

수능특강 과학탐구영역 화학 II

정답과 해설

01 기체

2점 수능 테스트

본문 14~16쪽

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

01 혼합 기체의 부분 압력

혼합 기체의 전체 압력은 각 성분 기체의 부분 압력의 합과 같고, 혼합 기체에서 각 성분 기체의 부분 압력은 다른 기체에 영향을 받지 않으며, 그 기체의 몰 분율에 비례한다. 따라서 혼합 기체에서 각 성분 기체의 부분 압력은 전체 압력에 그 성분 기체의 몰 분율을 곱한 값과 같다.

✕. 기체 분자의 평균 운동 에너지는 절대 온도에만 비례하므로 A(g)와 B(g)가 같다.

○. 이상 기체 방정식 $PV = nRT$ 에서 $3 \text{ atm} \times 6 \text{ L} = n \times 24 \text{ atm} \cdot \text{L/mol}$ 이므로 $n = \frac{3}{4} \text{ mol}$ 이다. B(g)의 양이 0.25 mol이므로 A(g)의 양은 0.5 mol이고, A(g)의 질량이 2 g이므로 A의 분자량은 4이다.

✕. A(g)의 몰 분율은 $\frac{0.5}{0.5+0.25} = \frac{2}{3}$ 이므로 A(g)의 부분 압력은 $3 \text{ atm} \times \frac{2}{3} = 2 \text{ atm}$ 이다.

02 기체의 양(mol)과 압력

✕. 이상 기체 방정식에서 기체의 온도와 부피가 일정할 때, 기체의 압력은 기체의 양(mol)에 비례한다. 따라서 기체 분자 수비가 (가) : (나) = 2 : 3이므로 기체의 압력비는 (가) : (나) = 2 : 3이다.

○. (가)와 (나)의 부피가 같으므로 혼합 기체의 밀도비는 (가)와 (나)에 들어 있는 혼합 기체의 질량비와 같다. 따라서 X, Y의 분자량을 각각 x, y 라고 하면, 혼합 기체의 밀도비는 (가) : (나) = 3 : 5 = $(2x + 2y) : (2x + 4y)$ 이고 $2x = y$ 이다. 따라서 분자량은 Y가 X의 2배이다.

○. 혼합 기체에서 각 성분 기체의 부분 압력은 다른 기체에 영향을 받지 않으므로 각 기체의 단위 부피당 양(mol) ($\frac{n}{V}$)에 비례하고, X(g)의 단위 부피당 양(mol)은 (가)에서와 (나)에서가 같으므로 X(g)의 부분 압력은 (가)에서와 (나)에서가 같다.

[다른 풀이] 혼합 기체에서 각 성분 기체의 부분 압력은 그 기체의 몰 분율에 비례한다. (가)에서 기체의 압력을 $2P$ 라고 하면,

(나)에서 기체의 압력은 $3P$ 이다. (가)에서 X(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{2}$ 이므로 X(g)의 부분 압력은 $\frac{1}{2} \times 2P = P$ 이고, (나)에서 X(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{3}$ 이므로 X(g)의 부분 압력은 $\frac{1}{3} \times 3P = P$ 이다. 따라서 X(g)의 부분 압력은 (가)에서와 (나)에서가 같다.

03 기체의 양(mol)과 밀도

(가)에서 He(g)의 압력은 수은 38 cm에 해당하는 압력이므로 38 cmHg (=0.5 atm)이고, (나)에서 O₂(g)의 압력은 대기압과 수은 38 cm에 해당하는 압력의 합과 같으므로 (76 + 38) cmHg = 114 cmHg (=1.5 atm)이다. 이상 기체 방정식에서 온도가 일정할 때 기체의 양(mol)은 기체의 압력과 부피의 곱에 비례하므로 기체의 몰비는 He : O₂ = $0.5 \times 4a : 1.5 \times a = 4 : 3$ 이고, $x = \frac{4}{3}$ 이다. 기체의 밀도는 $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이므로 기체의 밀도비는

He : O₂ = $\frac{4 \times 4}{4a} : \frac{3 \times 32}{a} = 1 : 24$ 이고, $y = 24$ 이다. 따라서

$\frac{x}{y} = \frac{4}{3} \times \frac{1}{24} = \frac{1}{18}$ 이다.

04 보일 법칙

일정한 온도에서 일정량의 기체의 부피는 압력에 반비례한다. 또한 일정한 온도에서 압력과 부피의 곱은 기체의 양(mol)에 비례한다.

✕. 압력과 부피의 곱이 X(g)가 Y(g)의 2배이므로 기체의 몰비는 X(g) : Y(g) = 2 : 1이다. 기체의 질량비가 X(g) : Y(g) = 4 : 1이므로 X(g)의 질량을 $4w$ 라고 하면, Y(g)의 질량은 w 이고, 분자량비는 X : Y = $\frac{4w}{2} : \frac{w}{1} = 2 : 1$ 이다.

○. 밀도는 $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이므로 기체의 밀도비는 (가) : (라) = $\frac{w}{V} : \frac{4w}{4V} = 1 : 1$ 이다. 따라서 기체의 밀도는 (가)에서와 (라)에서가 같다.

○. 기체 분자의 평균 운동 에너지는 절대 온도에만 비례하므로 기체 분자의 평균 운동 에너지는 (나)에서와 (다)에서가 같다.

05 이상 기체 방정식

이상 기체 방정식에서 기체의 양(mol)은 $\frac{\text{압력} \times \text{부피}}{\text{온도}}$ 에 비례하고, 기체의 분자량은 $\frac{\text{질량} \times \text{온도}}{\text{압력} \times \text{부피}}$ 에 비례한다.

✕. 기체의 양(mol)은 $\frac{\text{압력} \times \text{부피}}{\text{온도}}$ 에 비례하므로 기체의 몰비는 A : B = $\frac{2a}{T} : \frac{a}{2T} = 4 : 1$ 이다.

✕. 기체의 분자량은 $\frac{\text{질량} \times \text{온도}}{\text{압력} \times \text{부피}}$ 에 비례하므로 분자량비는
 $A : C = \frac{1 \times T}{2a} : \frac{1 \times 3T}{3a} = 1 : 2$ 이다.

㉠. T K에서 $B(g)$ 1 g의 압력 \times 부피를 x 라고 하면 분자량이
 같으므로 $\frac{2 \times 2T}{a} = \frac{1 \times T}{x}$ 이고, $x = \frac{1}{4}a$ 이다.

06 기체의 온도와 압력

이상 기체 방정식에서 기체의 양(mol)과 부피가 일정할 때 압력은 절대 온도에 비례한다.

㉡. 기체의 양(mol)과 부피가 일정할 때 $\frac{\text{압력}}{\text{온도}}$ 은 일정하므로
 $\frac{P_1}{300 \text{ K}} = \frac{P_2}{450 \text{ K}}$ 이고, $\frac{P_1}{P_2} = \frac{2}{3}$ 이다.

㉢. 기체 분자의 평균 운동 에너지는 절대 온도에만 비례하므로
 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

✕. 용기 속 기체의 단위 부피당 분자 수가 (가)에서와 (나)에서가
 같으므로 기체 분자 사이의 평균 거리는 (가)에서와 (나)에서가
 같다.

07 보일 법칙

㉣. 이상 기체 방정식 $PV = nRT$ 에서 $n = \frac{PV}{RT}$ 이므로 $A(g)$ 의
 양은 $n = \frac{1 \times 0.03}{0.08 \times 300} = \frac{1}{800}$ mol이다. 따라서 $A(g)$ 의 질량은
 $\frac{1}{800}$ mol \times 40 g/mol = 0.05 g이다.

✕. 일정한 온도에서 일정량의 기체의 압력과 부피의 곱은 항상
 일정하므로 $76 \times 30 = P_{(나)} \times (30 - 11)$ 이다. 따라서 (나)에서
 $A(g)$ 의 압력은 $P_{(나)} = 120$ cmHg이다.

㉤. (나)의 J자관에서 수은면의 높이는 오른쪽이 왼쪽보다
 $(y - 11)$ cm 더 높으므로 $A(g)$ 의 압력은 $(76 + y - 11)$
 cmHg = $(65 + y)$ cmHg이다. (나)에서 $A(g)$ 의 압력은
 120 cmHg이므로 $(65 + y)$ cmHg = 120 cmHg이고, $y = 55$
 이다. 추가된 수은의 양 $x = y + 11$ 이므로 $x = 66$ 이고,
 $\frac{y}{x} = \frac{55}{66} = \frac{5}{6}$ 이다.

08 부분 압력 법칙

A 의 분자량은 2이므로 $A(g)$ 1 g은 0.5 mol이고, B 의 분자량
 은 4이므로 $B(g)$ 3 g은 0.75 mol이다. 이상 기체 방정식에서 온
 도가 일정할 때 기체의 압력은 $\frac{\text{기체의 양(mol)}}{\text{부피}}$ 에 비례하므로 기

체의 압력비는 (가) : (나) = $\frac{0.5}{10} : \frac{0.75}{5} = 1 : 3$ 이다. (나)에서
 $B(g)$ 의 압력이 1 atm이므로 (가)에서 $A(g)$ 의 압력은 $\frac{1}{3}$ atm이
 고, $P = \frac{1}{3}$ 이다.

(가)와 (나)에서 용기와 실린더에 각각 $Ne(g)$ x mol을 넣어 주
 면 (가)와 (나)에서 온도와 $Ne(g)$ x mol의 부분 압력이 같으
 므로 혼합 기체의 부피도 10 L로 같다. 실린더 속 기체의 부피가
 5 L일 때 $B(g)$ $\frac{3}{4}$ mol이 나타내는 부분 압력은 1 atm이므로
 실린더 속 기체의 부피가 10 L일 때는 $B(g)$ 의 부분 압력이
 0.5 atm이다. (나)에서 $Ne(g)$ x mol을 넣어 준 후에도 전체 압
 력은 1 atm이므로 $Ne(g)$ x mol이 나타내는 부분 압력은
 0.5 atm이다. 따라서 넣어 준 $Ne(g)$ 의 양은 $\frac{3}{4}$ mol이고 $x = \frac{3}{4}$
 이며, $P \times x = \frac{1}{3} \times \frac{3}{4} = \frac{1}{4}$ 이다.

[x 에 대한 다른 풀이] (가)에서 용기에 $Ne(g)$ x mol을 넣어 주
 면, 부피가 10 L로 일정하므로 전체 압력은 $A(g)$ 의 부분 압력 \times
 $\frac{1}{A(g)\text{의 몰 분율}} = \frac{1}{3} \times \frac{(0.5+x)}{0.5}$ atm = $\frac{(0.5+x)}{1.5}$ atm이고,
 (나)에서 실린더에 $Ne(g)$ x mol을 넣어 주더라도 전체 압력이
 1 atm으로 일정하다. 혼합 기체의 전체 압력은 각 성분 기체의
 부분 압력의 합과 같고, 혼합 기체에서 각 성분 기체의 부분 압력
 은 전체 압력(P_T)에 그 기체의 몰 분율을 곱한 값과 같다. 따라
 서 (가)에서 용기에 $Ne(g)$ x mol을 넣어 주었을 때 $Ne(g)$ 의
 부분 압력은 $\frac{(0.5+x)}{1.5}$ atm \times $\frac{x}{(0.5+x)} = \frac{x}{1.5}$ atm이고, (나)
 에서 실린더에 $Ne(g)$ x mol을 넣어 주었을 때 $Ne(g)$ 의 부분 압력
 은 $1 \text{ atm} \times \frac{x}{(0.75+x)} = \frac{x}{(0.75+x)}$ atm이다. (가)와 (나)에서
 각각 $Ne(g)$ x mol을 넣어 주었을 때 $Ne(g)$ 의 부분 압력이 (가)와
 (나)에서 같다고 하였으므로 $\frac{x}{1.5} = \frac{x}{(0.75+x)}$ 이고, $x = 0.75 = \frac{3}{4}$
 이다. 따라서 $P \times x = \frac{1}{3} \times \frac{3}{4} = \frac{1}{4}$ 이다.

09 이상 기체 방정식

✕. 기체 분자의 평균 운동 에너지는 절대 온도에만 비례하므로
 온도가 높은 (가)에서가 온도가 낮은 (나)에서보다 크다.

㉥. 이상 기체 방정식에서 기체의 압력이 일정할 때 기체의 양
 (mol)은 $\frac{\text{부피}}{\text{온도}}$ 에 비례한다. 따라서 기체의 몰비는 $AB_4 : B_2$
 = $\frac{4}{300} : \frac{1}{200} = 8 : 3$ 이다.

㉦. 온도와 압력이 일정할 때, 기체의 밀도는 분자량에 비례하므

로 기체의 밀도비는 분자량비와 같다. 따라서 400 K, 대기압에서 기체의 밀도비는 $AB_4 : B_2 = 8 : 1$ 이다.

[다른 풀이] 실린더에서는 압력이 일정하게 유지되므로 온도를 높이면 부피가 증가한다. 일정량의 기체에 대해 압력이 일정할 때 기체의 온도와 부피는 서로 비례한다. 따라서 (가)와 (나)의 온도를 모두 400 K로 높이면 (가)에서 $AB_4(g)$ 의 부피는 $\frac{4}{300} \times 400 = \frac{16}{3}$ L이고, (나)에서 $B_2(g)$ 의 부피는 $\frac{1}{200} \times 400 = 2$ L이다. 기체의 몰비가 $AB_4 : B_2 = 8 : 3$ 이므로 기체의 질량비는 $AB_4 : B_2 = 8 \times 8 : 3 \times 1 = 64 : 3$ 이다. 따라서 (가)와 (나)의 온도를 모두 400 K로 높였을 때 기체의 밀도비는 $AB_4 : B_2 = \frac{64}{\frac{16}{3}} : \frac{3}{2} = 8 : 1$ 이다.

10 기체의 압력과 밀도

㉠ 기체의 질량은 X가 Y의 2배이고, 밀도비는 (가) : (나) = $2a : a = 2 : 1$ 이므로 $\frac{2}{V_X} : \frac{1}{V_Y} = 2 : 1$ 이다. 따라서 $V_X = V_Y$ 이므로 부피는 (가)에서와 (나)에서가 같다.

✕ (가)와 (나)에서 온도(T)와 부피(V)가 같으므로 기체의 양(mol)은 압력(P)에 비례한다. 따라서 기체의 양(mol)은 (나)가 (가)의 2배이고, 질량은 X(g)가 Y(g)의 2배이므로 분자량은 X가 Y의 4배이다.

[다른 풀이] 기체의 온도와 부피가 일정할 때, 분자량은 $\frac{\text{질량}}{\text{압력}}$ 에 비례하므로 분자량비는 $X : Y = \frac{2}{P} : \frac{1}{2P} = 4 : 1$ 이다.

㉡ 기체의 온도와 압력이 일정할 때, 기체의 밀도는 분자량에 비례한다. 따라서 분자량비는 $X : Y = 4 : 1$ 이므로 기체의 밀도는 X가 Y의 4배이다.

[다른 풀이] 같은 기체의 밀도는 $\frac{\text{압력}}{\text{온도}}$ 이 같다. X(g)는 T K, P atm일 때의 밀도가 $2a \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 이므로 2T K, 3P atm일 때의 밀도는 $3a \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 이고, Y(g)는 T K, 2P atm일 때의 밀도가 $a \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 이므로 2T K, 3P atm일 때의 밀도는 $\frac{3}{4}a \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 이다. 따라서 2T K, 3P atm에서 밀도는 X가 Y의 4배이다.

11 기체의 압력과 부피, 양(mol)의 관계

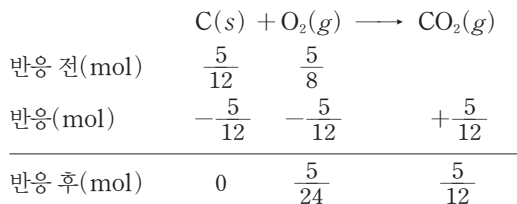
(나)에서 Ne의 몰 분율 = $\frac{\frac{3}{2}b}{a + \frac{3}{2}b} = \frac{5}{4}$ 이므로 $2a = 3b$ 이다. 이상 (가)에서 Ne의 몰 분율 = $\frac{b}{a + b}$

기체 방정식에서 온도가 일정할 때 기체의 압력은 $\frac{\text{기체의 양(mol)}}{\text{부피}}$

에 비례하므로 $P_1 : P_2 = \frac{a+b}{2} : \frac{a+\frac{3}{2}b}{3} = 5 : 4$ 이다. 따라서 $\frac{P_2}{P_1} = \frac{4}{5}$ 이다.

12 부분 압력 법칙

C(s) 5 g은 $\frac{5}{12}$ mol이고, O₂(g) 20 g은 $\frac{5}{8}$ mol이므로 다음과 같이 반응이 일어난다.



혼합 기체에서 각 성분 기체의 부분 압력은 다른 기체에 영향을 받지 않으며, 그 기체의 몰 분율에 비례한다. 반응 후 용기 속에 존재하는 O₂(g)와 CO₂(g)의 몰 분율비는 O₂ : CO₂ = $\frac{5}{24} : \frac{5}{12} = 1 : 2$ 이므로 기체의 부분 압력비는 O₂ : CO₂ = $y : x = 1 : 2$ 이다. 따라서 $\frac{y}{x} = \frac{1}{2}$ 이다.

3점 수능 테스트

본문 17~22쪽

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

01 이상 기체 방정식

이상 기체 방정식에서 압력이 일정할 때 기체의 양(mol)은 $\frac{\text{부피}}{\text{온도}}$ 에 비례한다.

㉠ 압력이 일정할 때 기체의 양(mol)은 $\frac{\text{부피}}{\text{온도}}$ 에 비례하므로 기체의 몰비는 $A : C = \frac{2V}{T} : \frac{V}{2T} = 4 : 1$ 이고, C(g)의 양은 0.25 mol이므로 A(g)의 양은 1 mol이다. A의 분자량은 4이므로 $a = 4$ 이다.

㉡ B(g)의 양은 0.75 mol이고, C(g)의 양은 0.25 mol이므로 기체의 몰비는 B : C = 3 : 1이다. B(g)의 온도를 T_B라고 할 때, 일정한 압력에서 기체의 양(mol)은 $\frac{\text{부피}}{\text{온도}}$ 에 비례하므로

$B : C = \frac{3V}{T_B} : \frac{V}{2T} = 3 : 1$ 이고, $T_B = 2T$ 이다. 기체 분자의 평균 운동 에너지는 기체의 절대 온도에만 비례하며 분자의 크기, 모양 및 종류와는 관계없다. 따라서 기체의 온도는 B가 A보다 높으므로 기체 분자의 평균 운동 에너지는 B가 A보다 크다.

㉠. 이상 기체 방정식 $PV = nRT$ 이므로 C(g)에 대해서 $1 \text{ atm} \times V \text{ L} = 0.25 \text{ mol} \times 0.08 \text{ atm} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K}) \times 2T \text{ K}$ 이고, $\frac{T}{V} = 25$ 이다.

02 이상 기체 방정식

X와 Y의 분자량을 각각 M_X , M_Y 라고 할 때, (다)에서 X(g)의 몰 분율은 $\frac{3}{4}$ 이므로 $\frac{\frac{3}{M_X}}{\frac{3}{M_X} + \frac{5}{M_Y}} = \frac{3}{4}$ 이다. 따라서 $5M_X = M_Y$ 이다.

㉠. (나)에서 Y(g)의 몰 분율은 $\frac{\frac{3}{M_Y}}{\frac{2}{M_X} + \frac{3}{M_Y}} = \frac{\frac{3}{5M_X}}{\frac{2}{M_X} + \frac{3}{5M_X}} = \frac{3}{13}$ 이다.

㉡. $\frac{\text{(다)에서 기체의 양(mol)}}{\text{(가)에서 기체의 양(mol)}} = \frac{\frac{3}{M_X} + \frac{5}{M_Y}}{\frac{1}{M_X} + \frac{2}{M_Y}} =$

$\frac{\frac{3}{M_X} + \frac{5}{5M_X}}{\frac{1}{M_X} + \frac{2}{5M_X}} = \frac{20}{7}$ 이므로 $\frac{\text{(다)에서 기체의 양(mol)}}{\text{(가)에서 기체의 양(mol)}} < 3$ 이다.

