미치는 요인

A(g)의 초기 농도는 II > I이고 초기 반응 속도는 II = I이므로 ㉠은 ㉡보다 반응 속도를 느리게 만드는 요인이다. A(g)의 초기 농도는 IV = I이고 초기 반응 속도는 IV > I이므로 ㉢은 ㉡보다 반응 속도를 빠르게 만드는 요인이다. 따라서 ㉠은 없음, ㉡은 부촉매, ㉢은 정촉매이다.

- ✗. ㉠은 없음이다.
- ✗. A(g)의 초기 농도가 같은 I과 III 중 부촉매를 넣은 III이 촉매를 넣지 않은 I보다 초기 반응 속도가 느리므로 $x < 1$ 이다.
- ㉠. 반응의 활성화 에너지는 부촉매를 넣은 III에서 정촉매를 넣은 IV에서보다 크다.

05 반응 속도에 영향을 미치는 요인

정촉매를 넣으면 넣지 않았을 때보다 반응 속도가 빠르고, 부촉매를 넣으면 넣지 않았을 때보다 반응 속도가 느리다.

- ✗. (가)와 (나)는 온도가 같으며, 초기 반응 속도는 ㉠을 넣은 (나)가 넣지 않은 (가)보다 빠르므로 ㉠은 정촉매이다. 따라서 ㉡은 부촉매이다.
- ✗. 온도가 같은 (다)와 (라) 중 촉매를 넣지 않은 (라)가 부촉매(㉢)를 넣은 (다)보다 초기 반응 속도가 빠르므로 $x > 2$ 이다.
- ㉠. 촉매를 넣지 않은 (가)와 (라) 중 초기 반응 속도가 빠른 (라)가 온도가 높으므로 $T_2 > T_1$ 이다.

06 온도와 반응 속도

(가)에서 0~2 min 동안 반응한 A(g)의 양을 m mol이라고 하면 t=2 min일 때 A(g)와 B(g)의 양은 각각 (4n-m) mol, 2m mol이고 $\frac{B \text{의 양(mol)}}{A \text{의 양(mol)}} = \frac{2m}{4n-m} = 2$ 에서 $m = 2n$ 이며, t=2 min일 때 A(g)의 양(2n mol)은 초기 상태 A(g)의 양(4n mol)의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 T_1 에서 A(g)의 반감기는 2 min이다. (나)에서 초기 상태 A(g)와 B(g)의 양을 각각 an mol, xan mol이라고 하면 $a + xa = 3$ 이며, T_2 에서 반감기가 1 min

이므로 $t=1$ min일 때 $A(g)$ 의 양은 $\frac{an}{2}$ mol, $B(g)$ 의 양은 $(xan+an)$ mol = $3n$ mol이고, $\frac{B\text{의 양(mol)}}{A\text{의 양(mol)}} = \frac{3n}{\frac{an}{2}}$

$= \frac{6}{a} = 6x$ 에서 $xa=1$ 이며, $a+xa=3$ 에서 $a=2$, $x=\frac{1}{2}$ 이다.

$t=2$ min일 때 (가)에서는 반감기가 1번 지난 시점으로 $A(g) \sim C(g)$ 의 양은 각각 $2n$ mol, $4n$ mol, n mol이고, 전체 기체의 양은 $7n$ mol이며, (나)에서는 반감기가 2번 지난 시점으로

$A(g) \sim C(g)$ 의 양은 $\frac{n}{2}$ mol, $(n+3n)$ mol = $4n$ mol, $\frac{3n}{4}$ mol이고, 전체 기체의 양은 $\frac{21n}{4}$ mol이다. 따라서 $t=2$ min

일 때 $\frac{(가)에서\ 전체\ 기체\ 의\ 양(mol)}{(나)에서\ 전체\ 기체\ 의\ 양(mol)} \times x = \frac{7n}{\frac{21n}{4}} \times \frac{1}{2} = \frac{2}{3}$ 이다.

07 온도와 반응 속도

(가)에서 $t \sim 3t$ 의 $2t$ 동안 $[A]$ 가 xM 에서 $\frac{x}{8}M$ 로 $\frac{1}{8}$ 배가 되므로

(가)에서 $A(g)$ 의 반감기는 $\frac{2t}{3}$ 이며, 초기 상태 $[A]$ 는 $2t$ 일 때

$[A]$ 의 8배인 $4M$ 이다. (나)에서 초기 상태 $[A]$ 는 (가)에서와 같은 $4M$ 이며, t 일 때 $[A]$ 는 $2M$ 로 초기 상태 $[A]$ 의 $\frac{1}{2}$ 배이므로

(나)에서 $A(g)$ 의 반감기는 t 이다.

㉠ (나)에서 반감기는 t 이므로 $y = \frac{1}{2}$ 이다.

㉡ $A(g)$ 의 반감기는 T_1 에서 $\frac{2t}{3}$, T_2 에서 t 로 T_1 에서 T_2 에서보다 짧다.

㉢ 초기 상태 $[A]$ 는 (가)와 (나)에서 $4M$ 로 같고, $2t$ 일 때 $[A]$ 는

(가)와 (나)에서 각각 $\frac{1}{2}M$, $1M$ 이다. $2t$ 일 때, (가)에서 $[B] =$

$\frac{7}{2}M$, (나)에서 $[C] = \frac{3}{2}M$ 이며, (가)와 (나)의 부피가 같으므로

$\frac{(가)에서\ B(g)\ 의\ 양(mol)}{(나)에서\ C(g)\ 의\ 양(mol)} = \frac{(가)에서\ [B]}{(나)에서\ [C]} = \frac{7}{3}$ 이다.

08 촉매와 반응 속도

반응이 일어나도 $[He]$ 는 일정하며, 반응이 일어남에 따라 $[A]$ 의 감소량의 2배에 해당하는 $[B]$ 의 증가량이 있으므로 전체 농도 $([A]+[B]+[He])$ 는 $[A]$ 의 감소량만큼 증가한다.

㉠ 10 min일 때 $[B]$ 가 초기 상태 $[A]$ 와 같으므로 0~10 min 동안 반응한 $A(g)$ 의 양(mol)은 초기 상태 $A(g)$ 의 양(mol)의 $\frac{1}{2}$ 배로, 이 반응의 반감기는 10 min이다. 0~20 min 동안

$([A]+[B]+[He])$ 의 증가량은 $\frac{29}{4}M - 5M = \frac{9}{4}M$ 로, 첫 번째 반감기인 0~10 min 동안 $\frac{6}{4}M$ 증가하고, 두 번째 반감기인

10~20 min 동안 $\frac{3}{4}M$ 증가한 것이므로 $a = 5 + \frac{6}{4} = \frac{13}{2}$ 이다.