㉢. 이상 기체 방정식에서 온도가 일정할 때 기체의 압력은 $\frac{\text{기체의 양(mol)}}{\text{부피}}$ 에 비례하므로 기체의 압력비는

(나) : (다) = $\frac{\frac{2}{M_X} + \frac{3}{M_Y}}{3L} : \frac{\frac{3}{M_X} + \frac{5}{M_Y}}{4L} = \frac{\frac{2}{M_X} + \frac{3}{5M_X}}{3L} : \frac{\frac{3}{M_X} + \frac{5}{5M_X}}{4L} = 13 : 15$ 이다.

03 보일 법칙과 샤를 법칙

㉠. 이상 기체 방정식 $PV = nRT$ 에서 기체의 양(mol)이 일정할 때 기체의 온도(T)는 압력과 부피의 곱(PV)에 비례한다. (가)에서 1 mol의 A(g)에 대해 압력과 부피의 곱(PV)이 T_1 일 때가 T_2 일 때보다 크므로 $T_1 > T_2$ 이다.

㉡. 이상 기체 방정식 $PV = nRT$ 에서 기체의 양(mol)이 일정할 때 기체의 압력(P)은 $\frac{\text{부피}}{\text{온도}} (\frac{V}{T})$ 에 반비례한다. (나)에서

1 mol의 A(g)에 대해 $\frac{\text{부피}}{\text{온도}} (\frac{V}{T})$ 는 P_1 일 때가 P_2 일 때보다 크므로 $P_2 > P_1$ 이다.

㉢. 기체의 양(mol)이 일정할 때 기체의 부피(V)는 $\frac{\text{온도}}{\text{압력}} (\frac{T}{P})$ 에 비례하며, $P_2 > P_1$ 이고, $T_1 > T_2$ 이므로 $\frac{T_1}{P_1} > \frac{T_2}{P_2}$ 이다. 따라서 $V_1 > V_2$ 이다.

04 보일 법칙

㉠. Ne(g)의 압력은 대기압과 수은 57 cm에 해당하는 압력의 합과 같으므로 $(76 + 57) \text{ cmHg} = 133 \text{ cmHg}$ 이고, X(g)의 압력은 대기압과 수은 19 cm에 해당하는 압력의 합과 같으므로 $(76 + 19) \text{ cmHg} = 95 \text{ cmHg}$ 이다. 따라서 기체의 압력비는 Ne : X = 133 cmHg : 95 cmHg = 7 : 5이다.

㉡. Ne(g)의 압력은 X(g)의 압력과 수은 x cm에 해당하는 압력의 합과 같으므로 $133 \text{ cmHg} = 95 \text{ cmHg} + x \text{ cmHg}$ 이다. 따라서 $x = 38$ 이다.

㉢. 기체의 온도가 일정할 때 기체의 양(mol)은 기체의 압력과 부피의 곱에 비례한다. 따라서 같은 질량에 해당하는 기체의 몰비가 Ne : X = $(133 \times 3) : (95 \times 2) = 21 : 10$ 이므로 분자량비는 Ne : X = 10 : 21이다. Ne의 원자량이 20이므로 X의 분자량은 42이다.

05 이상 기체 방정식

㉠. (가)에서 $O_2(g)$ 의 몰 분율과 (나)에서 X(g)의 몰 분율이 같고, $H_2(g)$ 의 양과 He(g)의 양이 $\frac{x}{2}$ mol로 같으므로 (가)에서 $O_2(g)$ 의 양(mol)과 (나)에서 X(g)의 양(mol)이 같다. 따라서 X의 분자량을 M_X 라고 할 때 $\frac{4x}{32} = \frac{5x}{M_X}$ 이고, $M_X = 40$ 이다.

㉡. 이상 기체 방정식에서 기체의 양(mol)과 부피가 같을 때 압력은 온도에 비례한다. 온도비가 (가) : (나) = 2 : 3이므로 압력비도 (가) : (나) = 2 : 3이고, (가)에서 기체의 압력은 1 atm이므로 (나)에서 기체의 압력은 1.5 atm이다. 따라서 추 1개에 의한 압력은 0.5 atm이다.

㉢. 이상 기체 방정식 $PV = nRT$ 에서 $V = \frac{nRT}{P} =$

$\frac{(\frac{x}{2} + \frac{4x}{32}) \times a \times 200}{1} = 125ax$ 이다.

06 샤를 법칙

이상 기체 방정식에서 기체의 압력과 양(mol)이 일정할 때

부피
온도

○. P_2 atm에서 $Y(g)$ 1.5 mol의 온도가 $t^\circ\text{C}$ 일 때 부피는 $5V$ L이고, $2t^\circ\text{C}$ 일 때 부피는 $7V$ L이므로 $\frac{5V L}{(t+273) K} = \frac{7V L}{(2t+273) K}$ 이고, $t=182$ 이다. 또한 $x^\circ\text{C}$ 일 때 부피가 V L이므로 $\frac{5V L}{(182+273) K} = \frac{V L}{(x+273) K}$ 이고, $x=-182$ 이다. 따라서 $x+2t = (-182) + (2 \times 182) = 182$ 이다.

✕. P_2 atm에서 $Y(g)$ 1.5 mol의 온도가 0°C 일 때 부피를 $V' L$ 라고 하면 $\frac{5V L}{(182+273) K} = \frac{V' L}{273 K}$ 이고, $V'=3V$ 이다. 이상 기체 방정식에서 온도가 일정할 때 $\frac{\text{압력} \times \text{부피}}{\text{기체의 양(mol)}}$ 은 일정하므로

$$\frac{P_1 \text{ atm} \times 6V L}{1 \text{ mol}} = \frac{P_2 \text{ atm} \times 3V L}{1.5 \text{ mol}}$$

이다. 따라서 $\frac{P_1}{P_2} = \frac{1}{3}$ 이다.

○. 0°C 일 때 $X(g)$ 의 부피는 $6V$ L이고, $Y(g)$ 의 부피는 $3V$ L이므로 기체의 부피비는 $X : Y = 2 : 1$ 이다. 온도가 같을 때 기체의 부피비는 항상 $X : Y = 2 : 1$ 이므로 $3t^\circ\text{C}$ 일 때에도 기체의 부피비는 $X : Y = 2 : 1$ 이다.

[다른 풀이 1] 이상 기체 방정식에서 온도가 일정할 때 부피는 $\frac{\text{기체의 양(mol)}}{\text{압력}}$ 에 비례하므로 같은 온도에서 기체의 부피비는

$$X : Y = \frac{1}{1} : \frac{1.5}{3} = 2 : 1$$

이므로 $3t^\circ\text{C}$ 일 때에도 기체의 부피비는 $X : Y = 2 : 1$ 이다.

[다른 풀이 2] 이상 기체 방정식에서 압력과 기체의 양(mol)이 일정할 때 $\frac{\text{부피}}{\text{온도}}$ 는 일정하고, P_1 atm에서 $X(g)$ 1 mol의 온도가 0°C 일 때 부피는 $6V$ L이므로 $3t^\circ\text{C}$ 일 때 $X(g)$ 의 부피(V_X)는 $\frac{6V L}{273 K} = \frac{V_X L}{(3 \times 182) K + 273 K}$ 에서 $V_X = 18V$ 이다. P_2 atm에서 $Y(g)$ 1.5 mol의 온도가 0°C 일 때 부피는 $3V$ L이므로 $3t^\circ\text{C}$ 일 때 $Y(g)$ 의 부피(V_Y)는 $\frac{3V L}{273 K} = \frac{V_Y L}{(3 \times 182) K + 273 K}$ 에서 $V_Y = 9V$ 이다. 따라서 $3t^\circ\text{C}$ 일 때 기체의 부피비는 $X : Y = 18V : 9V = 2 : 1$ 이다.

07 기체의 성질

이상 기체 방정식에서 온도가 일정할 때 기체의 양(mol)은 압력과 부피의 곱에 비례한다. (가)에서 실린더에 들어 있는 $He(g)$ 의 양을 $2n$ mol이라고 하면, 용기 I과 III에 들어 있는 $Ne(g)$ 의 양은 $6n$ mol이고, 용기 II에 들어 있는 $He(g)$ 의 양은 $2n$ mol이다.

✕. (가)에서 꼭지를 열면 대기압이 1 atm이므로 실린더와 용기 I에서의 기체의 압력은 1 atm이다. 일정한 온도와 압력에서 기체의 부피는 양(mol)에 비례하고, (가)에서 기체 전체의 양이 $8n$ mol이므로 전체 부피는 8 L가 된다. 따라서 실린더의 부피는 5 L이다.

○. (가)에서 실린더와 용기 I의 부피가 각각 5 L, 3 L이고, $He(g)$ 의 전체 양이 $2n$ mol이므로 실린더에 들어 있는 $He(g)$ 의 양은 $2n \text{ mol} \times \frac{5}{8} = \frac{5}{4}n \text{ mol}$ 이다. (나)에서 꼭지를 열면 용기 II와 III의 부피가 각각 2 L, 3 L이고, $He(g)$ 의 전체 양이 $2n$ mol이므로 용기 II에 들어 있는 $He(g)$ 의 양은 $2n \text{ mol} \times \frac{2}{5} = \frac{4}{5}n \text{ mol}$ 이다. 따라서 $He(g)$ 의 몰비는 실린더 : 용기 II = $\frac{5}{4}n : \frac{4}{5}n = 25 : 16$ 이다.

○. (가)에서 $Ne(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{6n}{2n+6n} = \frac{3}{4}$ 이고, 전체 압력은 1 atm이므로 $Ne(g)$ 의 부분 압력은 $1 \text{ atm} \times \frac{3}{4} = \frac{3}{4} \text{ atm}$ 이다. (나)에서 온도가 일정하므로 $(1 \text{ atm} \times 2 \text{ L}) + (2 \text{ atm} \times 3 \text{ L}) = P_{(합)} \times 5 \text{ L}$ 이고, 전체 압력 $P_{(합)} = \frac{8}{5} \text{ atm}$ 이며, $Ne(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{6n}{2n+6n} = \frac{3}{4}$ 이므로 $Ne(g)$ 의 부분 압력은 $\frac{8}{5} \text{ atm} \times \frac{3}{4} = \frac{6}{5} \text{ atm}$ 이다. 따라서 $Ne(g)$ 의 부분 압력의 비는 (가) : (나) = $\frac{3}{4} \text{ atm} : \frac{6}{5} \text{ atm} = 5 : 8$ 이므로 용기 I : 용기 III = 5 : 8이다.

08 기체의 성질

이상 기체 방정식 $PV = nRT$ 에서 $n = \frac{PV}{RT}$ 이다. 실린더에 들어 있는 $X(g)$, $Y(g)$, $Z(g)$ 의 양(mol)을 각각 n_X , n_Y , n_Z 라고 할 때, (가)에서 $n_X = \frac{1 \times 3}{300R} = \frac{1}{100R}$ 이고, (나)에서 $n_X + n_Y = \frac{1 \times 4}{200R} = \frac{1}{50R}$ 이므로 $n_Y = \frac{1}{100R}$ 이다. (다)에서 $n_X + n_Y + n_Z = \frac{P \times 4}{400R} = \frac{P}{100R}$ 이고, 실린더에 들어 있는 $Y(g)$ 와 $Z(g)$ 의 질량이 같고, 분자량은 $Y : Z = 2 : 1$ 이므로 $n_Y : n_Z = 1 : 2$ 이다. 따라서 $n_Z = \frac{1}{50R}$ 이므로 $n_X + n_Y + n_Z = \frac{P}{100R} = \frac{4}{100R}$ 이고, $P = 4$ 이다. $X(g)$ 5w g의 양(mol)과 $Y(g)$ w g의 양(mol)이 같으므로 분자량비는 $X : Y = 5 : 1$ 이고, $X : Y : Z = 10 : 2 : 1$ 이다. 따라서 $P \times \frac{Z \text{의 분자량}}{X \text{의 분자량}} = 4 \times \frac{1}{10} = \frac{2}{5}$ 이다.

[다른 풀이] X~Z의 분자량을 각각 M_X, M_Y, M_Z 라고 할 때, 이상 기체 방정식에서 압력이 일정할 때 $\frac{\text{부피}}{\text{기체의 양(mol)} \times \text{온도}}$ 는 일정하므로 (가)와 (나)에서 $\frac{3}{\frac{5w}{M_X} \times 300} = \frac{4}{\left(\frac{5w}{M_X} + \frac{w}{M_Y}\right) \times 200}$

이고, $M_X = 5M_Y$ 이다. 이상 기체 방정식에서 부피가 일정할 때 $\frac{\text{압력}}{\text{기체의 양(mol)} \times \text{온도}}$ 은 일정하고, $M_X : M_Y : M_Z = 10 : 2 : 1$ 이므로 (나)와 (다)에서 $\frac{1}{\left(\frac{5w}{M_X} + \frac{w}{M_Y}\right) \times 200} =$

$\frac{P}{\left(\frac{5w}{M_X} + \frac{w}{M_Y} + \frac{w}{M_Z}\right) \times 400}$ 이고, $P = 4$ 이다. 따라서

$$P \times \frac{Z \text{의 분자량}}{X \text{의 분자량}} = 4 \times \frac{1}{10} = \frac{2}{5} \text{이다.}$$

09 기체의 성질

이상 기체 방정식 $PV = nRT$ 에서 온도가 일정할 때 기체 분자의 양(mol)은 압력과 부피의 곱에 비례하고, 혼합 기체에서 각 성분 기체의 양(mol)을 전체 기체의 양(mol)으로 나눈 값을 그 기체의 몰 분율이라고 한다.

ㄨ. (가)에서 He(g)의 양을 $2xn$ mol이라고 할 때, Ne(g)의 양은 yn mol이다. (나)에서 꼭지 a를 열었을 때 He(g)과 Ne(g)

의 혼합 기체에서 Ne(g)의 몰 분율은 $\frac{yn}{2xn + yn} = \frac{1}{4}$ 이고,

$2x = 3y$ 이다. (다)에서 꼭지 b를 열었을 때 He(g)의 부분 압력은

$$P_{\text{He}} = \frac{2x}{6} \text{ atm} = \frac{x}{3} \text{ atm} \text{이고, Ne(g)의 부분 압력은 } P_{\text{Ne}} = \frac{y}{6}$$

atm이며, Ar(g)의 부분 압력은 $P_{\text{Ar}} = \frac{3 \times 2}{6} \text{ atm} = 1 \text{ atm}$ 이다.

혼합 기체의 전체 압력은 각 성분 기체의 부분 압력의 합과 같으므로 $\left(\frac{x}{3} + \frac{y}{6} + 1\right) \text{ atm} = \frac{7}{3} \text{ atm}$ 이고, $2x + y = 8$ 이다. $2x = 3y$

이므로 $x = 3$ 이고, $y = 2$ 이다. 따라서 $x + y = 5$ 이다.

㉠. (나)에서 꼭지 a만 열었을 때 He(g)의 부분 압력은 $P'_{\text{He}} = \frac{3 \times 2}{3} \text{ atm} = 2 \text{ atm}$ 이고, Ne(g)의 부분 압력은

$$P'_{\text{Ne}} = \frac{2 \times 1}{3} \text{ atm} = \frac{2}{3} \text{ atm} \text{이다. (나)에서 용기 I에서의 압력과 용기 II에서의 압력은 모두 같으므로 용기 I에 들어 있는 기체의 압력은 } \left(2 + \frac{2}{3}\right) \text{ atm} = \frac{8}{3} \text{ atm} \text{이다.}$$

ㄨ. 기체가 모두 고르게 퍼져 섞여 있으므로 세 용기 속 기체의 밀도는 모두 같다.

10 기체의 성질

㉠. 이상 기체 방정식에서 압력이 일정할 때 기체의 양(mol)은 $\frac{\text{부피}}{\text{온도}}$ 에 비례한다. (나)에서 기체의 몰비는 $A : B = \frac{2 \text{ L}}{200 \text{ K}} : \frac{8 \text{ L}}{300 \text{ K}} = 3 : 8$ 이다.

㉡. 이상 기체 방정식에서 기체의 압력은 $\frac{\text{기체의 양(mol)} \times \text{온도}}{\text{부피}}$

에 비례하므로 (가)에서 B(g)의 압력을 $\frac{8n \times 300 \text{ K}}{5 \text{ L}}$ 라고 할 때,

(나)에서 A(g)의 압력은 $\frac{3n \times 200 \text{ K}}{2 \text{ L}}$ 이다. 따라서 기체의 압력

비는 (가)에서 B(g) : (나)에서 A(g) = 8 : 5이므로 (가)에서 B(g)의 압력이 (나)에서 A(g)의 압력보다 크다.

[다른 풀이] B(g)의 부피는 (나)에서가 (가)에서의 $\frac{8}{5}$ 배이므로

B(g)의 압력은 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{8}{5}$ 배이다. 따라서 (나)에서

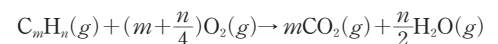
A(g)의 압력과 B(g)의 압력이 같으므로 (가)에서 B(g)의 압력이 (나)에서 A(g)의 압력보다 $\frac{8}{5}$ 배 크다.

ㄨ. (나)에서 B(g)의 온도를 200 K로 낮추면 기체의 온도와 압력이 일정하므로 이상 기체 방정식에서 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례한다. 따라서 기체의 부피비는 $A : B = 3 : 8$ 이고,

A(g)의 부피는 $10 \text{ L} \times \frac{3}{11} = \frac{30}{11} \text{ L}$ 이다.

11 기체의 반응과 성질

반응 전 $\text{O}_2(\text{g})$ 의 양을 x mol이라고 하면, 다음과 같이 반응이 일어난다.



반응 전(mol) 1 x

반응(mol) -1 $-(m + \frac{n}{4})$ $+m$ $+\frac{n}{2}$

반응 후(mol) 0 $x - (m + \frac{n}{4})$ m $\frac{n}{2}$

(나)에서 반응 후 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 의 양이 4 mol이므로 $\frac{n}{2} = 4$ 이고, $n = 8$

이며, 반응 후 남은 $\text{O}_2(\text{g})$ 의 몰 분율이 $\frac{1}{3}$ 이므로 $\frac{x - (m + \frac{n}{4})}{x + \frac{n}{4}}$

$= \frac{1}{3}$ 이고, $2x = 3m + 8$ 이다. 두 용기의 부피를 각각 $V \text{ L}$ 라고

하면, (나)에서 반응 후 400 K에서 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 4 mol의 부피가 $2V \text{ L}$ 일 때 부분 압력이 0.4 atm이므로 400 K에서 기체 4 mol의 부피가 $V \text{ L}$ 일 때 압력은 0.8 atm이다. 같은 온도와 부피에서 기체의 양(mol)은 압력에 비례하므로 (가)에서 400 K, $V \text{ L}$ 에서 $\text{O}_2(\text{g})$ 의 압력이 2 atm이고, $\text{O}_2(\text{g})$ 의 양은 10 mol이다. 따

라서 $x=10$ 이므로 $m=4$ 이다.

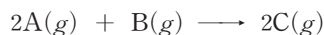
✕. $m=4, n=8$ 이므로 $m+n=12$ 이다.

㉠. 400 K에서 $C_mH_n(g)$ 1 mol의 부피가 V L일 때 압력은 0.2 atm이다.

㉡. (나)에서 반응 후 전체 기체의 양은 12 mol이므로 400 K에서 전체 기체의 부피가 $2V$ L일 때 전체 기체의 압력은 1.2 atm이다. 따라서 이상 기체 방정식에서 부피와 기체의 양(mol)이 일정할 때 $\frac{\text{압력}}{\text{온도}}$ 이 일정하므로 $\frac{1.2 \text{ atm}}{400 \text{ K}} = \frac{1.5 \text{ atm}}{a \text{ K}}$ 이고, $a=500$ 이다.

12 기체의 반응과 성질

이상 기체 방정식에서 온도가 일정할 때 기체의 양(mol)은 압력과 부피의 곱에 비례한다. 용기 I에 들어 있는 A(g)의 양(mol)을 $10n$ mol이라고 하면, 용기 I에 연결된 실린더에 들어 있는 B(g)의 양(mol)은 $4n$ mol이고, 용기 II에서 He(g)의 압력을 $P_{(가)}$ 라고 하면, He(g)의 양은 $5P_{(가)}n$ mol이다. (나)에서 꼭지 a를 열면 다음과 같이 반응이 일어난다.



반응 전(mol)	$10n$	$4n$	
반응 후(mol)	$-8n$	$-4n$	$+8n$
반응 후(mol)	$2n$	0	$8n$

(다)에서 꼭지 b를 열면 He(g)의 부피는 9 L가 되므로 $P_{(가)} \text{ atm} \times 5 \text{ L} = P \text{ atm} \times 9 \text{ L}$ 이고, $P = \frac{5}{9}P_{(가)}$ 이다.

(라)에서 고정 장치를 제거하고 충분한 시간이 지나면 He(g)의 전체 부피는 10 L가 되므로 (라) 과정 후 He(g)의 압력($P_{(라)}$)은 $P_{(가)} \text{ atm} \times 5 \text{ L} = P \text{ atm} \times 9 \text{ L} = P_{(라)} \text{ atm} \times 10 \text{ L}$ 이다.

이상 기체 방정식에서 온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례한다. (라)에서 고정 장치를 제거하면 A(g)와 C(g)의 혼합 기체의 압력과 He(g)의 압력이 같아지고, 온도가 일정하므로 $8 \text{ L} : 10 \text{ L} = 10n \text{ mol} : 5P_{(가)}n \text{ mol}$ 이다. 따라서 $P_{(가)} = \frac{5}{2}$ 이고, $P = \frac{25}{18}$ 이며, $P_{(라)} = \frac{5}{4}$ 이다.

(나) 과정 후 A(g)와 C(g)의 혼합 기체의 양은 $10n$ mol이고, 부피는 9 L이므로 (나) 과정 후 혼합 기체의 압력은 $P_{\text{혼합 (나)}} \times 9 \text{ L} = 2 \text{ atm} \times 5 \text{ L}$ 이고, $P_{\text{혼합 (나)}} = \frac{10}{9} \text{ atm}$ 이다. (나)에서 C(g)의 몰 분율은 $\frac{4}{5}$ 이므로 C(g)의 부분 압력은 $\frac{4}{5} \times \frac{10}{9} \text{ atm} = \frac{8}{9} \text{ atm}$ 이고, $x = \frac{8}{9}$ 이다. (라) 과정 후에도 C(g)의 몰 분율은 $\frac{4}{5}$ 이므로 C(g)의 부분 압력은 $\frac{4}{5} \times \frac{5}{4} \text{ atm} = 1 \text{ atm}$ 이고, $y = 1$ 이다.

(가)~(라) 과정 후 각 기체의 압력 또는 부분 압력은 다음과 같다.

	기체의 압력 또는 부분 압력(atm)			
	A(g)	B(g)	C(g)	He(g)
(가) 과정 후	2	1	0	$\frac{5}{2}$
(나) 과정 후	$\frac{2}{9}$	0	$\frac{8}{9}(=x)$	$\frac{5}{2}$
(다) 과정 후	$\frac{2}{9}$	0	$\frac{8}{9}$	$\frac{25}{18}(=P)$
(라) 과정 후	$\frac{1}{4}$	0	$1(=y)$	$\frac{5}{4}$

따라서 $P \times \frac{y}{x} = \frac{25}{18} \times \frac{1}{\frac{8}{9}} = \frac{25}{16}$ 이다.

02

액체와 고체

2점 수능 테스트

본문 37~39쪽

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

01 탄소 화합물의 분자 간 힘

(가)는 에탄올(C_2H_5OH), (나)는 아세트산(CH_3COOH)이다.

- ㉠. 분산력은 모든 분자에서 작용하므로 (가)와 (나)에서 공통적으로 작용한다.
 ㉡. 쌍극자-쌍극자 힘은 극성 분자에서 작용하므로 (가)와 (나)에서 공통적으로 작용한다.
 ㉢. (가)와 (나)는 모두 $-OH$ 를 가지고 있으므로 공통적으로 수소 결합이 작용한다.

02 수소 결합과 공유 결합

수소 결합은 전기 음성도가 매우 큰 F, O, N에 결합된 H와, 이웃한 분자의 F, O, N 사이에 작용하는 강한 인력이다.

㉠. Y와 H 사이에 수소 결합이 있으므로 Y는 F이다. 따라서 X는 H이다.

㉡. Y(F)는 X(H)보다 전기 음성도가 크므로 XY에서 Y는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다.

㉢. (가) 결합은 공유 결합이다. HF(l)가 기화될 때 공유 결합 수는 일정하다.

03 수소 화합물의 끓는점과 수소 결합

수소 결합을 하는 수소 화합물은 분자량이 비슷하고 수소 결합을 하지 않는 다른 수소 화합물에 비해 대체로 끓는점이 높다. 또한 분산력은 모든 분자에 작용하는 힘으로 분자량이 클수록 분산력이 크게 작용하여 끓는점이 높다.

㉠. 분자량이 클수록 분산력이 크므로 분산력은 $SiH_4(l)$ 이 $CH_4(l)$ 보다 크다.

㉡. 분자 간 힘이 클수록 끓는점이 높으므로 분자 간 힘은 $AsH_3(l)$ 이 $GeH_4(l)$ 보다 크다.

㉢. $NH_3(l)$ 는 $PH_3(l)$ 보다 분자량이 작아 분산력이 작지만 기준 끓는점은 높다. 이는 $NH_3(l)$ 분자 사이에 수소 결합이 작용하기 때문이다.

04 물의 표면 장력

분자 간 힘이 큰 액체일수록 대체로 표면 장력이 크다. 물은 분자 간 수소 결합을 하기 때문에 다른 물질에 비해 분자 간 힘이 크므로 표면 장력이 크다.

㉠. 표면 장력은 액체의 표면적을 단위 면적만큼 증가시키는 데 필요한 에너지로 정의되며, 표면 장력이 클수록 액체가 표면적을 최소화하려는 경향이 크다.

㉡. 액체가 구형일 때 가장 작은 표면적을 갖는다. 물의 표면 장력에 의해 빗방울이 둥근 모양으로 나타난다.

㉢. 물에 철로 만든 클립을 띄울 수 있는 것은 물의 표면 장력이 크기 때문이다.

05 온도에 따른 H_2O 의 부피

물 분자 간 수소 결합은 매우 강하여 얼음이 될 때 입체 육각 구조의 빈 공간이 있는 결정을 형성한다. 따라서 H_2O 은 다른 물질과 달리 고체인 얼음의 밀도가 액체인 물의 밀도보다 작다.

㉠. $0^\circ C$, 1 atm에서 $H_2O(s)$ 1 g의 부피가 $a \text{ cm}^3$ 이므로 $H_2O(s)$ 의 밀도는 $\frac{1}{a} \text{ g/cm}^3$ 이다.

㉡. (가)에서와 (다)에서 H_2O 의 부피가 같으므로 1 cm^3 당 H 원자 수도 같다.

㉢. (나)에서가 (가)에서보다 온도가 높으므로 1 g당 수소 결합 수는 작다.

06 에탄올의 증기 압력 측정

액체 표면에서의 증발 속도와 증기의 응축 속도가 같아져 동적 평형이 되면 증기의 양이 일정하게 유지된다. 이때 증기가 나타내는 압력을 그 액체의 증기 압력이라고 한다.

㉠. 진공 상태의 용기에 $C_2H_5OH(l)$ 을 넣은 후 평형에 도달하였을 때 $C_2H_5OH(l)$ 의 증기 압력은 수은 기둥의 높이 차에 해당하므로 $25^\circ C$ 에서 $C_2H_5OH(l)$ 의 증기 압력은 $h \text{ mmHg}$ 이다.

㉡. $C_2H_5OH(l)$ 의 증발 속도와 $C_2H_5OH(g)$ 의 응축 속도가 같은 동적 평형 상태이다.

㉢. 온도가 높을수록 증기 압력이 크므로 $50^\circ C$ 에서 $C_2H_5OH(l)$ 의 증기 압력은 $25^\circ C$ 에서 $C_2H_5OH(l)$ 의 증기 압력인 $h \text{ mmHg}$ 보다 크다.

07 여러 가지 액체의 증기 압력 곡선 비교

액체의 온도가 높아지면 증기 압력이 커진다. 온도에 따른 액체의 증기 압력을 나타낸 그림을 증기 압력 곡선이라고 한다.

㉠. 증기 압력이 외부 압력과 같을 때의 온도를 끓는점이라고 하며, 외부 압력이 1 atm(760 mmHg)일 때의 끓는점을 기준 끓

는점이라고 한다. 따라서 기준 끓는점이 가장 높은 것은 D이다.
 ✕. 분자 간 힘이 클수록 같은 온도에서 대체로 증기 압력이 작으며, 기준 끓는점은 높다. 따라서 분자 간 힘은 $C(l) > B(l)$ 이다.
 ✕. A는 50°C에서 증기 압력이 500 mmHg보다 크므로 50°C, 500 mmHg에서 기체이다.

08 분자 결정과 이온 결정

분자 결정은 대체로 비금속 원자들의 공유 결합으로 형성된 분자들이 분자 사이에 작용하는 약한 힘에 의해 규칙적으로 배열되어 이루어진 결정이다. 이온 결정은 양이온과 음이온이 정전기적 인력으로 결합되어 이루어진 결정이다.

- ✕. A(s)는 크기가 같은 2개의 입자가 결합되어 분자를 이루고 있는 분자 결정이다. 따라서 A는 아이오딘이다.
- . B(s)는 염화 나트륨으로 이온 결정이다.
- ✕. A(s)는 분자 결정으로 A(l)는 전기 전도성이 없고, B(s)는 이온 결정으로 B(l)는 전기 전도성이 있다. 따라서 전기 전도도는 $B(l) > A(l)$ 이다.

09 결정성 고체의 분류

염화 나트륨, 이산화 탄소, 흑연 중 공유 결합 물질인 것은 이산화 탄소, 흑연이고, 기준 (가)에 '아니요'로 분류된 것이 흑연이므로 '예'로 분류된 A는 이산화 탄소이다. 공유 결합 물질이 아닌 B는 염화 나트륨이다.

- ✕. 기준 (가)가 '고체 상태에서 전기 전도성이 있는가?'일 경우 흑연이 '예'로 분류되어야 하므로 '고체 상태에서 전기 전도성이 있는가?'는 (가)로 적절하지 않다.
- . A는 이산화 탄소이므로 고체일 때 분자 결정을 이룬다.
- . B는 이온 결합 물질이므로 액체 상태에서가 고체 상태에 비해 전기 전도도가 크다.

10 NaCl 결정 구조

NaCl 결정은 1개의 Na^+ 주위에 전후상하좌우로 6개의 Cl^- 이 배치되어 있다. 또한 마찬가지로 1개의 Cl^- 주위에 전후상하좌우로 6개의 Na^+ 이 배치되어 있다.

- . Na^+ 에 가장 가까운 Cl^- 수는 6이다.
- . NaCl 결정 구조에서 Na^+ 은 면심 입방 구조를 이루므로 Na^+ 에 가장 가까운 Na^+ 수는 12이다.
- . Cl^- 은 꼭짓점에 $\frac{1}{8}$ 입자가 8개, 면에 $\frac{1}{2}$ 입자가 6개 있으므로, 단위 세포에 포함된 Cl^- 수는 $\frac{1}{8} \times 8 + \frac{1}{2} \times 6 = 4$ 이다.

11 금속 결정과 자유 전자

금속은 양전하를 띠는 금속 양이온이 규칙적으로 배열되어 있고, 음전하를 띠는 자유 전자가 금속 양이온 사이를 자유롭게 돌아다니는 상태로 구성되어 있다. 이들 금속 양이온과 자유 전자 사이의 정전기적 인력에 의한 화학 결합을 금속 결합이라고 하며, 금속 결합으로 이루어진 결정을 금속 결정이라고 한다.

- ✕. A(s)는 금속이다.
- ✕. ①은 자유 전자로, 전압을 걸어주었을 때 (-)극에서 (+)극으로 이동하므로 (-)전하를 띤다.
- . A(s)는 전압을 걸어주었을 때 자유 전자가 (-)극에서 (+)극으로 이동하므로 전기 전도성이 있다.

12 체심 입방 구조

체심 입방 구조는 단위 세포를 정육면체라고 가정할 때, 정육면체의 8개의 꼭짓점과 단위 세포 중심에 각각 입자가 배열된 구조이다. 단순 입방 구조는 단위 세포를 정육면체라고 가정할 때, 정육면체의 8개의 꼭짓점에 각각 입자가 배열된 구조이다.

- ✕. 단위 세포의 중심에 원자가 위치하므로 체심 입방 구조이다.
- . 꼭짓점에 $\frac{1}{8}$ 입자가 8개, 중심에 1개의 입자가 있으므로 단위 세포에 포함된 M 원자 수는 2이다.
- ✕. ①은 ②보다 단위 세포의 중심에 있는 원자와 더 가깝다.

3점 수능 테스트

문분 40~45쪽

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

01 분자 간 힘과 기준 끓는점

분자 간 힘이 클수록 액체에서 기체로의 상태 변화에 많은 에너지가 필요하므로 기준 끓는점이 높다. 분자 간 힘에는 분산력, 쌍극자-쌍극자 힘, 수소 결합이 있다. 액체 상태에서 분자량이 클수록 분산력이 크므로 분자량이 비슷한 분자들은 대체로 분산력이 비슷하다. 쌍극자 모멘트의 크기가 클수록 대체로 분자의 극성이 커서 쌍극자-쌍극자 힘이 크다.

- . ① 분자는 전기 음성도가 매우 큰 O 원자에 결합된 H 원자가 있으므로 이웃한 ① 분자와 수소 결합을 한다.
- ✕. 분산력은 ①과 ②이 비슷하다. ①이 ②보다 쌍극자 모멘트가 크므로 쌍극자-쌍극자 힘이 크다. 따라서 ②이 ③보다 기준 끓는점이 높은 주된 요인은 쌍극자-쌍극자 힘이다.

㉔ 액체 상태에서 ㉔은 ㉔보다 기준 끓는점이 높으므로 쌍극자·쌍극자 힘이 크다.

02 비열과 분자 간 힘

분자 간 힘이 클수록 액체에서 기체로의 상태 변화에 많은 에너지가 필요하므로 기준 끓는점이 높다.

㉑ 비열은 물질 1g의 온도를 1°C 높이는 데 필요한 열량이다. 따라서 25°C의 $C_2H_5OH(l)$ 10g을 26°C로 높이는 데 필요한 열량은 $2.44 J/(g \cdot ^\circ C) \times 10g \times 1^\circ C = 24.4 J$ 이다.

㉒ 질량이 같을 때 비열이 큰 물질일수록 온도를 높이는 데 많은 열량이 필요하므로 같은 열량을 가했을 때 온도 변화가 작게 나타난다. 따라서 25°C에서 비열이 $H_2O(l)$ 이 $C_2H_5OH(l)$ 보다 크므로 25°C의 $H_2O(l)$ 1g과 25°C의 $C_2H_5OH(l)$ 1g에 각각 3J의 열을 가한 후의 온도는 $H_2O(l)$ 이 $C_2H_5OH(l)$ 보다 낮다.

㉓ 97°C에서 H_2O 는 액체이므로 H_2O 의 기준 끓는점은 97°C보다 높고, C_2H_5OH 는 기체이므로 C_2H_5OH 의 기준 끓는점은 97°C보다 낮다. 따라서 기준 끓는점은 H_2O 가 C_2H_5OH 보다 높으므로 분자 간 힘은 $H_2O(l)$ 이 $C_2H_5OH(l)$ 보다 크다.

03 $H_2O(l)$ 의 밀도와 증기 압력

0°C에서 4°C까지 온도가 높아질수록 $H_2O(l)$ 의 밀도는 증가하고 4°C에서 100°C까지 온도가 높아질수록 $H_2O(l)$ 의 밀도는 감소한다.

㉑ 액체의 온도가 높아지면 증기 압력이 커진다. 증기 압력은 T_3 에서가 가장 크고, T_1 에서가 가장 작으므로 $T_3 > T_2 > T_1$ 이다.

㉒ T_2 에서가 T_3 에서보다 밀도가 크므로 $H_2O(l)$ 1mL에 들어 있는 H_2O 분자 수는 T_2 에서가 T_3 에서보다 크다.

㉓ $T_3 > T_1$ 이므로 $H_2O(l)$ 1g에 들어 있는 수소 결합 수는 T_1 에서가 T_3 에서보다 크다.

04 분자의 표면적과 분산력

노말펜테인, 아이소펜테인, 네오펜테인은 모두 분자식이 C_5H_{12} 로 같다.

㉒ 노말펜테인, 아이소펜테인과 네오펜테인은 분자식이 같으므로 분자량이 같다. 따라서 $72 = x = y$ 이다.

㉓ 기준 끓는점은 노말펜테인, 아이소펜테인, 네오펜테인 순으로 낮아지지만 이 3가지 분자의 분자량은 모두 같다. 따라서 가설 '기준 끓는점이 높은 탄화수소일수록 분자량이 크다.'는 옳지 않다.

㉔ 분자량이 비슷한 탄화수소의 경우 구조에 따라 분자의 표면적이 클수록 분산력이 크다. 따라서 표면적이 큰 노말펜테인이 표면적이 작은 네오펜테인보다 분산력이 크다.

05 $H_2O(l)$ 과 $H_2O(s)$ 의 밀도

일반적으로 물질의 상태에 따른 밀도의 크기는 고체 > 액체 > 기체이다. 그러나 H_2O 은 얼 때 1개의 H_2O 분자가 주변에 이웃한 4개의 H_2O 분자와 수소 결합을 하면서 입체 육각 구조의 빈 공간이 있는 결정을 형성하기 때문에 고체의 밀도가 액체의 밀도보다 작다.

㉑ B는 고체에서의 밀도가 액체에서의 밀도보다 작으므로 H_2O 이다. 따라서 고체에서의 밀도가 액체에서의 밀도보다 큰 A는 CH_3COOH 이다.

㉒ $-1^\circ C$ 의 B(s)는 $20^\circ C$ 의 B(l)보다 밀도가 작으므로 $20^\circ C$ 의 B(l)에 뜬다.

㉓ $-1^\circ C$ 에서 B(s)의 밀도가 $b g/mL$ 이므로 $a g$ B(s)의 부피는 $\frac{a g}{b g/mL} = \frac{a}{b} mL$ 이다. $a > b$ 이므로 $\frac{a}{b} mL > 1 mL$ 이다.

$-1^\circ C$ 에서 A(s)의 밀도가 $a g/mL$ 이므로 $b g$ A(s)의 부피는 $\frac{b g}{a g/mL} = \frac{b}{a} mL < 1 mL$ 이다. 따라서 $-1^\circ C$ 에서 부피는 $a g$ B(s)가 $b g$ A(s)보다 크다.

06 온도와 증기 압력

액체의 온도가 높아지면 증기 압력이 커진다.

㉑ 액체의 온도가 높아져서 증기 압력이 점점 증가하다가 액체의 증기 압력이 외부 압력과 같아지는 온도를 액체의 끓는점이라고 한다. 특히 외부 압력이 1 atm일 때의 끓는점을 기준 끓는점이라고 한다. 따라서 A(l)의 기준 끓는점은 $56^\circ C$ 이다.

㉒ $25^\circ C$ 에서 A(l)의 증기 압력은 0.1 atm보다 크고, B(l)의 증기 압력은 0.1 atm보다 작다. 따라서 $25^\circ C$ 에서 증기 압력은 A(l)이 B(l)보다 크다.

㉓ 기준 끓는점은 A(l)과 B(l)이 각각 $56^\circ C$, $82^\circ C$ 이다. 분자 간 힘은 기준 끓는점이 낮은 A(l)이 기준 끓는점이 높은 B(l)보다 작다.

07 분자 간 힘과 증기 압력

감압 용기에 액체를 넣고 액체가 끓을 때까지 압력을 낮추어 액체의 온도가 $a^\circ C$, 용기 안 기체의 압력이 $b mmHg$ 이면, $a^\circ C$ 에서 그 액체의 증기 압력은 $b mmHg$ 이다.

㉒ 기준 끓는점은 액체의 증기 압력이 1 atm일 때의 온도이다. $25^\circ C$ 에서 A(l)의 증기 압력이 94 mmHg이므로 A(l)의 기준 끓는점은 $25^\circ C$ 보다 높다.

㉓ $25^\circ C$ 에서 B(l)과 C(l)의 증기 압력이 각각 122 mmHg, 470 mmHg이므로 증기 압력은 C(l)이 B(l)보다 크다.

㉔ 액체는 분자 간 힘이 클수록 같은 온도에서 증기 압력이 낮다. 따라서 분자 간 힘은 A(l)이 가장 크다.