㉢ 0~10 min 동안 $[A]$ 의 감소량(전체 농도의 증가량)은 $\frac{3}{2}M$

이므로 초기 상태에서 $[A]=3M$, $[He]=2M$ 이다. 반감기가 2번 지난 20 min일 때 $[He]$, $[A]$, $[B]$ 는 각각 $2M$, $\frac{3}{4}M$, $\frac{9}{2}M$ 이

므로 $He(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{2}{2+\frac{3}{4}+\frac{9}{2}} = \frac{8}{29}$ 이다.

㉣ 정촉매 $X(s)$ 를 넣지 않았다면 반감기가 3번 지난 30 min 일 때 $A(g)$ 의 질량은 $\frac{\text{초기 상태 } A(g)\text{의 질량}}{8}$, $B(g)$ 의 질량은

$\frac{7 \times \text{초기 상태 } A(g)\text{의 질량}}{8}$ 이며, $\frac{B(g)\text{의 질량}}{A(g)\text{의 질량}} = 7$ 이다. 정촉

매를 넣어 반응이 빨라지면 남아 있는 $A(g)$ 의 질량은 더 작고,

생성된 $B(g)$ 의 질량은 더 크므로 $\frac{B(g)\text{의 질량}}{A(g)\text{의 질량}} > 7$ 이다.

수능 3점 테스트

본문 161~164쪽

01 ㉠ 02 ㉠ 03 ㉠ 04 ㉠ 05 ㉣ 06 ㉠
07 ㉡ 08 ㉠

01 반응 속도에 영향을 미치는 요인

$CaCO_3(s)$ 이 고운 가루일 때가 굵은 알갱이일 때보다 표면적이 넓다.

㉡ ㉠은 CO_2 이다.

㉢ 온도가 높아지면 반응 속도가 빨라지므로 초기 반응 속도는 II에서가 I에서보다 빠르다.

㉣ $HCl(aq)$ 의 농도와 온도는 같고, $CaCO_3(s)$ 의 표면적만 달리하여 반응시킨 실험 II와 III을 비교하면 고체 반응물의 표면적이 반응 속도에 미치는 영향을 파악할 수 있다.

02 반응 속도에 영향을 미치는 요인

온도와 반응물의 초기 농도가 같은 경우 정촉매를 넣으면 촉매를 넣지 않을 때보다 초기 반응 속도가 빠르다.

㉠ 반응 속도 상수 k 는 I과 III에서 같고, $A(g)$ 의 초기 농도는 III에서가 I에서의 2배이므로 초기 반응 속도는 III에서가 I에서의 2배이다. 따라서 $b=10$ 이다.

㉡ 온도와 $A(g)$ 의 초기 농도가 같은 I과 II 중 촉매를 넣지 않은 I보다 ㉠을 넣은 II에서 초기 반응 속도가 빠르므로 ㉠은 정촉매이다.

㉢ $A(g)$ 의 초기 농도가 같은 III과 IV 중 부촉매(㉡)를 넣은 IV가 촉매를 넣지 않은 III보다 초기 반응 속도가 빠르므로 IV의 온도는 III의 온도보다 높다. 따라서 $T_2 > T_1$ 이다.

03 농도와 반응 속도

초기 반응 속도는 초기 상태 [A]에 비례하므로 초기 상태 [A]

$$\text{의 비는 (가) : (나) : (다)} = \frac{5 \times \frac{4}{5}}{4} : \frac{n \times \frac{5}{6}}{2} : \frac{12 \times \frac{1}{3}}{V}$$

$$= 1 : \frac{5n}{12} : \frac{4}{V} = 12 : 15 : 8 \text{에서 } n=3, V=6 \text{이다.}$$

✗. $n=3$ 이다.

✗. $V=6$ 이다.

Ⓒ. (가)에서 초기 상태 A(g)와 B(g)의 양은 각각 4 mol, 1 mol이므로 반감기가 1번 지난 t 일 때 A(g)~C(g)의 양은 각각 2 mol, 3 mol(=1 mol+2 mol), 1 mol이며, B(g)의 몰 분율은 $\frac{3}{2+3+1} = \frac{1}{2}$ 이다.

04 촉매와 활성화 에너지

촉매 X(s)를 넣은 (나)에서가 촉매를 넣지 않은 (가)에서보다 활성화 에너지가 크므로 X(s)는 부촉매이다.

✗. 생성물의 엔탈피가 반응물의 엔탈피보다 크므로 $\Delta H > 0$ 이다.

Ⓒ. 흡열 반응에서 정반응의 활성화 에너지가 역반응의 활성화 에너지보다 크므로 $b < 1$ 이다.

✗. ①에서가 ②에서보다 활성화 에너지가 크므로 ①은 부촉매 X(s)를 넣은 (나)이다.

05 온도와 반응 속도

I과 II에서 초기 상태 [A]는 1 M로 같다. 반응에서 [B]의 증가량은 [A]의 감소량과 같고, [C]의 증가량은 $\frac{[A] \text{의 감소량}}{2}$

과 같으므로 ([B]+[C])의 증가량은 $\frac{3 \times [A] \text{의 감소량}}{2}$ 으로,

([B]+[C])의 증가량과 [A]의 감소량은 서로 비례한다.

✗. I에서 $t \sim 3t$ 동안 ([B]+[C])의 증가량 $\left(\frac{7x}{4} \text{ M} - x \text{ M} = \frac{3x}{4} \text{ M}\right)$ 은 $0 \sim t$ 동안 ([B]+[C])의 증가량($x \text{ M}$)의 $\frac{3}{4}$ ($=\frac{1}{2} + \frac{1}{4}$)

배로, $t \sim 2t$ 동안 ([B]+[C])의 증가량은 $\frac{x}{2}$ M이고, $2t \sim 3t$ 동안

([B]+[C])의 증가량은 $\frac{x}{4}$ M이다. 따라서 [A]가 $\frac{1}{2}$ 배가 되는 데

걸리는 시간은 t 로 일정하며, T_1 에서 A(g)의 반감기는 t 이다.

I에서 t 일 때 [A]~[C]는 각각 $\frac{1}{2}$ M, $\frac{1}{2}$ M, $\frac{1}{4}$ M이고, $x =$

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{4} = \frac{3}{4} \text{이다.}$$

Ⓒ. I에서 t 일 때와 II에서 $2t$ 일 때 ([B]+[C])가 같으므로 II에서 $2t$ 일 때 [A]는 $\frac{1}{2}$ M이다. 따라서 T_2 에서 A(g)의 반감기는 $2t$

이며, T_2 에서 A(g)의 반감기 $= \frac{2t}{t} = 2$ 이다.

Ⓒ. I에서 반감기가 3번 지난 $3t$ 일 때 [A]는 $\frac{1}{8}$ M, [C]는 $\frac{1}{2} \times \left(1 - \frac{1}{8}\right) \text{ M} = \frac{7}{16} \text{ M}$ 이며, II에서 반감기가 2번 지난 $4t$ 일 때

[A]는 $\frac{1}{4}$ M이다. 따라서 II에서 $4t$ 일 때 [A] $= \frac{1}{4}$ M, I에서 $3t$ 일 때 [C] $= \frac{7}{16} \text{ M}$ 이다.

06 온도와 반응 속도

전체 질량이 일정하므로 (B(g)의 질량+C(g)의 질량)의 증가량은 A(g)의 질량의 감소량과 같다. A(g)의 반감기가 t 인 (가)에서 $t \sim 2t$ 동안 (B(g)의 질량+C(g)의 질량)의 증가량 $\left(\frac{127}{2} \text{ g} - 50 \text{ g} = \frac{27}{2} \text{ g}\right)$ 은 $0 \sim t$ 동안 (B(g)의 질량+C(g)의

질량)의 증가량의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 (가)에서 $0 \sim t$ 동안 (B(g)의 질량+C(g)의 질량)의 증가량은 27 g 이고, 초기 상태 (B(g)의 질량+C(g)의 질량)은 $23 \text{ g}(=50 \text{ g} - 27 \text{ g})$ 이다.

(가)에서 초기 상태 A(g)와 B(g)의 질량은 각각 $54 \text{ g}(=77 \text{ g} - 23 \text{ g})$, 23 g 이고, A(g)와 B(g)의 양(mol)이 같으므로 A와 B의 분자량비는 질량비와 같은 $54 : 23$ 이며, $2A(g) \rightarrow 4B(g) + C(g)$ 에서 ($2 \times A$ 의 분자량 $= 4 \times B$ 의 분자량 + C의 분자량)이므로 A~C의 분자량비는 $A : B : C = 54 : 23 : 16$ 이다.

(나)에서 초기 상태 A(g)의 질량은 $18w \text{ g}(=22w \text{ g} - 4w \text{ g})$ 이고, t 일 때 A(g)의 질량은 $\frac{9w}{2} \text{ g}(=22w \text{ g} - \frac{35w}{2} \text{ g})$ 이

다. A(g)의 질량은 t 일 때가 초기 상태의 $\frac{1}{4}$ 배이므로 t 는 반감기가 2번 지나는 시간이며, (나)에서 A(g)의 반감기는 $\frac{t}{2}$ 이다.

(나)에서 초기 상태 A(g)와 C(g)의 질량이 각각 $18w \text{ g}$, $4w \text{ g}$ 이므로 A(g)와 C(g)의 몰비는 $\frac{18w}{54} : \frac{4w}{16} = 4 : 3$ 이며, 초기

상태 A(g)와 C(g)의 양을 각각 $4m \text{ mol}$, $3m \text{ mol}$ 이라고 하면 반감기가 2번 지난 t 일 때 A(g)~C(g)의 양은 각각 $m \text{ mol}$, $6m \text{ mol}$, $\left(3m + \frac{3m}{2}\right) \text{ mol} = \frac{9m}{2} \text{ mol}$ 이고, C(g)의 몰 분율

$$= \frac{\frac{9m}{2}}{m + 6m + \frac{9m}{2}} = \frac{9}{23} \text{이다.}$$

07 온도와 반응 속도

순간 반응 속도는 시간·농도 그래프에서 특정 시간에서의 접선의 기울기(절댓값)에 해당한다.

✗. t 일 때 반응물의 농도가 ①에서는 초기 농도의 $\frac{1}{4}$ 배이고, ②

에서는 초기 농도의 $\frac{1}{2}$ 배이다. 따라서 A(g)의 반감기는 ㉠과 ㉡

에서 각각 $\frac{t}{2}$, t이다.

㉢, t일 때 ㉠과 ㉡에서 [A]가 같고, 순간 반응 속도가 ㉠>㉡이므로 반응 속도 상수는 ㉠>㉡이다. 따라서 ㉠은 온도 T_2 의 (나)이고, ㉡은 온도 T_1 의 (가)이며, (가)(㉡)와 (나)(㉠)의 초기 농도가

각각 0.6 M, 1.2 M이므로 $\frac{n}{V_1} : \frac{n}{V_2} = 1 : 2$ 에서 $\frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{4}$ 이다.

㉢, 2t일 때, (가)(㉡)에서 [B]는 0.9 M, (나)(㉠)에서 [A]는 $\frac{0.3}{4}$ M이므로 $\frac{(나)에서 [A]}{(가)에서 [B]} = \frac{1}{12}$ 이다.

08 온도와 반응 속도

(가)에서 2t일 때 A(g)의 양(3 mol)은 t일 때 A(g)의 양(6 mol)의 $\frac{1}{2}$ 배이므로 T_1 K에서 A(g)의 반감기는 t이며, 초기 상태 A(g)의 양은 12 mol이다. (나)에서 초기 상태 A(g)의 양은 18 mol이고, 2t일 때 A(g)의 양은 12 mol이므로 T_2 K일 때 A(g)의 반감기는 2t보다 길다.

✕. $\frac{T_2 \text{ K에서 A(g)의 반감기}}{T_1 \text{ K에서 A(g)의 반감기}} > 2$ 이다.

✕. 2t일 때 B(g)의 양은 (가)에서 $2 \times (12 - 3) \text{ mol} = 18 \text{ mol}$, (나)에서 $2 \times (18 - 12) \text{ mol} = 12 \text{ mol}$ 이며, (가)와 (나)에서 [B]가 같으므로 $\frac{18}{V_1} = \frac{12}{V_2}$ 에서 $\frac{V_1}{V_2} = \frac{3}{2}$ 이다.