08 온도와 증기 압력

감압 용기에 $H_2O(l)$ 을 넣고 $H_2O(l)$ 이 끓을 때까지 압력을 낮추어 $H_2O(l)$ 의 온도가 $c^\circ C$, 용기 안 기체의 압력이 d mmHg 이면, $c^\circ C$ 에서 $H_2O(l)$ 의 증기 압력은 d mmHg이다.

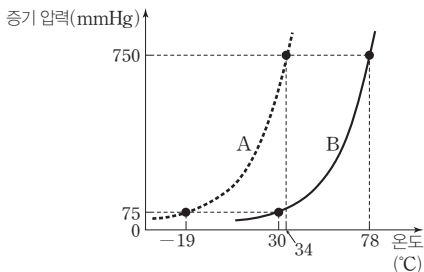
㉠ 액체의 온도가 높아지면 증기 압력이 커진다. $H_2O(l)$ 은 $40^\circ C$ 에서 증기 압력이 55 mmHg이므로 온도가 낮은 $20^\circ C$ 에서는 증기 압력이 55 mmHg보다 작다. $x < 55$ 이다.

㉡ $H_2O(l)$ 은 $80^\circ C$ 에서 증기 압력이 356 mmHg이다. 끓는점은 액체의 증기 압력이 외부 압력과 같아지는 온도이므로 356 mmHg에서 $H_2O(l)$ 의 끓는점은 $80^\circ C$ 이다.

㉢ 55 mmHg에서 $H_2O(l)$ 의 끓는점이 $40^\circ C$ 이므로 $60^\circ C$ 에서 H_2O 는 기체이다.

09 외부 압력에 따른 끓는점 변화

끓는점은 액체의 증기 압력이 외부 압력과 같을 때의 온도이다. 외부 압력이 75 mmHg일 때 $A(l)$ 의 끓는점이 $-19^\circ C$ 이므로, $-19^\circ C$ 에서 $A(l)$ 의 증기 압력은 75 mmHg이다. 마찬가지로 $34^\circ C$ 에서 $A(l)$ 의 증기 압력은 750 mmHg이고, $30^\circ C$, $78^\circ C$ 에서 $B(l)$ 의 증기 압력은 각각 75 mmHg, 750 mmHg이다. 이를 증기 압력 곡선으로 나타내면 그림과 같다.



㉠ 기준 끓는점은 760 mmHg (= 1 atm)일 때의 끓는점이다. $78^\circ C$ 에서 $B(l)$ 의 증기 압력이 750 mmHg이고, 액체의 온도가 높아지면 증기 압력이 커지므로 증기 압력이 760 mmHg일 때 $B(l)$ 의 온도는 $78^\circ C$ 보다 높다. 따라서 $B(l)$ 의 기준 끓는점은 $78^\circ C$ 보다 높다.

㉡ $78^\circ C$ 에서 $A(l)$, $B(l)$ 모두 증기 압력이 500 mmHg보다 크다. 따라서 $78^\circ C$, 500 mmHg에서 A, B 모두 기체이다.

㉢ $34^\circ C$ 에서 $A(l)$ 의 증기 압력은 750 mmHg이고 $B(l)$ 의 증기 압력은 75 mmHg보다 크다. 따라서 $34^\circ C$ 에서 $A(l)$ 의 증기 압력과 $B(l)$ 의 증기 압력의 차는 675 mmHg보다 작다.

10 결정 구조의 단위 세포

단순 입방 구조, 체심 입방 구조, 면심 입방 구조의 단위 세포당 입자 수는 각각 1, 2, 4이고, 한 입자를 둘러싸고 있는 가장 가까

운 입자 수는 각각 6, 8, 12이다.

㉠ 단위 세포당 입자 수가 (가)가 (나)의 4배이므로 $b=1$ 이고, (가)는 면심 입방 구조, (나)는 단순 입방 구조이다.

㉡ 단순 입방 구조인 (나)에서 한 입자를 둘러싸고 있는 가장 가까운 입자 수 $a=6$ 이다. 따라서 $\frac{a}{b} = \frac{6}{1} > 5$ 이다.

㉢ (다)는 체심 입방 구조이고 이의 단위 세포당 입자 수는 2, 한 입자를 둘러싸고 있는 가장 가까운 입자 수는 8이므로 이를 표시 하면 영역 I에 위치한다.

11 단순 입방 구조와 체심 입방 구조

체심 입방 구조는 단위 세포를 정육면체라고 가정할 때, 정육면체의 8개의 꼭짓점과 단위 세포 중심에 각각 입자가 배열된 구조이다. 중심에 위치한 입자와 꼭짓점에 위치한 입자는 서로 가장 가까운 입자이므로 꼭짓점에 위치한 입자들은 서로 가장 가까운 입자가 아니다. 따라서 (가) 과정 후 종이에 찍힌 모양은 다음과 같다.



㉠ ㉠은 체심 입방 구조이다.

㉡ ㉡은 단순 입방 구조이므로 단순 입방 구조의 단위 세포 모형 중심에는 스타이로폼 공이 없다.

㉢ 체심 입방 구조와 단순 입방 구조의 단위 세포당 입자 수는 각각 2, 1이므로 $x=2+1=3$ 이다.

12 NaCl 결정과 CsCl 결정

NaCl 결정은 Na^+ 끼리, Cl^- 끼리 각각 면심 입방 구조를 이루고 있고, 두 면심 입방 구조가 연속적으로 서로 겹쳐져 있는 구조이다. 이에 NaCl 결정에서 Cl^- 을 둘러싸고 있는 가장 가까운 Cl^- 수는 12이고, Cl^- 을 둘러싸고 있는 가장 가까운 Na^+ 수는 6이다. CsCl 결정은 Cs^+ 끼리, Cl^- 끼리 각각 단순 입방 구조를 이루고 있고, 두 단순 입방 구조가 연속적으로 서로 겹쳐져 있는 구조이다. 이에 CsCl 결정에서 Cl^- 을 둘러싸고 있는 가장 가까운 Cl^- 수는 6이고, Cl^- 을 둘러싸고 있는 가장 가까운 Cs^+ 수는 8이다. 따라서 (가)는 $CsCl(s)$ 이고, (나)는 $NaCl(s)$ 이며, $x=6$,

$y=12$, $z=8$ 이다. $\frac{y \times z}{x} = \frac{12 \times 8}{6} = 16$ 이다.

03

용액

2점 수능 테스트

본문 58~61쪽

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

01 퍼센트 농도와 ppm 농도

퍼센트 농도는 용액 100 g 속에 녹아 있는 용질의 질량(g)을 나타낸 농도로, 단위는 %를 사용한다. ppm은 'parts per million'의 약자로 백만분의 1을 나타내는 단위이다. 손 소독제의 전체 질량을 w g이라고 하면 70%인 에탄올의 질량은 $w \text{ g} \times \frac{70}{100} = \frac{7w}{10}$ g

이고, 1 ppm인 메탄올의 질량은 $w \text{ g} \times \frac{1}{1000000} = \frac{w}{1000000}$ g

이다. 따라서 $\frac{\text{에탄올의 질량(g)}}{\text{메탄올의 질량(g)}} = \frac{\frac{7w}{10}}{\frac{w}{1000000}} = 700000$ 이다.

02 퍼센트 농도와 몰 농도

퍼센트 농도는 용액 100 g 속에 녹아 있는 용질의 질량(g)을 나타낸 농도이고, 몰 농도는 용액 1 L 속에 녹아 있는 용질의 양(mol)을 나타낸 농도이다.

㉠ DEET의 퍼센트 농도는 $\frac{10 \text{ g}}{100 \text{ g}} \times 100 = 10\%$ 이다.

㉡ 용액의 질량과 용질의 질량은 온도의 영향을 받지 않으므로 퍼센트 농도는 온도의 영향을 받지 않는다.

㉢ 용액 100 g의 부피는 $100 \text{ g} \times \frac{1}{d \text{ g/mL}} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = \frac{1}{10d}$ L이고, DEET의 몰 농도는 $\frac{\text{DEET의 양(mol)}}{\text{용액의 부피(L)}} = \frac{\frac{10 \text{ g}}{191 \text{ g/mol}}}{\frac{1}{10d} \text{ L}} = \frac{100d}{191}$ M이다.

03 몰랄 농도와 몰 분율

몰랄 농도는 용매 1 kg에 녹인 용질의 양(mol)을 나타낸 농도이고, 몰 분율은 균일한 혼합물에서 각 성분의 양(mol)을 혼합물의 전체 양(mol)으로 나눈 값이다.

㉠ 몰랄 농도는 (나)가 (가)의 2배이고, 용질 A의 질량도 (나)가

(가)의 2배이므로 물의 질량은 (나)와 (가)가 같다. 따라서 $x=100$ 이다.

㉡ A의 화학식량을 M_A 이라고 하면 (가)에서 몰랄 농도는

$$\frac{\frac{2 \text{ g}}{M_A \text{ g/mol}}}{\frac{100}{1000} \text{ kg}} = \frac{20}{M_A} m = \frac{1}{3} m \text{이므로 } M_A = 60 \text{이다.}$$

㉢ 물의 분자량을 $M_{\text{물}}$ 이라고 하면 (나)에서 A의 몰 분율 = (가)에서 A의 몰 분율 =

$$\frac{\frac{\frac{4}{60} \text{ mol}}{\frac{4}{60} \text{ mol} + \frac{100}{M_{\text{물}}} \text{ mol}}}{\frac{\frac{2}{60} \text{ mol}}{\frac{2}{60} \text{ mol} + \frac{100}{M_{\text{물}}} \text{ mol}}} < 2 \text{이다.}$$

04 몰랄 농도

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

㉠ 퍼센트 농도는 용액 100 g 속에 녹아 있는 용질의 질량(g)을 나타낸 농도이므로, 용매의 질량이 2배가 되어도 퍼센트 농도가 $\frac{1}{2}$ 배가 되지 않는다.

㉡ 몰랄 농도 = $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 질량(kg)}}$ 이므로, 용매의 질량이 2배가 되면 몰랄 농도는 $\frac{1}{2}$ 배가 된다.

㉢ 용질의 몰 분율은 용질의 양(mol)을 혼합물의 전체 양(mol)으로 나눈 값이므로, 용매의 질량이 2배가 되어도 용질의 몰 분율이 $\frac{1}{2}$ 배가 되지 않는다.

05 몰랄 농도와 퍼센트 농도

몰랄 농도는 용매 1 kg에 녹인 용질의 양(mol)을 나타낸 농도이고, 퍼센트 농도는 용액 100 g 속에 녹아 있는 용질의 질량(g)을 나타낸 농도이다. (가)는 용액의 질량이 100 g, 퍼센트 농도가 10%이므로 NaOH의 질량은 $100 \text{ g} \times \frac{10}{100} = 10 \text{ g}$ 이고, 물의 질량은 $100 \text{ g} - 10 \text{ g} = 90 \text{ g}$ 이다. (나)는 용액의 질량이 100 g, 퍼센트 농도가 30%이므로 NaOH의 질량은 $100 \text{ g} \times \frac{30}{100} = 30 \text{ g}$ 이고, 물의 질량은 $100 \text{ g} - 30 \text{ g} = 70 \text{ g}$ 이다. (다)는 (가)와 (나)를 혼합한 수용액이므로 NaOH의 질량은 $10 \text{ g} + 30 \text{ g} = 40 \text{ g}$ 이고, 물의 질량은 $90 \text{ g} + 70 \text{ g} = 160 \text{ g}$ 이다.

✕. (가)의 몰랄 농도 $a\ m = \frac{10}{40} \frac{\text{mol}}{\text{kg}} = \frac{25}{9}\ m$ 이고, (나)의 몰랄

농도 $b\ m = \frac{30}{70} \frac{\text{mol}}{\text{kg}} = \frac{75}{7}\ m$ 이므로, $b > 3a$ 이다.

㉠. (다)의 퍼센트 농도 $c\% = \frac{40\ \text{g}}{200\ \text{g}} \times 100 = 20\%$ 이다.

㉡. (다)의 몰랄 농도 $d\ m = \frac{40}{160} \frac{\text{mol}}{\text{kg}} = \frac{25}{4}\ m$ 이다.

06 증기 압력 내림의 측정

순수한 용매에 비휘발성인 용질이 녹아 있는 묽은 용액에서 용액의 증기 압력은 순수한 용매의 증기 압력보다 작아진다. 용매의 증기 압력과 용액의 증기 압력의 차를 증기 압력 내림이라고 한다.

㉠. 물의 증기 압력과 설탕물의 증기 압력의 차가 수은 기둥의 높이 차로 나타나므로 $t^\circ\text{C}$ 에서 설탕물의 증기 압력은 $(300-h)\ \text{mmHg}$ 이다.

✕. (가)에 물을 더 넣어도 물의 증기 압력은 변하지 않으므로 h 는 일정하다.

✕. (나)에 물을 더 넣으면 설탕물의 농도는 작아지고 증기 압력은 커지므로 h 는 감소한다.

07 증기 압력 내림과 몰 분율

용질의 몰 분율은 용질의 양(mol)을 혼합물의 전체 양(mol)으로 나눈 값이다.

㉠. (가)에서 설탕의 몰 분율은 $\frac{1\ \text{mol}}{1\ \text{mol} + 99\ \text{mol}} = \frac{1}{100}$ 이다.

㉡. 몰랄 농도는 용매 1 kg에 녹인 용질의 양(mol)을 나타낸 농도이다. (나)는 (가)보다 용질의 양은 2배이지만 용매인 물의 질량은 $\frac{1}{2}$ 배보다 작으므로 몰랄 농도는 (나)가 (가)의 4배보다 크다.

이를 수식으로 확인할 경우 물의 분자량을 M 이라고 할 때

$$\frac{\text{(나)의 몰랄 농도}}{\text{(가)의 몰랄 농도}} = \frac{\frac{2\ \text{mol}}{48 \times M\ \text{kg}}}{\frac{1\ \text{mol}}{99 \times M\ \text{kg}}} = \frac{2 \times 99}{48} > 4\ \text{이다.}$$

㉢. 수용액에서 증기 압력 내림은 용질의 몰 분율에 비례한다.

$$\frac{\text{(나)의 증기 압력 내림}}{\text{(가)의 증기 압력 내림}} = \frac{\frac{2}{50}}{\frac{1}{100}} = 4\ \text{이다.}$$

08 몰 농도와 몰랄 농도

몰 농도는 용액 1 L 속에 녹아 있는 용질의 양(mol)을 나타낸 농도이고, 몰랄 농도는 용매 1 kg에 녹인 용질의 양(mol)을 나타낸 농도이다. 증기 압력 내림은 용질의 몰 분율에 비례하므로 용액의 농도가 클수록 증기 압력 내림도 커진다.

㉠. (가)의 질량은 $1000\ \text{mL} \times 1\ \text{g/mL} = 1000\ \text{g}$ 이고, 요소의 질량은 $0.1\ \text{M} \times 1\ \text{L} \times 60\ \text{g/mol} = 6\ \text{g}$ 이므로 물의 질량은 $1000\ \text{g} - 6\ \text{g} = 994\ \text{g}$ 이다. (가)의 몰랄 농도는 $\frac{0.1\ \text{mol}}{994\ \text{kg}} > 0.1\ m$

이다.

㉡. 0.1 m 요소 수용액은 물 1000 g에 요소 0.1 mol $\times 60\ \text{g/mol} = 6\ \text{g}$ 이 녹아 있는 용액과 농도가 같다. (나)는 용액의 질량이 $500\ \text{mL} \times 1\ \text{g/mL} = 500\ \text{g}$ 이므로 이에 녹아 있는 요소의 질량을 $x\ \text{g}$ 이라고 하면 $1006\ \text{g} : 6\ \text{g} = 500\ \text{g} : x\ \text{g}$, $x = \frac{3000}{1006} < 3$ 이다.

✕. 요소 수용액의 농도가 클수록 증기 압력 내림이 크고 증기 압력은 작다. 요소 수용액의 농도가 (가) > (나)이므로 증기 압력은 (가) < (나)이다.

09 증기 압력 내림과 농도의 변환

용액의 증기 압력 내림은 용매의 증기 압력과 용질의 몰 분율의 곱이다.

$$A(aq)\ \text{에서}\ A\ \text{의}\ \text{몰}\ \text{분율} = \frac{\text{용액의 증기 압력 내림}}{\text{용매의 증기 압력}} = \frac{(24-23)\ \text{mmHg}}{24\ \text{mmHg}} = \frac{1}{24}\ \text{이다.}$$

㉠. A의 몰 분율이 $\frac{1}{24}$ 인 A(aq)은 A 1 mol과 물 23 mol을 혼합한 용액과 농도가 같다. 이의 몰랄 농도를 구하기 위해서는 H_2O 의 분자량을 이용해야 용매의 질량을 알 수 있다. 만약 H_2O 의 분자량이 M 이라면 A(aq)의 몰랄 농도는 $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 질량(kg)}}$

$$= \frac{1\ \text{mol}}{\frac{23M}{1000}\ \text{kg}} = \frac{1000}{23M}\ m\ \text{이 된다.}$$

✕. 용질의 몰 분율을 알고 있을 때 몰랄 농도를 구하기 위해서 용질의 화학식량은 필요하지 않다.

✕. 용질의 몰 분율을 알고 있을 때 몰랄 농도를 구하기 위해서 용액의 밀도는 필요하지 않다.

10 끓는점 오름과 몰랄 농도

비휘발성이고 비전해질인 용질이 녹아 있는 묽은 용액의 끓는점 오름은 용액의 몰랄 농도에 비례한다. 끓는점이 같은 3가지 수용

액 (가)~(다)는 끓는점 오름이 같으므로 몰랄 농도가 같다. 몰랄

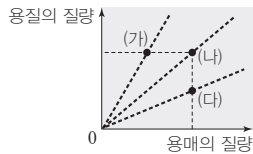
$$\text{농도}(m) = \frac{\text{용질의 양}(\text{mol})}{\text{용매의 질량}(\text{kg})} = \frac{\text{용질 1 mol의 질량}(\text{g/mol})}{\text{용매의 질량}(\text{kg})}$$

$$\text{이므로 용질 1 mol의 질량}(\text{g/mol}) = \frac{1}{\text{몰랄 농도}(m)} \times$$

$\frac{\text{용질의 질량}(\text{g})}{\text{용매의 질량}(\text{kg})}$ 이다. 3가지 수용액에서 $\frac{1}{\text{몰랄 농도}(m)}$ 은 모

두 같으므로 용질의 화학식량은 $\frac{\text{용질의 질량}(\text{g})}{\text{용매의 질량}(\text{kg})}$ 에 비례한다.

$\frac{\text{용질의 질량}(\text{g})}{\text{용매의 질량}(\text{kg})}$ 은 점과 원점을 잇는 직선의 기울기에 비례하
므로 기울기가 클수록 용질의 화학식량이 크다. 따라서 용질의 화
학식량은 (가) > (나) > (다)이다.



11 어는점 내림과 농도의 변환

(가)에서 밀도가 1.1 g/mL인 0.5 M 포도당 수용액 500 mL에
녹아 있는 포도당의 양은 $0.5 \text{ M} \times 0.5 \text{ L} = 0.25 \text{ mol}$ 이고, 포도
당의 질량은 $0.25 \text{ mol} \times 180 \text{ g/mol} = 45 \text{ g}$ 이며, 수용액의 질량
은 $500 \text{ mL} \times 1.1 \text{ g/mL} = 550 \text{ g}$ 이고, 물의 질량은 $550 \text{ g} - 45 \text{ g}$
 $= 505 \text{ g}$ 이다. 어는점 내림은 물의 몰랄 내림 상수와 몰랄 농도의
곱이므로 (나)에서 물을 더 넣은 후의 수용액의 어는점 내림
 $0.62^\circ\text{C} = 1.86^\circ\text{C}/m \times (\text{몰랄 농도})$ 이고, 몰랄 농도 $= \frac{1}{3} m$ 이다.

이 수용액의 몰랄 농도를 계산하면 $\frac{\text{용질의 양}(\text{mol})}{\text{용매의 질량}(\text{kg})}$
 $= \frac{0.25 \text{ mol}}{\frac{505+w}{1000} \text{ kg}} = \frac{1}{3} m$ 이므로 $w = 245$ 이다.