㉢, 2t일 때 (나)에서 A(g)의 양은 12 mol이고, 3t일 때 (가)에서 B(g)의 양은 $2 \times \left(12 - \frac{3}{2}\right) \text{ mol} = 21 \text{ mol}$ 이며, $PV = nRT$

이므로 $\frac{3t \text{일 때 (가)에서 B(g)의 부분 압력}}{2t \text{일 때 (나)에서 A(g)의 부분 압력}} = \frac{\frac{21T_1}{V_1}}{\frac{12T_2}{V_2}} = \frac{7T_1}{6T_2}$

$= \frac{4}{3}$ 에서 $\frac{T_1}{T_2} = \frac{8}{7}$ 이다.

09 전기 화학과 이용

수능 2점 테스트

본문 176~178쪽

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

01 수소 연료 전지와 자동차

수소 연료 전지 자동차에는 수소 연료 전지가 장착되어 있다.

㉠. 수소 연료 전지는 수소(H_2)가 산화될 때 발생하는 에너지를 전기 에너지로 전환하는 장치이다.

✕. 수소 연료 전지에서 수소는 연소하지 않는다.

㉢. 수소가 산화되면 최종 생성물은 물(H_2O)이므로 수소 연료 전지를 이용하는 자동차는 친환경적이다.

02 금속의 이온화 경향

㉠. B의 표면에서 산화 환원 반응이 일어난다. 즉 B는 전자를 잃고 양이온이 되고, H^+ 이 전자를 얻어 H_2 가 된다. 따라서 수용액의 H^+ 의 양(mol)이 감소하고 수용액의 pH는 증가한다.

㉢. 1 M $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 에 금속 A와 B를 넣었을 때 B의 표면에서 만 기체(H_2)가 발생하였으므로, 이온화 경향은 $\text{B} > \text{H}_2 > \text{A}$ 이고, 금속의 이온화 경향은 $\text{B} > \text{A}$ 이다.

✕. 금속의 이온화 경향은 $\text{B} > \text{A}$ 이므로 $\text{BSO}_4(aq)$ 에 A를 넣어도 산화 환원 반응이 일어나지 않는다.

03 화학 전지

㉠. 화학 전지는 산화 환원 반응이 일어날 때 이동하는 전자가 도선을 따라 흐르게 하는 장치이다.

㉢. 수소 연료 전지는 수소가 산화될 때 이동하는 전자의 이동을 이용하는 장치이므로 화학 전지이다.

✕. 화학 전지는 화학 에너지를 전기 에너지로 전환하는 장치이다.

04 화학 전지

$\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 에 금속 A와 B를 넣었을 때 A의 표면에서만 기체(H_2)가 발생하였으므로, 이온화 경향은 $\text{A} > \text{H}_2 > \text{B}$ 이고, 금속의 이온화 경향은 $\text{A} > \text{B}$ 이다. $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 에 금속 A와 C를 넣고 도선으로 연결했을 때 A(s) 표면에서는 기포가 발생하고 C(s)의 질량이 감소하므로 금속의 이온화 경향은 $\text{C} > \text{A}$ 이다. 따라서 금속 A~C의 이온화 경향은 $\text{C} > \text{A} > \text{B}$ 이다.

05 화학 전지

㉠. 전자의 이동 방향은 ㉠이므로 B는 (-)극이고 A는 (+)극이다.

㉠. B는 산화되어 B²⁺으로, A⁺은 환원되어 A로 된다. 이를 화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.



따라서 전지 반응이 진행되는 동안 A⁺의 양(mol)과 B²⁺의 양(mol)의 합은 감소한다.

㉡. 금속의 이온화 경향은 B > A이므로 A⁺(aq)에 B(s)를 넣으면 A(s)가 석출된다.

06 화학 전지

㉠. 금속의 이온화 경향은 A > B이므로 전자의 이동 방향은 ㉠이다.

㉡. B 전극에서 환원 반응이 일어난다. 즉, B²⁺이 전자를 얻어 B로 석출되므로 B 전극의 질량이 증가한다.

㉢. 전지 반응이 진행되는 동안 전하의 불균형을 해소하기 위해 염다리 속 양이온은 환원 반응이 일어나는 B 전극 쪽으로 이동하고 음이온은 산화 반응이 일어나는 A 전극 쪽으로 이동한다.

07 화학 전지

H₂SO₄(aq)에 금속 A와 B를 넣었을 때 A의 표면에서만 기체(H₂)가 발생하였으므로, 금속의 이온화 경향은 A > B이다.

㉠. A의 표면에서 산화 환원 반응이 일어난다. 즉, A는 전자를 잃고 양이온이 되고, H⁺이 전자를 얻어 H₂가 된다. 따라서 수용액의 H⁺의 양(mol)이 감소하고 수용액의 pH는 증가한다.

㉡. H₂SO₄(aq)에 금속 ㉠과 ㉡을 넣고 도선으로 연결했을 때 ㉠ 표면에서 기포가 발생하고 ㉡의 질량이 감소하므로 금속의 이온화 경향은 ㉡ > ㉠이다. 따라서 ㉠은 B, ㉡은 A이다.

㉢. (나)에서 ㉡(A) 전극에서 산화 반응이 일어나므로 ㉡ 전극은 (-)극이다.

08 수소 연료 전지

수소 연료 전지는 2개의 전극과 분리막, 전해질로 이루어져 있다. H₂가 공급되는 (-)극(연료극)에서 H₂가 전자를 잃고 산화하며, 전자는 도선을 따라 이동하고 H⁺은 전해질을 따라 (+)극(공기극)으로 이동한다. O₂가 공급되는 (+)극(공기극)에서 H⁺과 전자와 O₂가 반응하여 물(H₂O)이 생성된다. 따라서 ㉠~㉢은 각각 H₂, H⁺, O₂이다.

09 물의 광분해

빛에너지를 이용하여 물을 분해하여 수소를 얻는 방법을 물의 광분해라고 한다.

10 물의 전기 분해

㉠. 순수한 물은 전류가 흐르지 않으므로 물을 전기 분해할 때 전해질로 Na₂SO₄, KNO₃과 같은 전해질을 넣어 준다.

㉡. 물을 전기 분해할 때 (+)극에서는 O₂(g)가, (-)극에서는

H₂(g)가 발생한다. 따라서 A(g)는 H₂(g)이고 B(g)는 O₂(g)이며, 발생하는 A(g)와 B(g)의 몰비는 2 : 1이다.

㉢. A는 H₂이고 B는 O₂이다. H₂가 H₂O이 될 때, H₂는 산화된다.

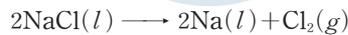
11 NaCl(l)의 전기 분해

NaCl(l)에서 Na⁺과 Cl⁻은 이동할 수 있다.

㉠. 전극 ㉠은 (-)극으로, Na⁺이 전극 ㉠ 쪽으로 이동하여 전자를 얻어 Na(l)이 된다. 즉 전극 ㉠에서 환원 반응이 일어난다.

㉡. 전극 ㉡은 (+)극이다. Cl⁻이 전극 ㉡ 쪽으로 이동하여 전자를 잃고 Cl₂(g)가 된다.

㉢. NaCl(l)의 전기 분해를 전체 반응식으로 나타내면 다음과 같다.



따라서 각 전극에서 생성되는 물질의 몰비는 ㉠ : ㉡ = 2 : 1이다.

12 금속의 도금

장치에서 Cu는 산화되어 Cu²⁺이 되고 A의 표면에서 Cu²⁺이 환원되어 Cu로 되면서 A의 표면이 Cu로 도금된다.

㉠. ㉠에서 Cu²⁺이 Cu로 환원되는 반응이 일어나므로 ㉠은 (-)극이다.

㉡. Cu는 Cu²⁺으로 산화되므로 Cu 전극의 질량이 감소한다.

㉢. Cu는 Cu²⁺으로 산화되는 만큼 수용액 속 Cu²⁺이 A의 표면에서 Cu로 환원되므로 수용액 속 Cu²⁺의 양(mol)은 일정하다.

수능 3점 테스트

분문 179~184쪽

01 ㉢	02 ㉣	03 ㉢	04 ㉤	05 ㉤	06 ㉣
07 ㉡	08 ㉡	09 ㉣	10 ㉣	11 ㉠	12 ㉤

01 화학 전지

㉠. 반응이 진행되는 동안 A(s)의 질량이 감소하였으므로 A(s)가 산화한 것이다. 따라서 전자의 이동 방향은 ㉠이다.

㉡. 금속의 이온화 경향은 A > B이고, 환원되기 쉬운 경향은 B⁺ > A²⁺이다.

㉢. 화학 전지에서 일어나는 전체 반응은 다음과 같으므로 반응이 진행되는 동안 A²⁺의 양(mol)과 B⁺의 양(mol)의 합은 감소한다.



02 물의 전기 분해

물을 전기 분해하려면 전해질의 양이온이 $H_2O(l)$ 보다 환원되기 어려워 $H_2O(l)$ 이 환원되어야 하고, 전해질의 음이온이 $H_2O(l)$ 보다 산화되기 어려워 $H_2O(l)$ 이 산화되어야 한다.

✕. 수용액에서 양이온과 $H_2O(l)$ 중 환원되기 쉬운 물질이 환원되므로 ㉠으로 '환원'이 적절하다.

㉠. 수용액에서 양이온이 $H_2O(l)$ 보다 환원되는 경향이 크다면, 환원이 일어나는 극인 (-)극에서 양이온이 환원된다.

㉡. 수용액에서 양이온이 $H_2O(l)$ 보다 환원되는 경향이 크다면, 환원이 일어나는 극인 (-)극에서 양이온이 전자를 얻을(환원될) 것이므로, $H_2O(l)$ 을 전기 분해할 경우 (-)극에서 얻게 될 H_2 가 발생하지 않게 된다.

03 금속의 이온화 경향

㉠. $H_2SO_4(aq)$ 에 넣은 금속이 산화되면서 내놓는 전자를 H^+ 이 받아 H_2 가 된다.

㉡. $H_2SO_4(aq)$ 에 넣은 금속 C의 표면에서는 H_2 가 발생하고 금속 B의 표면에서는 H_2 가 발생하지 않으므로 금속의 이온화 경향은 $C > B$ 이다.

✕. (나)에서 금속 A의 표면에서 기포가 발생한 것은 수용액의 H^+ 이 도선을 따라 이동한 전자를 받아 환원되어 H_2 가 되었기 때문이다. ㉠에서는 산화 반응이 일어나므로 ㉠은 이온화 경향이 A보다 크다. 그런데 B는 A보다 이온화 경향이 작으므로 ㉠은 B가 아닌 C이다.

04 수소 연료 전지

㉠. 수소 연료 전지는 화학 에너지를 전기 에너지로 전환하는 장치이다. 수소 연료 전지에서 일어나는 전체 화학 반응식은 $2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(l)$ 이다. 이 반응은 발열 반응이므로 반응 엔탈피는 0보다 작다($a < 0$).

㉡. 수소 연료 전지에서 H_2 가 공급되는 (-)극(연료극)에서 H_2 가 전자를 잃고 산화하고, 전자는 도선을 따라 이동한다. ㉠이 들어가는 전극에서 전자가 나오므로 ㉠은 H_2 이다.

㉢. 수소 연료 전지에서 일어나는 반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 0보다 작다. 수소 연료 전지는 화학 에너지를 전기 에너지로 전환하는 장치이다.

05 화학 전지

㉠. 오렌지에 금속과 도선을 이용하여 화학 전지를 만들 수 있으므로 오렌지 과즙이 전해질임을 알 수 있다. 따라서 오렌지 과즙에 이온이 있다.

㉡. 이온화 경향이 $Zn > Cu$ 이므로 Zn은 산화하여 Zn^{2+} 이 된다. 따라서 Zn판의 질량이 감소한다.

㉢. 이온화 경향이 $Zn > Cu$ 이므로 Zn과 Cu를 전극으로 사용한

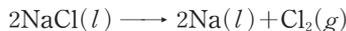
화학 전지에서 Zn판은 산화가 일어나는 (-)극이고 Cu판은 환원이 일어나는 (+)극이다.

06 화학 전지

$NaCl(l)$ 과 $CuCl_2(aq)$ 을 전기 분해했을 때 각 전극에서 생성된 물질은 다음과 같다.