12 어는점 내림과 농도의 변환

어는점 내림은 용액의 몰랄 농도에 비례한다. 4% 요소 수용액은
요소 4 g과 물 96 g을 혼합한 용액과 농도가 같고, 5% 포도당 수
용액은 포도당 5 g과 물 95 g을 혼합한 용액과 농도가 같다. 따라서

$$\frac{\text{(나)의 어는점 내림}}{\text{(가)의 어는점 내림}} = \frac{\text{(나)의 몰랄 농도}}{\text{(가)의 몰랄 농도}} = \frac{\frac{\frac{5}{180} \text{ mol}}{\frac{95}{1000} \text{ kg}}}{\frac{\frac{4}{60} \text{ mol}}{\frac{96}{1000} \text{ kg}}} = \frac{8}{19} \text{이다.}$$

13 퍼센트 농도와 몰랄 농도

퍼센트 농도는 용액 100 g 속에 녹아 있는 용질의 질량(g)을 나
타낸 농도이고, 몰랄 농도는 용매 1 kg에 녹인 용질의 양(mol)
을 나타낸 농도이다.

$$\text{㉠. (가)의 퍼센트 농도}(\%) = \frac{9 \text{ g}}{9 \text{ g} + 150 \text{ g}} \times 100 = \frac{900}{159} > 5 \text{이다.}$$

㉡. 0.2 m 포도당 수용액은 물 1000 g에 포도당 0.2 mol \times
180 g/mol = 36 g을 혼합한 용액과 농도가 같으므로 (나)에 녹
아 있는 포도당의 질량을 $x \text{ g}$ 이라고 하면 용액의 질량과 용질의
질량비가 $1036 \text{ g} : 36 \text{ g} = 259 \text{ g} : x \text{ g}$ 이므로 $x = 9$ 이다.

㉢. 끓는점 오름은 용액의 몰랄 농도에 비례한다. (가)의 몰랄 농
도는 $\frac{9}{150} \text{ mol} = \frac{1}{3} m$ 이다. (가)의 끓는점 오름은 $0.51^\circ\text{C}/m \times$

$\frac{1}{3} m = 0.17^\circ\text{C}$ 이고, (나)의 끓는점 오름은 $0.51^\circ\text{C}/m \times 0.2 m =$
 0.102°C 이다. 따라서 (가)의 끓는점 - (나)의 끓는점 $= 100.17^\circ\text{C}$
 $- 100.102^\circ\text{C} = 0.068^\circ\text{C}$ 이다.

14 끓는점 오름과 어는점 내림

비휘발성이고 비전해질인 용질이 녹아 있는 묽은 용액의 끓는점
오름과 어는점 내림은 용액의 몰랄 농도에 비례한다.

✕. 몰랄 농도가 0.1 m인 수용액의 끓는점은 100.051°C 이므로
(가)의 몰랄 농도는 0.1 m보다 작다.

㉠. (나)의 끓는점이 100.051°C 보다 높으므로 몰랄 농도는 0.1 m
보다 크다. 1 atm에서 몰랄 농도가 0.1 m인 수용액의 어는점은
 -0.186°C 이므로 (나)의 어는점은 -0.186°C 보다 낮다.

㉡. (가)와 (나)의 끓는점 오름이 각각 0.04°C , 0.1°C 이므로 (가)
와 (나)의 몰랄 농도비는 2 : 5이다. (가)와 (나)에 녹아 있는 포도
당의 양(mol)이 같으므로 (가)와 (나)에 들어 있는 물의 질량비
는 5 : 2이다.

15 삼투 현상

반투막을 사이에 두고 농도가 서로 다른 용액이 있을 때 용매 분
자가 반투막을 통해 이동하여 농도가 진한 용액은 농도가 점점 묽
어지고 농도가 묽은 용액은 농도가 점점 진해지는데, 이러한 현상
을 삼투라고 한다.

㉠. I에서 II가 될 때 (가)에서 (나)로 물의 이동이 (나)에서 (가)
로 물의 이동보다 더 많으므로 I에서 몰 농도는 (나) > (가)이다.

✕. 삼투압은 반투막을 사이에 두고 순수한 용매와 용액이 있을
때 용매 분자가 용액 쪽으로 더 많이 이동하는 삼투 현상을 막기
위해 용액 쪽에 가해 주어야 하는 최소한의 압력이다. (가) 대신
순수한 물을 사용했다면 부피가 같아지도록 설탕물에 추가로 가

한 압력 P 가 (나)의 삼투압일 것이다. 그러나 설탕물 (가)를 사용했으므로 P 는 (나)의 삼투압보다 작다.

✕. II는 반투막 사이에서 양쪽으로 이동하는 물 분자의 수가 서로 같은 동적 평형 상태이다. 따라서 II에서 물 분자는 반투막을 통과할 수 있다.

16 삼투압과 몰 농도

비휘발성, 비전해질 용질이 녹아 있는 묽은 용액의 삼투압은 용액의 몰 농도와 절대 온도에 비례한다.

✕. 삼투압은 수용액의 몰 농도에 비례한다. 삼투압은 (가)가 (나)보다 작으므로 몰 농도도 (가)가 (나)보다 작다.

㉠. 2가지 수용액은 용질의 질량이 같은 1 L 수용액이므로 용질의 분자량이 클수록 몰 농도가 작다. 분자량은 설탕이 포도당보다 크고, 몰 농도는 (가)가 (나)보다 작으므로 (가)는 설탕 수용액, (나)는 포도당 수용액이다.

㉡. 설탕 분자량은 포도당 분자량의 2배보다 작으므로 (가)의 몰 농도는 (나)의 몰 농도의 $\frac{1}{2}$ 배보다 크다. 따라서 (가)의 삼투압 b atm도 (나)의 삼투압의 $\frac{1}{2}$ 배인 $\frac{a}{2}$ atm보다 크므로 $a < 2b$ 이다.

3점 수능 테스트

본문 62~71쪽

- 01 ㉠ 02 ㉡ 03 ㉢ 04 ㉣ 05 ㉤ 06 ㉥ 07 ㉦
 08 ㉧ 09 ㉨ 10 ㉩ 11 ㉪ 12 ㉫ 13 ㉬ 14 ㉭
 15 ㉮ 16 ㉯ 17 ㉰ 18 ㉱ 19 ㉲ 20 ㉳

01 퍼센트 농도와 몰 농도

퍼센트 농도는 용액 100 g 속에 녹아 있는 용질의 질량(g)을 나타낸 농도이고, 몰 농도는 용액 1 L 속에 녹아 있는 용질의 양(mol)을 나타낸 농도이다.

㉠. 8% NaOH(aq) 100 g에 들어 있는 NaOH의 질량은 $100 \text{ g} \times \frac{8}{100} = 8 \text{ g}$ 이고, 물의 질량은 $100 \text{ g} - 8 \text{ g} = 92 \text{ g}$ 이다.

㉡. (나)에서 만든 NaOH(aq)은 용액의 질량이 200 g이고, NaOH의 질량은 8 g이므로 퍼센트 농도는 $\frac{8 \text{ g}}{200 \text{ g}} \times 100 = 4\%$ 이다.

✕. 물을 추가하여도 용질의 양(mol)이 변하지 않으므로 용액의 몰 농도는 용액의 부피에 반비례한다. 따라서

$$\frac{\text{(나)에서 만든 NaOH(aq)의 몰 농도}}{\text{(가)에서 NaOH(aq)의 몰 농도}} = \frac{92}{192} < \frac{1}{2} \text{이다.}$$

02 퍼센트 농도와 몰 농도

퍼센트 농도는 용액 100 g 속에 녹아 있는 용질의 질량(g)을 나타낸 농도이고, 몰 농도는 용액 1 L 속에 녹아 있는 용질의 양(mol)을 나타낸 농도이다. A~D의 밀도가 같으므로 밀도가 $d \text{ g/mL}$ 라면 수용액 1 L의 질량은 $1000d \text{ g}$ 이다. 수용액 1 L에 들어 있는 용질의 양(mol)은 A~D가 각각 $3a$, a , $4a$, $2a$ 이고, 수용액 $1000d \text{ g}$ 에 들어 있는 용질의 질량(g)은 A~D가 각각 $10bd$, $10bd$, $20bd$, $20bd$ 이다. 따라서 용질의 화학식량비 $A : B : C : D = \frac{10bd}{3a} : \frac{10bd}{a} : \frac{20bd}{4a} : \frac{20bd}{2a} = 2 : 6 : 3 : 6$ 이다. 추가적으로, 수용액에 녹아 있는 용질의 화학식량은 점과

원점을 잇는 직선의 $\frac{1}{\text{기울기}}$ 에 비례한다.

03 퍼센트 농도와 몰랄 농도

퍼센트 농도는 $\frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용액의 질량(g)}} \times 100(\%)$ 이므로 물 100 g에 NaOH(s)을 조금씩 녹일 때 용질의 질량과 함께 용액의 질량도 증가하므로 용액의 퍼센트 농도는 용질의 질량에 비례하지 않는다. 몰랄 농도(m)는 $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 질량(kg)}}$ 이므로 물 100 g에 NaOH(s)을 조금씩 녹일 때 용액의 몰랄 농도는 용질의 질량에 비례한다.

㉠. 물 100 g에 NaOH(s) 4 g을 녹인 용액의 퍼센트 농도($b\%$)는 $\frac{4 \text{ g}}{100 \text{ g} + 4 \text{ g}} \times 100(\%)$ 이고, 물 100 g에 NaOH(s) 8 g을 녹인 용액의 퍼센트 농도($a\%$)는 $\frac{8 \text{ g}}{100 \text{ g} + 8 \text{ g}} \times 100(\%)$ 이다.

따라서 $\frac{a}{b} = \frac{800}{108} \times \frac{104}{400} = \frac{52}{27}$ 이다.

㉡. 물 100 g에 NaOH(s) 4 g을 녹인 용액의 몰랄 농도($c \text{ m}$)는 $\frac{4 \text{ g}}{\frac{40 \text{ g/mol}}{0.1 \text{ kg}}} = 1 \text{ m}$ 이다.

㉢. 몰랄 농도는 온도에 따라 달라지지 않으므로 10°C 에서 물 100 g에 NaOH(s) 8 g을 녹인 용액의 몰랄 농도는 25°C 에서와 같이 $2c \text{ m}$ 이다.

04 퍼센트 농도와 몰랄 농도, 몰 농도

(다)는 (가)와 (나)를 혼합한 후 물 $x \text{ g}$ 을 추가한 것이므로 (다)에 녹아 있는 NaOH의 질량은 (가)와 (나)에 녹아 있는 NaOH의

질량 합과 같다. (다)에 녹아 있는 NaOH의 양은 $0.4 \text{ M} \times 0.25 \text{ L} = 0.1 \text{ mol}$ 이고, 질량은 $0.1 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} = 4 \text{ g}$ 이다.

㉠. 몰랄 농도가 2 m 인 (나)는 물 1000 g 에 NaOH 2 mol 을 녹인 수용액과 농도가 같다. 이는 용액 $1000 \text{ g} + 2 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} = 1080 \text{ g}$ 일 때 NaOH 80 g 이 녹아 있는 것이므로 용액의 질량이 27 g 인 (나)에서는 NaOH $2 \text{ g} (= 27 \text{ g} \times \frac{80}{1080})$ 이 녹아 있는 것이다. (다)에 녹아 있는 NaOH의 질량이 4 g 이고, (나)에 녹아 있는 NaOH의 질량이 2 g 이므로 (가)에 녹아 있는 NaOH의 질량도 $4 \text{ g} - 2 \text{ g} = 2 \text{ g}$ 이다. 따라서 용질의 질량은 (가)와 (나)가 2 g 으로 같다.

㉡. 퍼센트 농도가 2% 인 (가)에 녹아 있는 NaOH의 질량이 2 g 이므로 $\frac{2 \text{ g}}{y \text{ g}} \times 100\% = 2\%$, $y = 100$ 이다.

㉢. (다)의 밀도가 1 g/mL 이므로 질량은 $250 \text{ mL} \times 1 \text{ g/mL} = 250 \text{ g}$ 이고, (가)와 (나)의 질량이 각각 100 g , 27 g 이므로 추가한 물 $x \text{ g} = 250 \text{ g} - 100 \text{ g} - 27 \text{ g} = 123 \text{ g}$ 이다.

05 퍼센트 농도와 몰랄 농도

퍼센트 농도는 용액 100 g 속에 녹아 있는 용질의 질량(g)을 나타낸 농도이고, 몰랄 농도는 용매 1 kg 에 녹인 용질의 양(mol)을 나타낸 농도이다. A의 화학식량을 M 이라고 하면 (가)의 몰랄

농도는 $\frac{200}{M} \text{ mol} = \frac{500}{1000} \text{ kg}$ 이므로 $M = 40$ 이다.

(가)에 물 $x \text{ g}$ 을 추가한 (나)의 퍼센트 농도는

$\frac{200 \text{ g}}{200 \text{ g} + 500 \text{ g} + x \text{ g}} \times 100\% = 3a\%$ 이고, 몰랄 농도는

$\frac{200}{40} \text{ mol} = a \text{ m}$ 이므로 $\frac{200}{700+x} \times 100 = 3 \times \frac{5000}{500+x}$, $x =$

100 이고, $a = \frac{25}{3}$ 이다. 따라서 $\frac{x}{a \times A \text{의 화학식량}} = \frac{100}{\frac{25}{3} \times 40} =$

$\frac{3}{10}$ 이다.

06 퍼센트 농도와 몰랄 농도

퍼센트 농도는 용액 100 g 속에 녹아 있는 용질의 질량(g)을 나타낸 농도이고, 몰랄 농도는 용매 1 kg 에 녹인 용질의 양(mol)을 나타낸 농도이다.

㉠. $b\%$ A(aq)은 물 1 kg 에 A(s) 15 mol 을 녹여 수용액의 질량이 1 kg 보다 커진 용액과 농도가 같다. 따라서 $b\%$ A(aq) 1 kg 에 녹아 있는 A의 양은 15 mol 보다 작다.

㉡. 물 1 kg 에 A(s) $w \text{ g}$ 을 녹인 용액이 20% 라고 하면 $\frac{w \text{ g}}{1000 \text{ g} + w \text{ g}} \times 100\% = 20\%$, $w = 250$ 이다. A(s) 250 g 의 양이 $\frac{25}{4} \text{ mol}$ 이므로 A의 화학식량은 $\frac{250}{\frac{25}{4}} = 40$ 이다.

㉢. A의 화학식량이 40 이므로 $a \text{ m}$ 의 A(aq)은 물 1 kg 에 A(s) $40a \text{ g}$ 을 녹인 수용액이다. 이때 퍼센트 농도가 $2a\%$ 이므로 $\frac{40a \text{ g}}{1000 \text{ g} + 40a \text{ g}} \times 100\% = 2a\%$, $a = 25$ 이다.

07 어는점 측정 실험

수용액의 어는점 내림은 물의 몰랄 내림 상수와 몰랄 농도의 곱이다.

㉠. (가)에서 만든 A(aq)의 어는점이 $-0.1k^\circ\text{C}$ 이므로 어는점 내림은 $0.1k^\circ\text{C}$ 이고, 물의 몰랄 내림 상수가 $k^\circ\text{C/m}$ 이므로 (가)에서 만든 A(aq)의 몰랄 농도는 $\frac{0.1k^\circ\text{C}}{k^\circ\text{C/m}} = 0.1 \text{ m}$ 이다.

㉡. A의 화학식량을 M 이라고 하면, 물 500 g 에 A(s) $a \text{ g}$ 을 녹

여 만든 A(aq)의 몰랄 농도가 $\frac{a}{M} \text{ mol} = \frac{a}{0.5 \text{ kg}} = 0.1 \text{ m}$ 이므로 $M = 20a$ 이다.

㉢. 용액이 얼 때 용매만 얼어 용액의 농도가 점점 진해지고 어는점은 더 낮아진다. P에서는 A(aq)의 농도가 더 진해져 어는점은 $-0.2k^\circ\text{C}$ 가 되고, 이때 몰랄 농도는 $\frac{0.2k^\circ\text{C}}{k^\circ\text{C/m}} = 0.2 \text{ m}$ 이다.

08 용액의 총괄성

비휘발성, 비전해질 용질이 녹아 있는 묽은 용액에서 증기 압력 내림, 끓는점 오름은 용질의 종류와 관계없이 용질의 입자 수에만 비례한다.

㉠. A의 분자량을 $3M$, B의 분자량을 M , 물의 분자량을 $M_{\text{물}}$ 이라고 하면, (가)에서 A의 양은 $\frac{6 \text{ g}}{3M \text{ g/mol}} = \frac{2}{M} \text{ mol}$ 이고, 물의 양은 $\frac{200 \text{ g}}{M_{\text{물}} \text{ g/mol}} = \frac{200}{M_{\text{물}}}$ mol이므로 물의 몰 분율은

$\frac{\frac{200}{M_{\text{물}}}}{\frac{200}{M_{\text{물}}} + \frac{2}{M}} = \frac{\frac{100}{M_{\text{물}}}}{\frac{100}{M_{\text{물}}} + \frac{1}{M}}$ 이다. (나)에서 A의 양은

$\frac{3 \text{ g}}{3M \text{ g/mol}} = \frac{1}{M} \text{ mol}$ 이고, B의 양은 $\frac{2 \text{ g}}{M \text{ g/mol}} = \frac{2}{M} \text{ mol}$

이며, 물의 양은 $\frac{300 \text{ g}}{M_{\text{물}} \text{ g/mol}} = \frac{300}{M_{\text{물}}}$ mol이므로 물의 몰 분율은

$\frac{\frac{300}{M_{\text{물}}}}{\frac{300}{M_{\text{물}}} + \frac{1}{M} + \frac{2}{M}} = \frac{\frac{100}{M_{\text{물}}}}{\frac{100}{M_{\text{물}}} + \frac{1}{M}}$ 이다. 따라서 물의 몰 분율은

(가)와 (나)가 같다.

㉠. 용액의 끓는점 오름은 용액의 몰랄 농도에 비례한다. 물 100 g에 들어 있는 용질 입자 수는 (가)와 (나)가 같으므로 끓는점 오름은 (가)와 (나)가 같다. 따라서 1 atm에서 끓는점도 (가)와 (나)가 같다.

㉡. 용액의 증기 압력 내림은 용질의 몰 분율에 비례한다. 물의 몰 분율은 (가)와 (나)가 같으므로 전체 용질의 몰 분율도 (가)와 (나)가 같고, 25°C에서 용액의 증기 압력 내림도 (가)와 (나)가 같다.

09 어는점 내림과 몰랄 농도

수용액의 어는점 내림은 물의 몰랄 내림 상수와 몰랄 농도의 곱이다. 용매의 질량이 일정할 때 비휘발성, 비전해질인 용질을 가하면 가한 용질의 입자 수에 비례하여 몰랄 농도가 증가하므로 어는점 내림도 가한 용질의 입자 수에 비례한다. 수용액에 B(s) a g을 첨가할 때 어는점 내림이 $0.5k^\circ\text{C} - 0.2k^\circ\text{C} = 0.3k^\circ\text{C}$ 만큼 증가하였으므로 B의 화학식량을 M_B 라고 하면 수용액의 어는점

내림의 증가 $0.3k^\circ\text{C} = k^\circ\text{C}/m \times \frac{a \text{ g}}{\frac{M_B \text{ g/mol}}{\frac{1}{4} \text{ kg}}} = \frac{4ak^\circ\text{C}}{M_B}$ 이므로

$M_B = \frac{40a}{3}$ 이다. 물 250 g과 A(s) x g을 혼합한 수용액의 어는점 내림은 $0.2k^\circ\text{C}$ 이고, 수용액에 A(s) a g을 추가할 때 어는점 내림이 $0.6k^\circ\text{C} - 0.5k^\circ\text{C} = 0.1k^\circ\text{C}$ 만큼 증가하였으므로 $x = 2a$

이다. 따라서 $\frac{M_B}{x} = \frac{\frac{40a}{3}}{2a} = \frac{20}{3}$ 이다.

10 삼투압

삼투압은 반투막을 사이에 두고 순수한 용매와 용액이 있을 때 용매 분자가 용액 쪽으로 더 많이 이동하는 삼투 현상을 막기 위해 용액 쪽에 가해 주어야 하는 최소한의 압력이다.

㉠. a M A(aq)의 삼투압은 P atm이다. B(aq)의 경우에는 추가로 가한 P atm보다 더 큰 압력을 가해 주어야 물과 수면의 높이가 같아질 수 있으므로 b M B(aq)의 삼투압은 P atm보다 크다.