물질	$NaCl(l)$	$CuCl_2(aq)$
(+)극에서 생성된 물질	Cl_2	Cl_2
(-)극에서 생성된 물질	Na	Cu

㉠. $CuCl_2(aq)$ 과 $NaCl(l)$ 을 전기 분해할 때의 전체 화학 반응식은 각각 다음과 같다.



(가)에서 ㉠의 양(mol)은 ㉡의 양(mol)과 같으므로 (가)는 $CuCl_2(aq)$ 이고, ㉡은 $Cu(s)$ 이다.

✕. (나)는 $NaCl(l)$ 이다. ㉠($Cl_2(g)$)의 양(mol)은 ㉡($Na(l)$)의 양(mol)의 $\frac{1}{2}$ 배이다.

㉢. $CuCl_2(aq)$ 을 전기 분해했을 때 (+)극에서 생성된 물질이 Cl_2 이므로 $Cl^-(aq)$ 이 $H_2O(l)$ 보다 산화되기 쉬움을 알 수 있다.

07 물의 전기 분해와 광분해

물의 전기 분해는 물에 전류를 흘려 물을 분해하는 것이고, 물의 광분해는 빛에너지를 이용하여 물을 분해하는 것이다.

✕. 물의 분해 반응은 흡열 반응이므로 외부에서 에너지를 공급해 주어야 일어난다.

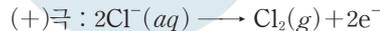
㉠. 광촉매 전극은 빛에너지를 흡수하여 물을 분해하며 물의 광분해에 사용된다.

✕. (가)의 (+)극에서는 산소(O_2)가 생성되고, (나)의 전극 ㉠에서는 수소(H_2)가 생성된다.

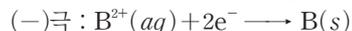
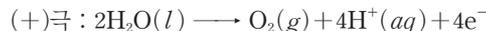
08 전기 분해

전기 분해할 때 (-)극에서 환원 반응이, (+)극에서 산화 반응이 일어난다. ㉠~㉢의 반응을 산화 반응과 환원 반응으로 구분하면 (가)와 (나)의 전극에서 일어나는 반응은 다음과 같다.

• (가)의 전기 분해에서 일어나는 반응



• (나)의 전기 분해에서 일어나는 반응



✕. (가)에서 $Cl_2(g)$ 와 $H_2(g)$ 가 생성된다.

✕. ㉠과 ㉢에서 $B(s)$ 와 $O_2(g)$ 가 각각 생성된다. 전기 분해될

때 이동한 전자의 양(mol)이 같으므로, 생성되는 금속 또는 기체의 양(mol)은 $\ominus(B(s))$ 에서 $\ominus(O_2(g))$ 에서의 2배이다.

㉠. (가)에서 $A^+(aq)$ 이 환원되지 않고, (나)에서 $SO_4^{2-}(aq)$ 이 산화되지 않으므로, 물을 전기 분해할 때 전해질로 A_2SO_4 를 사용할 수 있다. 즉, $A_2SO_4(aq)$ 을 전기 분해하면 (-)극에서는 $H_2(g)$ 가, (+)극에서는 $O_2(g)$ 가 생성된다.

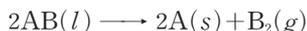
09 이온 결합 물질의 전기 분해

$AB(l)$ 를 전기 분해하여 $A(s)$ 와 $B_2(g)$ 를 얻었으므로 AB 는 이온 결합 물질이다. 액체 상태의 이온 결합 물질을 전기 분해하면 (+)극에서는 음이온이 산화되고, (-)극에서는 양이온이 환원된다.

✕. 전극 ㉠은 (-)극이므로 환원 반응이 일어난다. 즉 양이온이 환원되어 $A(s)$ 가 생성된다.

㉡. 전극 ㉡은 (+)극이므로 산화 반응이 일어난다.

㉢. $AB(l)$ 의 전기 분해를 화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.



생성된 물질의 질량비가 $A(s) : B_2(g) = x : y$ 이고, 생성된 물질의 몰비가 $A(s) : B_2(g) = 2 : 1$ 이므로, 원자량비는 $A : B = x : y$ 이다.

10 화학 전지

전지 반응이 진행되는 동안 수용액 속 A^{2+} , B^{b+} , C^+ , D^{2+} 의 전체 양(mol)이 감소하였으므로 이온의 전하가 작은 C^+ 이 환원되었음을 알 수 있다. 따라서 C 전극에서는 환원 반응이, D 전극에서는 산화 반응이 일어나며, D 전극과 연결된 A 전극에서는 환원 반응이, B 전극에서는 산화 반응이 일어난다.

✕. 전지 반응이 진행되는 동안 수용액 속 전체 양이온의 수가 감소하였으므로 이온의 전하가 작은 C^+ 이 환원된 것이다. 이때 $B(s)$ 가 B^{b+} 으로 산화하는데, 만약 $b=1$ 이면 수용액 속 전체 양이온의 수가 일정하게 유지되므로 $b \neq 1$ 이다.

㉠. C 전극에서는 환원 반응이, D 전극에서는 산화 반응이 일어나므로 환원되기 쉬운 경향은 $C^+(aq) > D^{2+}(aq)$ 이다.

㉡. A 전극에서는 환원 반응이, D 전극에서는 산화 반응이 일어나므로 전지 반응이 진행되는 동안 $\frac{[D^{2+}]}{[A^{2+}]}$ 가 증가한다.

11 화학 전지와 전기 도금

㉠. 화학 전지에서 이온화 경향이 큰 금속이 산화하고 이때 내놓는 전자는 도선을 따라 이동하므로 이온화 경향은 $Y > X$ 이다. 따라서 환원되기 쉬운 경향은 $X^{2+}(aq) > Y^{2+}(aq)$ 이다.

✕. (나)에서 Y의 표면에서 X^{2+} 이 환원되어 X가 되므로 Y 전극은 환원 반응이 일어나는 (-)극이다.

✕. (나)에서 (+)극인 X 전극에서는 X가 산화되어 X^{2+} 으로 되

고, (-)극인 Y 전극에서 X^{2+} 이 환원되어 X로 되므로, 수용액의 $[X^{2+}]$ 는 일정하다.

12 금속의 반응성과 화학 전지

㉠. A^+ 과 B^{2+} 이 들어 있는 수용액에 금속 C를 넣었을 때 반응한 C의 질량(g)이 w 일 때까지는 금속 이온의 양(mol)이 일정하고, 반응한 C의 질량(g)이 w 에서 $2w$ 인 구간에서 금속 이온의 양(mol)이 $3N$ 에서 $2N$ 으로 감소하므로 C 이온은 C^{2+} 이다.

㉡. A^+ 과 B^{2+} 이 들어 있는 수용액에 금속 C를 넣었을 때 C가 B^{2+} 과 먼저 반응하고 이후에 A^+ 과 반응하므로, 환원되기 쉬운 경향은 $B^{2+} > A^+ > C^{2+}$ 이다. 따라서 금속의 이온화 경향은 $A > B$ 이고, (나)의 B 전극에서 H^+ 이 환원되어 H_2 가 발생한다.

㉢. (나)의 A 전극에서 A가 산화되어 A^+ 으로 되고, B 전극에서 H^+ 이 환원되어 H_2 가 발생하며 이를 화학 반응식으로 나타내면 다음과 같다.



따라서 수용액 속 모든 양이온의 양(mol)은 일정하다.

01 기체

수능 2점 테스트 본문 11~13쪽

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

수능 3점 테스트 본문 14~20쪽

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

02 액체와 고체

수능 2점 테스트 본문 34~36쪽

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

수능 3점 테스트 본문 37~43쪽

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

03 용액

수능 2점 테스트 본문 55~58쪽

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

수능 3점 테스트 본문 59~66쪽

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

04 반응 엔탈피

수능 2점 테스트 본문 77~79쪽

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

수능 3점 테스트 본문 80~85쪽

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

05 화학 평형과 평형 이동

수능 2점 테스트 본문 97~101쪽

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

수능 3점 테스트 본문 102~111쪽

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

06 산 염기 평형

수능 2점 테스트 본문 122~124쪽

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

수능 3점 테스트 본문 125~130쪽

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

08 반응 속도에 영향을 미치는 요인

수능 2점 테스트 본문 159~160쪽

01 ③ 02 ① 03 ④ 04 ② 05 ② 06 ④
07 ③ 08 ⑤

수능 3점 테스트 본문 161~164쪽

01 ② 02 ① 03 ② 04 ② 05 ④ 06 ②
07 ⑤ 08 ②

07 반응 속도

수능 2점 테스트 본문 139~142쪽

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

수능 3점 테스트 본문 143~150쪽

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

09 전기 화학과 이용

수능 2점 테스트 본문 176~178쪽

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

수능 3점 테스트 본문 179~184쪽

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

memo



내신 중점 ★ 고1~2 권장

구분	고교 입문	기초	기본 + 연습	특화		
국어	고등 예비 과정	윤해정의 개념의 나비효과 입문 편 + 워크북	기본서 올림포스 유형서 올림포스 유형편	국어의 원리 Grammar POWER Reading POWER Listening POWER Voca POWER 고급 올림포스 고급영어독해 고급 올림포스 고난도 수학의 왕도		
영어		어휘가 독해대! 수능 국어 어휘			올림포스 전국연합 학력평가 기출문제집	
수학		정승익의 수능 개념 잡는 대박구문				고등학생을 위한 다담은 한국사 연표 인공지능 수학과 함께하는 고교 AI 입문 수학과 함께하는 AI 기초
한국사 사회		주혜연의 해석공식 논리 구조편				
과학		기초 50일 수학 + 기출 워크북 매쓰 디렉터의 고1 수학 개념 끝장내기				
과학	50일 통합과학	기본서 개념완성 개념완성 문항편	개념완성 전국연합 학력평가 기출문제집			

과목	시리즈명	특징	난이도	권장 학년
전 과목	고등예비과정	예비 고등학생을 위한 과목별 단기 완성	<input type="checkbox"/>	예비 고1
국/영/수	내 등급은?	고1 첫 학력평가 + 반 배치고사 대비 모의고사	<input type="checkbox"/>	예비 고1
	올림포스	내신과 수능 대비 EBS 대표 국어·수학·영어 기본서	<input type="checkbox"/>	고1~2
한/사/과	올림포스 전국연합학력평가 기출문제집	전국연합학력평가 문제 + 개념 기본서	<input type="checkbox"/>	고1~2
	개념완성&개념완성 문항편	개념 한 권 + 문항 한 권으로 끝내는 한국사·탐구 기본서	<input type="checkbox"/>	고1~2
국어	개념완성 전국연합학력평가 기출문제집	전국연합학력평가 문제 + 개념 기본서	<input type="checkbox"/>	고1~2
	윤해정의 개념의 나비효과 입문 편 + 워크북	윤해정 선생님과 함께 시작하는 국어 공부의 첫걸음	<input type="checkbox"/>	예비 고1~고2
영어	어휘가 독해대! 수능 국어 어휘	학평·모평·수능 출제 필수 어휘 학습	<input type="checkbox"/>	예비 고1~고2
	국어의 원리	원리로 이해하는 내신과 수능 대비 국어 특화서	<input type="checkbox"/>	고1~2
수학	정승익의 수능 개념 잡는 대박구문	정승익 선생님과 CODE로 이해하는 영어 구문	<input type="checkbox"/>	예비 고1~고2
	주혜연의 해석공식 논리 구조편	주혜연 선생님과 함께하는 유형별 지문 독해	<input type="checkbox"/>	예비 고1~고2
	Grammar POWER	구문 분석 트리로 이해하는 영어 문법 특화서	<input type="checkbox"/>	고1~2
	Reading POWER	수준과 학습 목적에 따라 선택하는 영어 독해 특화서	<input type="checkbox"/>	고1~2
	Listening POWER	유형 연습과 모의고사·수행평가 대비 올인원 듣기 특화서	<input type="checkbox"/>	고1~2
과학	Voca POWER	영어 교육과정 필수 어휘와 어원별 어휘 학습	<input type="checkbox"/>	고1~2
	올림포스 고급영어독해	영어 독해력을 높이는 영미 문학/비문학 읽기	<input type="checkbox"/>	고2~3
	50일 수학 + 기출 워크북	50일 만에 완성하는 초·중·고 수학의 맥	<input type="checkbox"/>	예비 고1~고2
	매쓰 디렉터의 고1 수학 개념 끝장내기	스타강사 강의, 손글씨 풀이와 함께 고1 수학 개념 정복	<input type="checkbox"/>	예비 고1~고1
한국사	올림포스 유형편	유형별 반복 학습을 통해 실력 잡는 수학 유형서	<input type="checkbox"/>	고1~2
	올림포스 고난도	1등급을 위한 고난도 유형 집중 연습	<input type="checkbox"/>	고1~2
	수학의 왕도	직관적 개념 설명과 세분화된 문항 수록 수학 특화서	<input type="checkbox"/>	고1~2
한국사	고등학생을 위한 다담은 한국사 연표	연표로 흐름을 잡는 한국사 학습	<input type="checkbox"/>	예비 고1~고2
과학	50일 통합과학	50일 만에 통합과학의 핵심 개념 완벽 이해	<input type="checkbox"/>	예비 고1~고1
기타	수학과 함께하는 고교 AI 입문/AI 기초	파이선 프로그래밍, AI 알고리즘에 필요한 수학 개념 학습	<input type="checkbox"/>	예비 고1~고2