㉡. 같은 온도에서 수용액의 삼투압은 몰 농도에 비례한다. b M B(aq)이 a M A(aq)보다 삼투압이 크므로 $a < b$ 이다.

㉢. a M A(aq)의 삼투압 $P \text{ atm} = CRT = a \text{ M} \times k \text{ atm} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K}) \times T \text{ K}$ 이다. 따라서 $T = \frac{P}{a \times k}$ 이다.

11 어는점 내림, 증기 압력 내림과 농도의 변환

수용액의 어는점 내림은 물의 몰랄 내림 상수와 몰랄 농도의 곱이다. 설탕물 (가)에서 1 m의 어는점 내림이 1.86°C 이므로 물의 몰랄 내림 상수는 $1.86^\circ\text{C}/m$ 이다. 설탕물 (나)에서 어는점 내림 $0.1^\circ\text{C} = 1.86^\circ\text{C}/m \times a$ 이므로 몰랄 농도 $a \text{ m} = \frac{5}{93} \text{ m}$ 이다. 설탕물의 증기 압력은 물의 증기 압력과 물의 몰 분율의 곱이다. 따라서 25°C에서 설탕물 (나)의 증기 압력을 구하기 위해서는 25°C에서 물의 증기 압력과 물의 몰 분율이 필요하다.

㉠. $\frac{5}{93} \text{ m}$ 인 설탕물 (나)는 물 1000 g에 설탕 $\frac{5}{93} \text{ mol}$ 을 녹인 수용액과 농도가 같다. 이 설탕물의 물의 몰 분율을 구하기 위해서는 물의 분자량이 필요하다. 물의 분자량을 M 이라고 할 때, 물

의 몰 분율은 $\frac{\frac{1000}{M} \text{ mol}}{\frac{1000}{M} \text{ mol} + \frac{5}{93} \text{ mol}}$ 이다.

✕. 수용액의 몰랄 농도를 알고 있을 때 물의 몰 분율을 구하기 위해서 용질의 화학식량은 필요하지 않다.

㉡. 설탕물의 증기 압력은 물의 증기 압력과 물의 몰 분율의 곱이므로 25°C에서 설탕물 (나)의 증기 압력을 구하기 위해서는 25°C에서 물의 증기 압력이 필요하다.

12 증기 압력과 몰 분율

용액의 증기 압력은 용매의 증기 압력과 용매의 몰 분율의 곱이다.

㉠. 용질의 몰 분율이 같을 때 $t_1^\circ\text{C}$ 에서 $t_2^\circ\text{C}$ 에서보다 용액의 증기 압력이 높다. 따라서 $t_1 > t_2$ 이다.

㉡. 용질의 몰 분율이 0.2이면 물의 몰 분율은 $1 - 0.2 = 0.8$ 이다. $t_1^\circ\text{C}$ 에서 물의 몰 분율이 0.8일 때 용액의 증기 압력이 560 mmHg이므로 물의 증기 압력은 $\frac{560 \text{ mmHg}}{0.8} = 700 \text{ mmHg}$ 이다.

✕. $t_2^\circ\text{C}$ 에서 물의 몰 분율이 0.9일 때 용액의 증기 압력이 560 mmHg이므로 물의 증기 압력은 $560 \text{ mmHg} \times \frac{10}{9}$ 이고, 물의 몰 분율이 0.8인 (가) 수용액의 증기 압력은 $560 \text{ mmHg} \times \frac{10}{9} \times \frac{8}{10} = \frac{4480}{9} \text{ mmHg} < 500 \text{ mmHg}$ 이다. 따라서 외부 압력이 500 mmHg일 때 (가) 수용액은 끓지 않는다.

13 삼투압과 온도

수용액 1 L에 녹아 있는 용질의 질량이 같을 때 분자량이 작은 요소가 분자량이 큰 포도당보다 용질의 양(mol)이 크므로 몰 농도는 요소 수용액이 포도당 수용액보다 크다. 같은 온도에서 수용액의 삼투압은 몰 농도에 비례하므로 삼투압은 요소 수용액이 포도

당 수용액보다 크고, 이에 (가)는 요소 수용액이고, (나)는 포도당 수용액임을 알 수 있다. 용질의 질량을 w g이라고 하면, 300 K에서

$$\text{요소 수용액의 삼투압인 } a \text{ atm} = \frac{w \text{ g}}{1 \text{ L}} \times R \times 300 \text{ K} \text{이고,}$$

$$330 \text{ K에서 포도당 수용액의 삼투압인 } b \text{ atm} = \frac{180 \text{ g/mol}}{1 \text{ L}}$$

$$\times R \times 330 \text{ K} \text{이다. 따라서 } \frac{a}{b} = \frac{180 \times 300}{60 \times 330} = \frac{30}{11} \text{이다.}$$

14 증기 압력 내림과 물 분율

용액의 증기 압력은 용매의 증기 압력과 용매의 물 분율의 곱이고, 용액의 증기 압력 내림은 용매의 증기 압력과 용질의 물 분율의 곱이다.

㉠. 몰랄 농도 = $\frac{\text{용질의 양(mol)}}{\text{용매의 질량(kg)}}$ 이다. (가)에서 포도당의 양은

$\frac{x}{180}$ mol이고, (나)에서 요소의 양은 $\frac{x}{60}$ mol이며, (가)와 (나)에서 용매인 물의 질량이 y g으로 같으므로 몰랄 농도는 (나)가 (가)의 3배이다.

㉡. (가)에서 포도당의 양과 물의 양이 각각 $\frac{x}{180}$ mol, $\frac{y}{18}$ mol

이므로 포도당의 물 분율은 $\frac{\frac{x}{180}}{\frac{x}{180} + \frac{y}{18}} = \frac{x}{x+10y}$ 이다. 100°C

에서 물의 증기 압력은 760 mmHg이므로 (가)의 증기 압력 내림은 760 mmHg - 741 mmHg = 19 mmHg이다. 용액의 증기 압력 내림은 용매의 증기 압력과 용질의 물 분율의 곱이므로

$$19 \text{ mmHg} = 760 \text{ mmHg} \times \frac{x}{x+10y} \text{이고, } \frac{19}{760} = \frac{1}{40} = \frac{x}{x+10y}.$$

$$x+10y=40x, \frac{y}{x} = \frac{39}{10} \text{이다.}$$

㉢. (나)에서 요소의 양과 물의 양이 각각 $\frac{x}{60}$ mol, $\frac{y}{18}$ mol이므로

물 분율은 $\frac{\frac{y}{18}}{\frac{x}{60} + \frac{y}{18}} = \frac{10y}{3x+10y}$ 이다. $\frac{y}{x} = \frac{39}{10}$ 이므로

$$\text{물의 물 분율은 } \frac{10y}{3x+10y} = \frac{10 \times 39}{(3 \times 10) + (10 \times 39)} = \frac{13}{14} \text{이다.}$$

용액의 증기 압력은 용매의 증기 압력과 용매의 물 분율의 곱이므로 $a \text{ mmHg} = 760 \text{ mmHg} \times \frac{13}{14} = \frac{4940}{7} \text{ mmHg} > 700 \text{ mmHg}$ 이다.

15 수용액의 증기 압력

(나)에서 평형에 도달하였으므로 설탕물 C와 D는 증기 압력이 같다.

㉠. 설탕물 C와 D의 증기 압력이 같으면 증기 압력 내림이 같고,

증기 압력 내림은 물의 증기 압력과 용질의 물 분율의 곱이므로 용질의 물 분율도 같다.

㉡. 설탕은 비휘발성이므로 설탕물 A와 C에 들어 있는 설탕의 양(mol)은 같다. 그러나 물의 양(mol)이 A가 C보다 크므로 A가 C보다 농도가 작고 증기 압력은 크다. 또 설탕물 B와 D에 들어 있는 설탕의 양(mol)은 같고, 물의 양(mol)은 B가 D보다 작으므로 B가 D보다 농도가 크고 증기 압력은 작다. 따라서 증기 압력은 $A > C = D > B$ 이다.

㉢. 설탕물 C와 D는 용질의 물 분율이 같으므로 물 농도도 같다. 설탕물 C와 D의 물 농도를 a M라고 할 때, D보다 용액의 부피가 $\frac{2}{3}$ 배로 작은 B의 물 농도는 $\frac{3}{2}a$ M이다. 따라서 물 농도는 B가 C의 $\frac{3}{2}$ 배이다.

16 혼합 용액의 삼투압

a M A(aq) V_1 L와 b M A(aq) V_2 L를 혼합한 용액은 용질의 양이 $(aV_1 + bV_2)$ mol이고, 용액의 부피가 $(V_1 + V_2)$ L이므로, 물 농도가 $\frac{aV_1 + bV_2}{V_1 + V_2}$ M이다. 온도가 일정할 때 용액의 삼투압은 물 농도에 비례한다. 삼투압이 P atm인 용액의 물 농도를 k M이라고 할 때,

$\frac{b \text{ M A(aq)의 부피}}{a \text{ M A(aq)의 부피}} = 1$ 인 혼합 용액의 물

농도는 $\frac{a+b}{2}$ M = k M이고, $\frac{b \text{ M A(aq)의 부피}}{a \text{ M A(aq)의 부피}} = \frac{3}{5}$ 인 혼합

용액의 물 농도는 $\frac{5a+3b}{8}$ M = $\frac{7}{8}k$ M이다. $a+b=2k$, $5a+3b$

$$= 7k \text{이므로 } a = \frac{1}{2}k, b = \frac{3}{2}k \text{이다. 따라서 } \frac{b}{a} = \frac{\frac{3}{2}k}{\frac{1}{2}k} = 3 \text{이다.}$$

17 어는점 내림과 몰랄 농도

몰랄 농도는 용매 1 kg에 녹인 용질의 양(mol)을 나타낸 농도이다. (가)는 A 1 mol이 물 1000 g에 녹아 있으므로 몰랄 농도가 1 m이다. x g을 y kg이라고 하면, (나)의 몰랄 농도는 $\frac{1}{1+y}$ m

이고, (다)의 몰랄 농도는 $\frac{1}{1+2y}$ m이다. (가)와 (나)의 어는점

차이가 $a^\circ\text{C}$ 이고, (나)와 (다)의 어는점 차이가 $\frac{1}{2}a^\circ\text{C}$ 이므로, (가)

와 (다)의 어는점 차이는 $\frac{3}{2}a^\circ\text{C}$ 이다. (가)와 (나)의 몰랄 농도 차

이는 $1 \text{ m} - \frac{1}{1+y} \text{ m} = \frac{y}{1+y} \text{ m}$ 이고, (가)와 (다)의 몰랄 농도

차이는 $1 \text{ m} - \frac{1}{1+2y} \text{ m} = \frac{2y}{1+2y} \text{ m}$ 이다. 비휘발성이므로 비전해

질인 용질이 녹아 있는 묽은 용액의 어는점 내림은 용액의 몰랄 농도에 비례한다. 이에 어는점 차이는 몰랄 농도 차이에 비례한다. (가)와 (나)의 어는점 차이와 (가)와 (다)의 어는점 차이의 비가 2 : 3이므로 (가)와 (나)의 몰랄 농도 차이와 (가)와 (다)의 몰랄 농도 차이의 비도 2 : 3이다. $\frac{y}{1+y} m : \frac{2y}{1+2y} m = 2 : 3$, $\frac{4}{1+2y} = \frac{3}{1+y}$, $y = \frac{1}{2}$ 이다. $x = 1000y = 500$ 이다.

18 증기 압력 내림과 몰 분율

순수한 용매에 비휘발성인 용질이 녹아 있는 묽은 용액에서 용액의 증기 압력은 순수한 용매의 증기 압력보다 낮아진다. 용매의 증기 압력과 용액의 증기 압력의 차를 증기 압력 내림이라고 한다. 용액의 증기 압력 내림은 용매의 증기 압력과 용질의 몰 분율의 곱이다.

- ✕. (나)에서 A(aq)의 증기 압력 내림은 $(x-y)$ atm이다.
- ㉠. 온도가 같고, 용기 내 $H_2O(g)$ 의 양(mol)은 모두 같으므로 용기 내 $H_2O(g)$ 의 압력은 부피에 반비례한다. 따라서 $x : y : z = 1 : \frac{97}{100} : \frac{99}{100}$ 이다. $y = 0.97x$ 이고, $z = 0.99x$ 이다. $t^\circ C$ 에서 물, A(aq), B(aq)의 증기 압력이 각각 x atm, $0.97x$ atm, $0.99x$ atm이고, A(aq), B(aq)의 증기 압력 내림은 각각 $(x - 0.97x)$ atm = $0.03x$ atm, $(x - 0.99x)$ atm = $0.01x$ atm이다. 용질의 몰 분율은 용액의 증기 압력 내림에 비례하므로 용질의 몰 분율은 (나)에서 A(aq)이 (다)에서 B(aq)의 3배이다.
- ㉡. $t^\circ C$ 에서 A(aq)의 증기 압력 내림은 $(x-y)$ atm = $0.03x$ atm이고, B(aq)의 증기 압력 내림은 $(x-z)$ atm = $0.01x$ atm이므로 $x-y = 3(x-z)$, $y = -2x + 3z$ 이다.

19 증기 압력 내림과 농도의 변환

- 순수한 용매에 비휘발성인 용질이 녹아 있는 묽은 용액에서 용액의 증기 압력은 순수한 용매의 증기 압력보다 낮다. 따라서 (가)는 물이고, (나)는 a m 요소 수용액이다.
- ㉠. 용액의 증기 압력은 용매의 증기 압력과 용매의 몰 분율의 곱이다. a m 요소 수용액에서 물의 몰 분율을 b 라고 하면 $t^\circ C$ 에서 a m 요소 수용액의 증기 압력 x atm은 물의 증기 압력 ($\frac{100}{99}$ atm)과 b 의 곱이다($x = \frac{100}{99} \times b \cdots ①$). 또 물의 증기 압력이 x atm인 온도에서 a m 요소 수용액의 증기 압력 ($\frac{99}{100}$ atm)은 x atm과 b 의 곱이다($\frac{99}{100} = x \times b \cdots ②$). ①과 ②를 이용하면 $x = \frac{100}{99} \times \frac{99}{100} \times \frac{1}{x}$ 이므로 $x = 1$, $b = \frac{99}{100}$ 이다.

- ✕. 물의 몰 분율이 $\frac{99}{100}$ 인 요소 수용액은 물 99 mol과 요소 1 mol을 혼합한 용액과 농도가 같고 이 용액의 몰랄 농도는 $a m = \frac{1 \text{ mol}}{\frac{99 \times 18}{1000} \text{ kg}} = \frac{1}{1.782} m > \frac{1}{2} m$ 이다.
- ✕. $\frac{a}{2} m$ 요소 수용액은 물 99 mol $\times 2 = 198$ mol과 요소 1 mol을 혼합한 용액과 농도가 같고, 이 용액에서 물의 몰 분율은 $\frac{198}{198+1} = \frac{198}{199}$ 이다. $t^\circ C$ 에서 이 용액의 증기 압력은 $\frac{100}{99}$ atm $\times \frac{198}{199} = \frac{200}{199}$ atm이다.

20 증기 압력 내림과 끓는점 오름

비휘발성이고 비전해질인 용질이 녹아 있는 묽은 용액의 증기 압력은 용매의 몰 분율에 비례하고, 끓는점 오름은 용액의 몰랄 농도에 비례한다.

- ㉠. 수용액의 끓는점 오름은 물의 몰랄 오름 상수와 몰랄 농도의 곱이다. (가)에서 끓는점 오름이 $2k^\circ C$ 이므로 몰랄 농도는 $\frac{2k^\circ C}{c^\circ C/m} = \frac{2k}{c} m$ 이다.
- ㉡. 물을 추가하기 전 수용액의 끓는점 오름이 $2k^\circ C$ 이고, 물 90 g을 추가한 수용액의 끓는점 오름이 $k^\circ C$ 로 끓는점 오름이 $\frac{1}{2}$ 배로 감소하였으므로 몰랄 농도도 $\frac{1}{2}$ 배로 감소한 것이다. 이는 용매의 질량이 2배가 된 것이므로 $a g + 90 g = 2a g$, $a = 90$ 이다. 물 270 g을 추가한 수용액의 끓는점 오름이 $\frac{5}{18} c^\circ C$ 이므로 이 수용액의 몰랄 농도는 $\frac{\frac{5}{18} c^\circ C}{c^\circ C/m} = \frac{5}{18} m$ 이다. $\frac{b \text{ mol}}{\frac{90+270}{1000} \text{ kg}} = \frac{5}{18} m$, $b = \frac{1}{10}$ 이다. 따라서 $a \times b = 90 \times \frac{1}{10} = 9$ 이다.
- ㉢. 증기 압력은 용매의 몰 분율에 비례하므로 용액의 증기 압력비 $\frac{x}{y} = \frac{\text{물 } 270 \text{ g을 추가한 수용액에서 물의 몰 분율}}{\text{물 } 90 \text{ g을 추가한 수용액에서 물의 몰 분율}}$ 이다. 따라서 $\frac{x}{y} = \frac{20}{\frac{0.1+20}{10}} = \frac{202}{201}$ 이다.

04

반응 엔탈피

2점 수능 테스트

본문 85~87쪽

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

01 발열 반응

물과 CaO이 섞이면 CaO이 물에 용해되면서 열이 방출되어 음식물이 따뜻하게 데워진다.

- ㉠. CaO이 물에 용해되면서 주위의 온도가 높아지므로 CaO의 용해 반응은 발열 반응이다.
㉡. 발열 반응은 반응이 진행되면서 열이 방출되므로 주위의 온도가 높아진다.
X. 발열 반응의 반응 엔탈피가 $\Delta H < 0$ 이므로 반응물의 엔탈피 합이 생성물의 엔탈피 합보다 크다.

02 발열 반응과 흡열 반응에서의 엔탈피(ΔH) 변화

발열 반응은 반응이 진행되면서 열을 주위로 방출하므로 주위의 온도가 높아지고, 흡열 반응은 주위로부터 열을 흡수하므로 주위의 온도가 낮아진다. 따라서 (가)는 흡열 반응, (나)는 발열 반응이다.

- X. 발열 반응에서 엔탈피 합은 반응물이 생성물보다 크고, 흡열 반응에서 엔탈피 합은 생성물이 반응물보다 크다. 따라서 ㉠은 발열 반응, ㉡은 흡열 반응에서의 엔탈피 변화이고, ㉠과 ㉡은 각각 (나), (가)의 엔탈피 변화이다.
㉢. ㉡은 흡열 반응이고, 반응 엔탈피(ΔH)는 생성물의 엔탈피 합에서 반응물의 엔탈피 합을 뺀 값과 같다. 따라서 ㉡에서 $x > 0$ 이다.
㉣. (나)에서 $\text{NaOH}(s)$ 의 용해 반응은 발열 반응이므로 엔탈피 합은 반응물이 생성물보다 크다. 따라서 엔탈피는 $[\text{NaOH}(s) + \text{H}_2\text{O}(l)]$ 이 $\text{NaOH}(aq)$ 보다 크다.

03 열화학 반응식과 반응 엔탈피(ΔH)

반응 엔탈피(ΔH)는 생성물의 엔탈피 합에서 반응물의 엔탈피 합을 뺀 값과 같다.

- X. (나)는 (가)의 역반응이고, 반응 계수가 $\frac{1}{2}$ 배이다. 반응 엔탈피(ΔH)는 반응물의 양(mol)에 비례하므로 (나)의 반응 엔탈피(ΔH)값 $a = \frac{484}{2} = 242$ 이다.

- ㉤. 엔탈피가 감소하는 반응은 반응물의 엔탈피 합이 생성물의 엔탈피 합보다 큰 것으로 반응 엔탈피 $\Delta H < 0$ 이다. 따라서 (가)~(다) 중 엔탈피가 감소하는 반응은 (가), (다) 2가지이다.
㉥. (다) 반응은 반응 엔탈피 $\Delta H < 0$ 이므로 발열 반응이며, 발열 반응은 반응물의 엔탈피 합이 생성물의 엔탈피 합보다 크다.

04 $\text{CO}_2(g)$ 의 생성 반응과 엔탈피(H) 변화

생성 엔탈피(ΔH)는 가장 안정한 원소로부터 물질 1 mol이 생성될 때의 반응 엔탈피(ΔH)이다. 이때 가장 안정한 원소의 생성 엔탈피(ΔH)는 0이다.