수능 집중 ★고2~N수 권장

구분	수능 입문	기출/연습	연계 보완	고난도	모의고사
국어	윤혜정의 개념의 나비효과 수능 편 + 워크북	윤혜정의 기출의 나비효과	수능특강 문학 연계 기출 수능특강 사용설명서	하루 3개 1등급 국어독서	FINAL 실전모의고사
영어	윤혜정의 패턴의 나비효과 강의노트 수능개념 기본서 수능 빌드업	수능 기출의 미래	수능연계교재의 VOCA 1800 수능연계 기출 Vaccine VOCA 2200 수능완성 사용설명서	하루 6개 1등급 영어독해 수능연계완성 3주 특강	만점마무리 봉투모의고사 시즌1 만점마무리 봉투모의고사 시즌2 고난도 고난도 논스톱 봉투모의고사
수학	수능특강 Light	수능특강Q 미니모의고사	수능 연계교재 수능특강 수능완성	박봄의 사회·문화 표 분석의 패턴	수능 직전보강 클리어 모의고사
한국사 사회	수능 스타트	eBook 전용 수능완성R 모의고사		eBook 전용 수능 등급을 올리는 변별 문항 공략	eBook 전용 버티컬 모의고사 시즌 1~4
과학					

구분	시리즈명	특징	난이도	영역
수능 입문	윤혜정의 개념의 나비효과 수능 편 + 워크북	개념부터 제대로 꼼꼼히 공부하는 수능 국어 개념	<input type="checkbox"/>	국어
	윤혜정의 패턴의 나비효과	수능 국어의 패턴 연습으로 부족한 약점 보완	<input type="checkbox"/>	국어
	수능 빌드업	개념부터 문항까지 한 권으로 시작하는 수능 특화 기본서	<input type="checkbox"/>	국/수/영
	수능특강 Light	수능 연계교재 학습 전 가볍게 시작하는 수능 도전	<input type="checkbox"/>	영어
	수능 스타트	2028학년도 수능 예시 문항 분석과 문항 연습	<input type="checkbox"/>	국/수/영/사/과
기출/연습	수능개념	EBS 대표 강사들과 함께하는 수능 개념 다지기	<input type="checkbox"/>	전 영역
	윤혜정의 기출의 나비효과	윤혜정 선생님과 함께하는 까다로운 국어 기출 완전 정복	<input type="checkbox"/>	국어
	수능 기출의 미래	올해 수능에 딱 필요한 문제만 선별한 기출문제집	<input type="checkbox"/>	전 영역
연계 + 연계 보완	수능특강Q 미니모의고사	매일 15분 연계교재 우수문항 풀이 미니모의고사	<input type="checkbox"/>	국/수/영/사/과
	수능완성R 모의고사	과년도 수능 연계교재 수능완성 실전편 수록	<input type="checkbox"/>	수학
	수능특강	최신 수능 경향과 기출 유형을 반영한 종합 개념 학습	<input type="checkbox"/>	전 영역
	수능특강 사용설명서	수능 연계교재 수능특강의 국어·영어 지문 분석	<input type="checkbox"/>	국/영
	수능특강 문학 연계 기출	수능특강 수록 작품과 연관된 기출문제 학습	<input type="checkbox"/>	국어
	수능완성	유형·테마 학습 후 실전 모의고사로 문항 연습	<input type="checkbox"/>	전 영역
	수능완성 사용설명서	수능 연계교재 수능완성의 국어 지문 분석	<input type="checkbox"/>	국어
고난도	수능연계교재의 VOCA 1800	수능특강과 수능완성의 필수 중요 어휘 1800개 수록	<input type="checkbox"/>	영어
	수능연계 기출 Vaccine VOCA 2200	수능 - EBS 연계와 평가원 최다 빈출 어휘 선별 수록	<input type="checkbox"/>	영어
	하루 N개 1등급 국어독서/영어독해	매일 꾸준한 기출문제 학습으로 완성하는 1등급 실력	<input type="checkbox"/>	국/영
	수능연계완성 3주 특강	단기간에 끝내는 수능 1등급 변별 문항 대비	<input type="checkbox"/>	국/수/영
모의고사	박봄의 사회·문화 표 분석의 패턴	박봄 선생님과 사회·문화 표 분석 문항의 패턴 연습	<input type="checkbox"/>	사회탐구
	수능 등급을 올리는 변별 문항 공략	EBS 선생님이 직접 선별한 고변별 문항 연습	<input type="checkbox"/>	수/영
	FINAL 실전모의고사	EBS 모의고사 중 최다 분량 최다 과목 모의고사	<input type="checkbox"/>	전 영역
	만점마무리 봉투모의고사 시즌1	실제 시험지 형태와 OMR 카드로 실전 연습 모의고사	<input type="checkbox"/>	전 영역
	만점마무리 봉투모의고사 시즌2 고난도	변별력 높은 수능까지 대비하는 실전 연습 모의고사	<input type="checkbox"/>	국/수/영
고난도 논스톱 봉투모의고사	어려운 시험에 익숙해지는 논스톱 훈련 모의고사	<input type="checkbox"/>	국·수·영	
수능 직전보강 클리어 봉투모의고사	수능 직전 성적을 끌어올리는 마지막 모의고사	<input type="checkbox"/>	국/수/영	
버티컬 모의고사 시즌1~4	고난도 문항 다수 수록 eBook 전용 모의고사	<input type="checkbox"/>	국/수/영	

memo