- X. 엔탈피는 C(s, 다이아몬드)가 C(s, 흑연)보다 크므로 1 mol이 완전 연소될 때 발생하는 에너지는 C(s, 다이아몬드)가 C(s, 흑연)보다 크다.
㉢. 생성 엔탈피(ΔH)는 가장 안정한 원소로부터 물질 1 mol이 생성될 때의 반응 엔탈피(ΔH)이고, 가장 안정한 원소는 생성 엔탈피(ΔH)가 0인 원소이므로 $\text{CO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)는 C(s, 흑연) + $\text{O}_2(g) \rightarrow \text{CO}_2(g)$ 의 반응 엔탈피(ΔH)와 같은 ΔH_1 kJ/mol이다.
X. C(s, 다이아몬드)의 생성 엔탈피(ΔH)는 C(s, 흑연) \rightarrow C(s, 다이아몬드)의 반응 엔탈피(ΔH)와 같으므로 $(\Delta H_1 - \Delta H_2)$ kJ/mol이다.

05 생성 엔탈피(ΔH)

생성 엔탈피(ΔH)는 가장 안정한 원소로부터 물질 1 mol이 생성될 때의 반응 엔탈피(ΔH)이다.

- X. 엔탈피는 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 보다 작으므로 생성 엔탈피(ΔH)는 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 가 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 보다 크다. 따라서 $a > 242$ 이다.
X. 반응물인 $\text{H}_2(g)$, $\text{O}_2(g)$ 의 엔탈피는 같고, $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 엔탈피가 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 엔탈피보다 작으므로 생성 엔탈피(ΔH)는 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 가 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 보다 크다.
㉢. 엔탈피는 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 보다 작으므로 $\text{H}_2\text{O}(g) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(l)$ 은 엔탈피가 감소하는 반응으로 발열 반응이다.

06 헤스 법칙

반응물과 생성물의 종류와 상태가 같으면 반응 경로에 관계없이 전체 반응 엔탈피(ΔH)는 같다.

- ㉢. 헤스 법칙에 따라 $\Delta H_3 = \Delta H_1 + \Delta H_2$ 이다. 따라서 $\Delta H_2 = \Delta H_3 - \Delta H_1$ 이다.
㉣. 생성 엔탈피(ΔH)는 가장 안정한 원소로부터 물질 1 mol이 생성되는 반응에서의 반응 엔탈피(ΔH)이다. ΔH_3 는 $\text{H}_2\text{O}_2(l)$ 2 mol이 생성될 때의 반응 엔탈피(ΔH)이므로 $\text{H}_2\text{O}_2(l)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)는 $\frac{1}{2}\Delta H_3$ 이다.

✕. 반응 엔탈피(ΔH)는 반응물의 양(mol)에 비례하므로 $\text{H}_2(g) + \frac{1}{2}\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(l)$ 의 반응 엔탈피(ΔH)는 $\frac{1}{2}\Delta H_1$ 이다.

07 NaCl(s)의 용해 반응과 반응 엔탈피(ΔH)

$\text{NaCl}(s)$ 이 물에 용해될 때 수용액의 온도가 낮아지므로 $\text{NaCl}(s)$ 의 용해 반응은 흡열 반응이다.

㉠. $t_1 > t_2$ 이므로 $\text{NaCl}(s)$ 의 용해 반응은 흡열 반응이다. 흡열 반응에서의 반응 엔탈피 $\Delta H > 0$ 이므로 $x > 0$ 이다.

㉡. $t_1 > t_2$ 이므로 $\text{NaCl}(s)$ 이 용해될 때 수용액의 온도가 낮아진다.

㉢. 열화학 반응식에서 1 mol의 $\text{NaCl}(s)$ 이 물에 용해될 때의 반응 엔탈피(ΔH)가 x kJ이므로 0.5 mol의 $\text{NaCl}(s)$ 이 물에 용해될 때의 반응 엔탈피(ΔH)는 $\frac{x}{2}$ kJ이다.

08 생성 엔탈피(ΔH)와 반응 엔탈피(ΔH)

반응 엔탈피(ΔH)는 생성물의 생성 엔탈피(ΔH) 합에서 반응물의 생성 엔탈피(ΔH) 합을 뺀 값과 같다. 따라서 $\text{H}_2(g)$ 의 생성 엔탈피가 0이므로 $\text{N}_2\text{H}_4(g) + \text{H}_2(g) \longrightarrow 2\text{NH}_3(g)$ 의 반응 엔탈피(ΔH)값 $x = 2 \times [\text{NH}_3(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)] - $\text{N}_2\text{H}_4(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH) = $2 \times (-46) - 95 = -187$ 이다.

09 생성 엔탈피(ΔH)와 헤스 법칙

반응 엔탈피(ΔH)는 생성물의 생성 엔탈피(ΔH) 합에서 반응물의 생성 엔탈피(ΔH) 합을 뺀 값과 같다. 생성 엔탈피(ΔH)는 가장 안정한 원소로부터 물질 1 mol이 생성될 때의 반응 엔탈피(ΔH)이다. 이때 가장 안정한 원소의 생성 엔탈피(ΔH)는 0이다. 따라서 ΔH_1 은 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)의 2배이고, ΔH_2 는 $\text{NO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)의 2배이며, ΔH_3 은 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 과 $\text{NO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)의 2배에서 $\text{N}_2\text{H}_4(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)를 뺀 값과 같다. 따라서 $\Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 = 4 \times (\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)) + $4 \times (\text{NO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)) - ($\text{N}_2\text{H}_4(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)) = $4 \times (-286 + 33) - 95 = -1107$ kJ이다.

10 결합 에너지와 반응 엔탈피(ΔH)

기체 반응에서 반응 엔탈피(ΔH)는 반응물의 결합 에너지 총합에서 생성물의 결합 에너지 총합을 뺀 값과 같다. 따라서 $\text{CH}_4(g) + 2\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{CO}_2(g) + 2\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 반응 엔탈피 $\Delta H = 4 \times (\text{C}-\text{H}$ 의 결합 에너지) + $2 \times (\text{O}=\text{O}$ 의 결합 에너지) - $2 \times (\text{C}=\text{O}$ 의 결합 에너지) - $4 \times (\text{O}-\text{H}$ 의 결합 에너

지) = $(4 \times 410 + 2 \times 498 - 2x - 4 \times 460)$ kJ = -802 kJ이다. 따라서 $x = 799$ 이다.

11 헤스 법칙과 생성 엔탈피(ΔH)

생성 엔탈피(ΔH)는 가장 안정한 원소로부터 물질 1 mol이 생성될 때의 반응 엔탈피(ΔH)이다. 이때 가장 안정한 원소의 생성 엔탈피(ΔH)는 0이다. 따라서 $\text{N}_2\text{H}_2(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)는 $\text{N}_2(g) + \text{H}_2(g) \longrightarrow \text{N}_2\text{H}_2(g)$ 의 반응 엔탈피(ΔH)와 같다. 주어진 반응을 각각 (가)~(다)라 하면 $\text{N}_2(g) + \text{H}_2(g) \longrightarrow \text{N}_2\text{H}_2(g)$ 은 $\frac{1}{2}$ (가) + $\frac{1}{2}$ (나) - (다)와 같으므로 $\text{N}_2\text{H}_2(g)$ 의 생성 엔탈피 $\Delta H = \frac{\Delta H_1 + \Delta H_2 - 2\Delta H_3}{2}$ 이다.

12 열화학 반응에서의 엔탈피(H) 변화

생성 엔탈피(ΔH)는 가장 안정한 원소로부터 물질 1 mol이 생성될 때의 반응 엔탈피(ΔH)이다.

㉠. $\text{C}_2\text{H}_6(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)는 $2\text{C}(s, \text{흑연}) + 3\text{H}_2(g) \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_6(g)$ 의 반응 엔탈피(ΔH)이다. 따라서 $\text{C}_2\text{H}_6(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)는 $\frac{\Delta H_1}{2}$ kJ/mol이다.

✕. 결합 에너지는 기체 상태의 물질을 구성하는 두 원자 사이의 공유 결합 1 mol의 결합을 끊고 기체 원자가 생성될 때 필요한 에너지이다. ΔH_2 는 4 mol의 $\text{CO}_2(g)$ 와 6 mol의 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 가 생성되는 반응의 반응 엔탈피로 2 mol의 $\text{CO}_2(g)$ 와 3 mol의 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 결합 에너지의 총합은 $-\frac{\Delta H_2}{2}$ kJ보다 크다.

✕. $\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(g)$ 의 반응 엔탈피(ΔH)는 $\frac{\Delta H_2 - \Delta H_3}{6}$ kJ이다.

3점 수능 테스트

본문 88~93쪽

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

01 중화 반응과 헤스 법칙

(가)~(다)는 모두 발열 반응으로 반응 후 수용액의 온도는 반응 전보다 높다. (나)에서는 $\text{NaOH}(s)$ 의 용해 반응과 중화 반응이 모두 일어나는 반응이고, (가)에서는 $\text{NaOH}(s)$ 의 용해 반응, (다)에서는 중화 반응이 일어난다.

㉠. (다)에서는 중화 반응만 일어나고, (나)에서는 중화 반응과

NaOH(s)의 용해 반응이 모두 일어나므로 방출하는 에너지는 $Q_2 > Q_3$ 이다. 이때 모든 수용액의 열용량이 같으므로 반응 후 최고 온도는 $t_2 > t_3$ 이다.

㉠ (가)~(다)에서 반응하는 NaOH과 HCl의 양은 0.05 mol로 모두 같으므로 헤스 법칙에 따라 $Q_2 = Q_1 + Q_3$ 이다.

㉡ (가)에서 용해된 NaOH(s)의 양(mol)은 0.05 mol이고, $\text{NaOH}(s) \longrightarrow \text{NaOH}(aq)$ 반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 NaOH(s) 1 mol이 용해될 때의 반응 엔탈피(ΔH)로 (가)에서 방출한 에너지의 20배이다. 이때 NaOH(s)의 용해 반응은 발열 반응이므로 반응 엔탈피 $\Delta H < 0$ 이고, $\Delta H = -20Q_1$ kJ이다.

02 생성 엔탈피(ΔH)와 반응 엔탈피(ΔH)

반응 엔탈피(ΔH)는 생성물의 생성 엔탈피(ΔH) 합에서 반응물의 생성 엔탈피(ΔH) 합을 뺀 값과 같다.

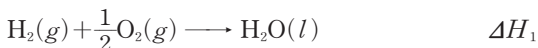
㉠. $\text{C}_2\text{H}_4(g) + 3\text{O}_2(g) \longrightarrow 2\text{CO}_2(g) + 2\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 반응 엔탈피(ΔH)값 $x = 2 \times (\text{CO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)) + $2 \times (\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)) - $\text{C}_2\text{H}_4(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH) = $2b + 2 \times (-286) - a$ 이다. 따라서 정리하면 $x = -a + 2b - 572$ 이다.

㉡. C=O의 결합 에너지는 $\text{CO}_2(g) \longrightarrow \text{C}(g) + 2\text{O}(g)$ 의 반응 엔탈피(ΔH)의 $\frac{1}{2}$ 배이고, $-\frac{b}{2}$ kJ은 $\frac{1}{2}\text{CO}_2(g) \longrightarrow \frac{1}{2}\text{C}(s, \text{흑연}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(g)$ 의 반응 엔탈피(ΔH)이다.

㉢. $\text{CH}_4(g)$ 완전 연소 반응의 화학 반응식은 $\text{CH}_4(g) + 2\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{CO}_2(g) + 2\text{H}_2\text{O}(l)$ 이고, 이때의 반응 엔탈피(ΔH)는 생성물의 생성 엔탈피(ΔH) 합에서 반응물의 생성 엔탈피(ΔH) 합을 뺀 값과 같다. 따라서 $\text{CH}_4(g)$ 1 mol의 연소 반응의 반응 엔탈피 $\Delta H = (b + 2 \times (-286)) - (-74)$ kJ = $(b - 498)$ kJ이다. 따라서 $\text{CH}_4(g)$ 8 g (=0.5 mol)을 완전 연소시킬 때 방출하는 열에너지는 $(249 - \frac{b}{2})$ kJ이다.

03 연소 반응의 반응 엔탈피(ΔH)

$\text{H}_2(g)$, C(s, 흑연), $\text{CH}_4(g)$ 의 완전 연소 반응의 열화학 반응식은 다음과 같다.



이때 반응 엔탈피(ΔH) ΔH_1 , ΔH_2 는 각각 $\text{H}_2\text{O}(l)$, $\text{CO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)이다.

㉠. $\text{CO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)는 ΔH_2 이다. 생성 엔탈피

(ΔH)는 안정한 성분 원소로부터 물질 1 mol이 생성되는 반응에서의 반응 엔탈피(ΔH)이고, 자료에서 연소된 C(s, 흑연)의 양이 $\frac{1}{3}$ mol이므로 생성된 $\text{CO}_2(g)$ 의 양이 $\frac{1}{3}$ mol이다. 따라서 $\text{CO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)는 $-3b$ kJ/mol이다.

㉡. $\text{CH}_4(g)$ 의 연소 반응에서의 반응 엔탈피 ΔH_3 은 생성물의 생성 엔탈피(ΔH) 합에서 반응물의 생성 엔탈피(ΔH) 합을 뺀 값과 같으므로 $\text{CH}_4(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)를 x kJ/mol이라 하면 $\Delta H_3 = 2\Delta H_1 + \Delta H_2 - x$ 가 성립하고, $\Delta H_1 = -\frac{a}{2}$ kJ, $\Delta H_2 = -3b$ kJ, $\Delta H_3 = -2c$ kJ이므로 $x = -a - 3b + 2c$ 이다.

㉢. 온도와 압력이 일정할 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하므로 1 L에 들어 있는 $\text{H}_2(g)$ 와 $\text{CH}_4(g)$ 의 양(mol)은 서로 같다. 따라서 1 L를 연소시킬 때 방출하는 열에너지비는 1 mol을 완전 연소시킬 때 방출하는 열에너지비와 같으므로 $\text{H}_2(g) : \text{CH}_4(g) = \frac{a}{2} : 2c = a : 4c$ 이다.

04 $\text{C}_3\text{H}_8(g)$ 의 연소 반응과 엔탈피(H) 변화

생성 엔탈피(ΔH)는 가장 안정한 원소로부터 물질 1 mol이 생성될 때의 반응 엔탈피(ΔH)이다.

㉠. $\text{C}_3\text{H}_8(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)는 $3\text{C}(s, \text{흑연}) + 4\text{H}_2(g) \longrightarrow \text{C}_3\text{H}_8(g)$ 의 반응 엔탈피(ΔH)와 같다. 따라서 $\text{C}_3\text{H}_8(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)는 $(\Delta H_1 - \Delta H_2)$ kJ/mol이다.

㉡. $\text{H}_2(g)$ 4 mol이 연소되어 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 4 mol이 생성되는 반응의 반응 엔탈피(ΔH)가 $-\Delta H_2 + \Delta H_3$ 이므로 $\text{H}_2(g)$ 4 g (=2 mol)이 연소될 때의 반응 엔탈피(ΔH)는 $\frac{-\Delta H_2 + \Delta H_3}{2}$ kJ이다.

㉢. $\text{CO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)는 $\frac{\Delta H_1}{3}$ kJ/mol이고, $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)는 $\text{H}_2(g)$ 1 mol이 연소될 때의 반응 엔탈피(ΔH)와 같으므로 $\frac{-\Delta H_2 + \Delta H_3}{4}$ kJ/mol이다.

따라서 $\text{CO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)와 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)의 합은 $\frac{4\Delta H_1 - 3\Delta H_2 + 3\Delta H_3}{12}$ kJ/mol이다.

05 결합 에너지와 생성 엔탈피(ΔH)

기체 반응에서 반응 엔탈피(ΔH)는 반응물의 결합 에너지 총합에서 생성물의 결합 에너지 총합을 뺀 값과 같다.

㉠. 주어진 반응식은 $\text{CH}_4(g)$ 의 연소 반응이고, $\text{CH}_4(g)$ 1 mol이 완전 연소하는 반응의 반응 엔탈피 $\Delta H = -890$ kJ이므로 8 g (=0.5 mol)을 완전 연소시킬 때 방출하는 에너지는 445 kJ이다.

㉡. 기체 반응에서 반응 엔탈피(ΔH)는 반응물의 결합 에너지

총합에서 생성물의 결합 에너지 총합을 뺀 값과 같다. 주어진 반응에서 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 은 액체이므로 주어진 자료만으로는 O-H의 결합 에너지를 구할 수 없다.

㉔. $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)는 $\text{H}_2(g) + \frac{1}{2}\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(l)$ 의 반응 엔탈피(ΔH)이다. $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)를 x kJ/mol이라 하면, 2 mol의 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 생성되는 반응식에서 주어진 반응식을 빼면 $\text{CO}_2(g) + 2\text{H}_2(g) \longrightarrow \text{CH}_4(g) + \text{O}_2(g)$ 의 기체 반응이 되고, 이 반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 $(2x + 890)$ kJ이다. 따라서 결합 에너지를 이용하여 반응 엔탈피(ΔH)를 구하면 $2x + 890 = 2a + 2c - 4b - d$ 이고, $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 생성 엔탈피(ΔH) $x = (a - 2b + c - \frac{d}{2} - 445)$ kJ/mol이다.

06 열화학 반응과 엔탈피(H) 변화

반응 엔탈피(ΔH)는 생성물의 생성 엔탈피(ΔH) 합에서 반응물의 생성 엔탈피(ΔH) 합을 뺀 값과 같다.

✕. O-H의 결합 에너지는 $\text{H}_2\text{O}(g) \longrightarrow 2\text{H}(g) + \text{O}(g)$ 의 반응 엔탈피의 $\frac{1}{2}$ 배이다.

㉑. $2\text{N}_2(g) + \text{O}_2(g) + 4\text{H}_2\text{O}(g) \longrightarrow 2\text{NH}_4\text{NO}_3(s)$ 의 반응 엔탈피(ΔH)는 생성물의 생성 엔탈피(ΔH) 합에서 반응물의 생성 엔탈피(ΔH) 합을 뺀 값과 같다. $\text{NH}_4\text{NO}_3(s)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)를 x kJ/mol이라 하면 $2x - 4c = -a$ 이고, $x = \frac{-a + 4c}{2}$ 이다.

㉒. 엔탈피는 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 보다 작다. 따라서 $\text{NH}_4\text{NO}_3(s) \longrightarrow \text{N}_2\text{O}(g) + 2\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 반응 엔탈피(ΔH)는 $\frac{a+b}{2}$ kJ보다 작다.

07 결합 에너지

기체 반응에서 반응 엔탈피(ΔH)는 반응물의 결합 에너지 총합에서 생성물의 결합 에너지 총합을 뺀 값과 같다. 주어진 자료에서 H-H의 결합 에너지는 ΔH_1 , O=O의 결합 에너지는 $2\Delta H_2$, O-H의 결합 에너지는 $-\frac{1}{2}\Delta H_3$ 이다. 또한 O-O의 결합 에너지는 a kJ/mol이므로 $\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}_2(g)$ 의 반응 엔탈피 $\Delta H = (\Delta H_1 + 2\Delta H_2 - (-\Delta H_3) - a)$ kJ이다.

08 결합 에너지와 헤스 법칙

기체 반응에서 반응 엔탈피(ΔH)는 반응물의 결합 에너지 총합에서 생성물의 결합 에너지 총합을 뺀 값과 같다.

㉑. $\text{HCN}(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)는 $\text{C}(s, \text{흑연}) + \frac{1}{2}\text{H}_2(g) + \frac{1}{2}\text{N}_2(g) \longrightarrow \text{HCN}(g)$ 의 반응 엔탈피(ΔH)와 같은 값으로 $-\frac{\Delta H_1 + \Delta H_2}{2}$ kJ/mol이다.

㉒. $\text{HCN}(g) + 2\text{H}_2(g) \longrightarrow \text{CH}_3\text{NH}_2(g)$ 의 반응 엔탈피(ΔH)는 $\frac{\Delta H_1}{2}$ kJ이고, 기체 반응이므로 $\frac{\Delta H_1}{2} = 410 + a + 2 \times 436 - 3 \times 410 - b - 2 \times 390$ 이 성립하고, $a - b = \frac{\Delta H_1}{2} + 728$ 이다.

㉓. $\text{NH}_3(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)는 $\text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g) \longrightarrow 2\text{NH}_3(g)$ 의 반응 엔탈피(ΔH)의 $\frac{1}{2}$ 배이고, 이 반응은 기체 반응이다. 따라서 주어진 자료에서 추가로 $\text{N} \equiv \text{N}$ 의 결합 에너지를 알면 $\text{NH}_3(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)를 구할 수 있다.

09 열화학 반응식과 반응 엔탈피(ΔH)

기체 반응에서 반응 엔탈피(ΔH)는 반응물의 결합 에너지 총합에서 생성물의 결합 에너지 총합을 뺀 값과 같다.

㉑. (가)는 기체 반응이고, 반응 엔탈피 $\Delta H_1 < 0$ 인 발열 반응이므로 생성물의 결합 에너지의 총합이 반응물의 결합 에너지의 총합보다 크다.

㉒. 반응 엔탈피(ΔH)는 생성물의 생성 엔탈피(ΔH) 합에서 반응물의 생성 엔탈피(ΔH) 합을 뺀 값과 같은데, (나)의 반응 엔탈피 $\Delta H_2 > 0$ 이므로 생성 엔탈피(ΔH)는 $\text{CH}_3\text{NH}_2(g)$ 이 $\text{CH}_4(g)$ 보다 크다.

✕. 주어진 열화학 반응식에서 $-(가) + \frac{1}{2}(나) - (다)$ 는 $\frac{1}{2}\text{N}_2(g) + \frac{3}{2}\text{H}_2(g) \longrightarrow \text{NH}_3(g)$ 이고, 이 반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 $\text{NH}_3(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)와 같다. 따라서 $\text{NH}_3(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)는 $\frac{(-2\Delta H_1 + \Delta H_2 - 2\Delta H_3)}{2}$ kJ/mol이다.

10 HI(g)의 생성과 결합 에너지

H-I의 결합 에너지는 $\text{HI}(g) \longrightarrow \text{H}(g) + \text{I}(g)$ 의 반응 엔탈피(ΔH)와 같다. 자료에서 $a \sim d$ 는 모두 0보다 작다.

㉑. $\text{I}_2(s) \longrightarrow \text{I}_2(g)$ 의 반응 엔탈피(ΔH)는 $(-c - d)$ kJ이다.

✕. $\text{HI}(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)는 $\frac{1}{2}\text{H}_2(g) + \frac{1}{2}\text{I}_2(s) \longrightarrow \text{HI}(g)$ 의 반응 엔탈피(ΔH)와 같다. 따라서 $\text{HI}(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)는 $-\frac{d}{2}$ kJ/mol이다.

✕. H-I의 결합 에너지는 $\text{HI}(g) \longrightarrow \text{H}(g) + \text{I}(g)$ 의 반응 엔탈피(ΔH)와 같으므로 $\frac{-a-b-c}{2}$ kJ/mol이다.

11 생성 엔탈피(ΔH)와 반응 엔탈피(ΔH)

반응 엔탈피(ΔH)는 생성물의 생성 엔탈피(ΔH) 합에서 반응물의 생성 엔탈피(ΔH) 합을 뺀 값과 같다.

㉠. 반응 엔탈피 ΔH_1 은 $\text{CH}_4(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)와 같으므로 $\Delta H_1 = -74$ kJ이다. 반응 엔탈피 ΔH_2 는 $\text{CH}_4(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)의 2배에서 $\text{C}_2\text{H}_4(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)를 뺀 값과 같으므로 $\Delta H_2 = 2 \times (-74) - 52 = -200$ kJ이다. 따라서 $2\Delta H_1 > \Delta H_2$ 이다.

㉡. 반응 엔탈피 ΔH_3 은 $\text{C}_2\text{H}_6(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)에서 $\text{C}_2\text{H}_4(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)를 뺀 값과 같으므로 $\Delta H_3 = (-84) - 52 = -136$ kJ이다.

㉢. $2\text{C}(s, \text{흑연}) + 3\text{H}_2(g) \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_6(g)$ 의 반응 엔탈피 $\Delta H = 2\Delta H_1 - \Delta H_2 + \Delta H_3$ 이다. C_2H_6 의 분자량이 30이므로 10 g은 $\frac{1}{3}$ mol이고, 이 반응을 통해 $\text{C}_2\text{H}_6(g)$ 10 g이 생성되는 반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 $\frac{2\Delta H_1 - \Delta H_2 + \Delta H_3}{3}$ kJ이다.

12 생성 엔탈피(ΔH)

$\text{O}(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)는 $\frac{1}{2}\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{O}(g)$ 의 반응 엔탈피(ΔH)이고, $\text{O}_3(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)는 $\frac{3}{2}\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{O}_3(g)$ 의 반응 엔탈피(ΔH)이다.

㉠. $\text{O}=\text{O}$ 의 결합 에너지는 $\text{O}_2(g) \longrightarrow 2\text{O}(g)$ 의 반응 엔탈피(ΔH)로 $\text{O}(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)의 2배와 같으므로 $2c$ kJ/mol이다.

㉡. $\text{O}_3(g) \longrightarrow \text{O}_2(g) + \text{O}(g)$ 의 반응 엔탈피(ΔH)는 $\text{O}(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)에서 $\text{O}_3(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)를 뺀 값과 같다. 따라서 이 반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 $(-b+c)$ kJ이다.

✕. $\text{C}(s, \text{다이아몬드}) + \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{CO}_2(g)$ 의 반응 엔탈피(ΔH)는 $\text{CO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)에서 $\text{C}(s, \text{다이아몬드})$ 의 생성 엔탈피(ΔH)를 뺀 값과 같으므로 $(-a+d)$ kJ이다.

05 화학 평형과 평형 이동

2점 수능 테스트

본문 107~111쪽

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

01 화학 평형

- ㉠. 화학 평형 상태에서 정반응과 역반응의 속도가 같아 반응물의 농도가 일정하게 유지되므로 X의 농도는 변하지 않는다.
㉡. 화학 평형 상태에서 정반응 속도와 역반응 속도는 같다.
㉢. 온도가 일정하고 X와 Y의 농도가 일정하게 유지되므로 용기 속 전체 압력은 일정하게 유지된다.

02 평형 상수식과 평형 상수

㉠. 평형 상수(K)는 생성물의 농도를 곱한 것을 반응물의 농도를 곱한 것으로 나눈 것으로 정의되므로 반응 $\text{A}(g) \rightleftharpoons \text{B}(g) + \text{C}(g)$ 의 평형 상수식은 $K = \frac{[\text{B}][\text{C}]}{[\text{A}]}$ 이다.

✕. 평형 상태에서 정반응과 역반응이 모두 일어나며 정반응 속도와 역반응 속도가 같다. 따라서 평형 상태에서 A의 농도는 일정하나 A는 생성 및 분해된다.

✕. 일정한 온도에서 평형 상수(K)는 반응물의 농도에 관계없이 일정하므로 A의 질량(w)에 관계없이 K 는 일정하다.

03 평형 상수

반응 $\text{A}(g) + \text{B}(g) \rightleftharpoons \text{C}(g)$ 의 평형 상수 $K_1 = \frac{[\text{C}]}{[\text{A}][\text{B}]}$ 이고,

반응 $2\text{C}(g) \rightleftharpoons \text{B}(g) + \text{D}(g)$ 의 평형 상수 $K_2 = \frac{[\text{B}][\text{D}]}{[\text{C}]^2}$ 이다.

㉠. $\frac{[\text{C}]}{[\text{A}][\text{B}]}$ 는 반응 $\text{A}(g) + \text{B}(g) \rightleftharpoons \text{C}(g)$ 의 평형 상수이므로 일정하다.

㉡. $\frac{[\text{B}][\text{D}]}{[\text{C}]^2}$ 는 반응 $2\text{C}(g) \rightleftharpoons \text{B}(g) + \text{D}(g)$ 의 평형 상수이므로 일정하다.

㉢. K_1 과 K_2 가 일정하므로 $\frac{[\text{A}][\text{C}]}{[\text{D}]} = \frac{1}{K_1 \cdot K_2}$ 로 일정하고,

$\frac{[\text{A}][\text{C}]}{[\text{D}]}$ 는 반응 $\text{D}(g) \rightleftharpoons \text{A}(g) + \text{C}(g)$ 의 평형 상수이다.

04 화학 반응식과 평형 상수

화학 반응의 반응 계수로부터 양적 관계를 계산하면 다음과 같다.

	$A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$		
반응 전(M)	1.2	y	0
반응(M)	-0.8	-0.8	+1.6
평형(M)	x	0.1	1.6

㉠. $1.2 - 0.8 = x$ 이므로 $x = 0.4$ 이다.

㉡. $y - 0.8 = 0.1$ 이므로 $y = 0.9$ 이다.

㉢. 평형 상수식으로부터 평형 상수를 구하면 다음과 같다.

$$K = \frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{1.6^2}{0.4 \times 0.1} = 64 \text{이다.}$$

05 반응 지수와 평형 상수

평형 상수(K)는 평형 상수식에 물질의 평형 농도를 대입하여 얻을 수 있다. 평형 상태뿐만 아니라 임의의 상태에서의 농도를 평형 상수식에 대입한 것을 반응 지수(Q)라고 한다.

$Q < K$ 인 경우 반응 지수가 증가하여 평형 상수와 같아지므로 정반응이 우세하게 일어나 평형에 도달하게 되고, $Q = K$ 인 경우 평형 상태이다. 또한 $Q > K$ 인 경우 반응 지수가 감소하여 평형 상수와 같아지므로 역반응이 우세하게 일어나 평형에 도달한다.

㉠. $Q = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{0.8^2}{0.4 \times 0.1} = 16 = K$ 이므로 (가)는 평형 상태이다.

㉡. $Q = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{0.4^2}{0.2 \times 0.1} = 8 < K$ 이다.

㉢. $Q = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{0.2^2}{0.1 \times 0.2} = 2 < K$ 이므로 정반응이 우세하게 일어난다.

06 평형 이동

화학 평형 상태에서 농도, 온도, 압력 등 반응 조건을 변화시키면, 그 변화를 상쇄하려는 방향으로 반응이 우세하게 진행되어 새로운 평형에 도달하게 된다.

㉠. 정반응이 발열 반응($\Delta H < 0$)이므로 온도를 증가시키면 온도를 감소시키는 역반응이 우세하게 진행되므로 NH_3 의 농도는 감소한다.

㉡. H_2 를 첨가하면 H_2 의 농도를 감소시키는 정반응이 우세하게 진행되므로 NH_3 의 농도는 증가한다.

㉢. N_2 를 제거하면 N_2 의 농도를 증가시키는 역반응이 우세하게 진행되므로 NH_3 의 농도는 감소한다.

07 평형 이동

㉠. 압력을 낮추면 압력을 증가시키기 위해 기체 분자 수가 증가하는 역반응이 우세하게 일어난다.

㉡. 정반응이 흡열 반응($\Delta H > 0$)이므로 온도를 높이면 온도를 낮추기 위해 정반응이 우세하게 일어난다.

㉢. 온도를 낮추면 온도를 높이기 위해 역반응이 우세하게 일어나므로 새로운 평형 상태에서 반응물의 농도는 증가하고 생성물의 농도는 감소하므로 평형 상수(K)는 감소한다.

08 평형 이동

평형이 이동하여 $Cr_2O_7^{2-}$ 의 농도가 증가하면 용액의 주황색은 진해지고, CrO_4^{2-} 의 농도가 증가하면 용액의 노란색이 진해진다.

(가)의 수용액에 진한 염산을 몇 방울 떨어뜨리면 OH^- 의 농도가 감소하고, OH^- 의 농도를 증가시키는 역반응이 우세하게 진행되어 $Cr_2O_7^{2-}$ 의 농도가 증가하므로 용액의 주황색은 진해진다.

(가)의 수용액에 $NaOH(s)$ 을 소량 녹이면 반응물인 OH^- 의 농도가 증가하고, OH^- 의 농도를 감소시키는 정반응이 우세하게 진행되어 CrO_4^{2-} 의 농도가 증가하므로 용액의 노란색이 진해진다.

09 평형 이동과 평형 상수

㉠. A를 첨가하면 A를 감소시키는 정반응이 우세하게 진행되어 새로운 평형에 도달하지만 온도가 일정하므로 평형 상수(K)는 2로 일정하다.

㉡. C를 제거하면 C를 생성시키는 정반응이 우세하게 진행된다.

㉢. 정반응이 발열 반응($\Delta H < 0$)이므로 온도를 $2T$ K로 증가시키면 온도를 감소시키는 역반응이 우세하게 진행되어 새롭게 도달한 평형에서 반응물의 농도는 증가하고 생성물의 농도는 감소하여 평형 상수 $K < 2$ 이다.

10 평형 이동

강철 용기의 부피를 V 라고 하면, 평형 상태에서 물질의 농도는 다음과 같다.

물질	A	B	C	D
농도(M)	$\frac{0.1}{V}$	$\frac{0.4}{V}$	$\frac{0.2}{V}$	$\frac{x}{V}$

㉠. 이 반응에서 평형 상수 $K = \frac{[C][D]}{[A][B]} = \frac{\frac{0.2}{V} \times \frac{x}{V}}{\frac{0.1}{V} \times \frac{0.4}{V}} = 1$ 이다.

따라서 $x = 0.2$ 이다.

㉡. 초기 농도에 관계없이 온도 T 에서 $K = \frac{[C][D]}{[A][B]} = 1$ 이므로 $[A][B] = [C][D]$ 이다.

㉔ 평형 상태에서 C 0.1 mol을 추가하여 역반응이 진행되어 C가 0.2 mol이라고 하면 나머지 물질의 양(mol)은 다음과 같다.

	$A(g) + B(g) \rightleftharpoons C(g) + D(g)$			
반응 전(mol)	0.1	0.4	0.3	0.2
반응(mol)	+0.1	+0.1	-0.1	-0.1
반응 후(mol)	0.2	0.5	0.2	0.1

반응 후 C의 양이 0.2 mol일 때 반응 지수

$$Q = \frac{[C][D]}{[A][B]} = \frac{\frac{0.2}{V} \times \frac{0.1}{V}}{\frac{0.2}{V} \times \frac{0.5}{V}} = 0.2 < K \text{ 이므로 새롭게 도달한 평형}$$

에서 C의 양은 0.2 mol보다 크다.

[다른 풀이] 평형 상태에서 C를 추가하여 역반응이 진행되어 새롭게 도달한 평형에서 C의 양(mol)은 이전 평형 상태에서 C의 양(mol)보다 작아지지 않는다.

11 온도에 따른 평형 상수

정반응이 발열 반응($\Delta H < 0$)인 반응이 평형 상태에 있을 때, 온도를 높이면 온도를 낮추는 역반응이 우세하게 진행되어 새롭게 도달한 평형에서 평형 상수는 감소한다. ($T \uparrow \rightarrow K \downarrow$)

정반응이 흡열 반응($\Delta H > 0$)인 반응이 평형 상태에 있을 때, 온도를 높이면 온도를 낮추는 정반응이 우세하게 진행되어 새롭게 도달한 평형에서 평형 상수는 증가한다. ($T \uparrow \rightarrow K \uparrow$)

㉔은 온도가 증가함에 따라 평형 상수가 감소하므로 정반응이 발열 반응인 (가)에 해당하고, ㉕은 온도가 증가함에 따라 평형 상수가 증가하므로 정반응이 흡열 반응이며 (나)에 해당한다.

✕. (가)는 ㉔이다.

○. (나)는 ㉕으로 정반응이 흡열 반응이므로 $a > 0$ 이다.

✕. ㉔은 정반응이 발열 반응($\Delta H < 0$)이므로 평형 상태에서 온도를 증가시키면 온도를 낮추는 역반응이 우세하게 진행된다.

12 화학 평형

㉑. (가)와 (나)에서 온도와 압력이 같으므로 아보가드로 법칙에 의해 기체의 양(mol)은 부피(V)에 비례한다. 따라서 혼합 기체의 양(mol)은 (가) : (나) = 1 : 2이므로 반응 초기 A의 양(mol)도 1 : 2이다.

✕. (가)와 (나)에서 온도가 같아 평형 상수가 같다. 따라서 (가)와 (나)에서 압력도 같으므로 A의 부분 압력도 (가)와 (나)가 같다.

○. 화학 반응식이 $2A(g) \rightleftharpoons B(g) + C(g)$ 이므로 A가 반응하여 같은 양(mol)의 B와 C를 생성하고, (가)와 (나)에서 A의 부분 압력이 같으므로 B와 C의 부분 압력도 같다. 따라서 (가)에서 [B]는 (나)에서 [C]와 같다.

13 평형 이동

✕. 반응 $2A(g) \rightleftharpoons B(g) + C(g)$ 이 2분자의 A가 반응하여 1분자의 B와 1분자의 C, 전체 2분자를 생성하는 반응이므로 평형 상태에서 압력을 증가시켜 부피를 감소시켜도 평형 이동이 일어나지 않는다. 따라서 반응 지수(Q)가 평형 상수(K)와 같고, 압력을 증가시켰을 때, A의 양은 n mol이다.

○. 압력을 감소시켜 부피를 2배로 하면 B의 양(mol)은 일정하나 부피가 2배가 되므로 B의 몰 농도는 $\frac{1}{2}$ 배가 된다.

✕. 정반응이 발열 반응($\Delta H < 0$)이므로 압력을 P로 유지한 채, 온도를 낮추면 온도를 높이는 정반응이 우세하게 진행되므로 B의 양(mol)이 증가하고 전체 기체의 양(mol)은 일정하므로 B의 몰 분율은 증가한다.

14 반응 지수와 평형 상수

초기 농도와 평형 농도로부터 A와 C의 양(mol)은 감소, B의 양(mol)은 증가하였으며 감소 또는 증가한 양(mol)의 비는 A : B : C = 1 : 2 : 2이다. 반응 지수(Q) > 평형 상수(K)이므로 가능한 화학 반응식은 $2B(g) \rightleftharpoons A(g) + 2C(g)$ 이고, 평형 상수 $K = \frac{[A][C]^2}{[B]^2} = \frac{0.1 \times 0.2^2}{0.2^2} = 0.1$ 이다.

15 평형 이동

✕. 평형 상태에서 $CaCl_2(s)$ 을 첨가해도 Ca^{2+} 의 양(mol)은 일정하다.

○. 물 100 mL를 첨가하면 농도가 감소하여 감소한 농도를 증가시키기 위해 $CaCl_2(s)$ 이 용해되어 Ca^{2+} 의 양(mol)은 증가한다.

✕. $Na_2CO_3(s)$ 0.01 mol을 첨가하면 $Ca^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq) \rightarrow CaCO_3(s)$ 의 반응이 일어나 Ca^{2+} 의 양(mol)은 감소한다.

16 평형 상수와 반응 지수

○. 평형 상수 $K = \frac{[B]^2}{[A]} = \frac{\left(\frac{0.2 \text{ mol}}{8 \text{ L}}\right)^2}{\frac{0.1 \text{ mol}}{8 \text{ L}}} = 0.05$ 이다.

○. 외부 압력을 2배 증가시키면 압력을 낮추기 위해 역반응 쪽으로 평형이 이동하므로 전체 기체의 양(mol)이 감소하므로 새롭게 도달한 평형 상태에서 기체의 부피는 4 L보다 작다.

✕. He(g) 0.3 mol을 첨가한 초기 상태에서 전체 기체의 양이 0.6 mol이므로 부피는 16 L가 된다. 이때 반응 지수 $Q = \frac{[B]^2}{[A]}$

$$= \frac{\left(\frac{0.2 \text{ mol}}{16 \text{ L}}\right)^2}{\frac{0.1 \text{ mol}}{16 \text{ L}}} = 0.025 \text{이다. 따라서 } Q < K \text{이다.}$$

17 물의 상평형 그림

- Ⓐ. A의 온도와 압력에서 물은 고체 상태로 존재한다.
- Ⓑ. B는 기체, 액체, 고체가 모두 안정한 온도와 압력으로 물의 삼중점이다.
- Ⓒ. C는 기체와 액체가 평형을 이루는 온도와 압력으로 일정한 온도에서 압력을 낮추면 기체(수증기)가 된다.

18 상평형

1 atm에서 물의 기준 녹는점은 0°C, 기준 끓는점은 100°C이다. 따라서 1 atm에서 온도에 따라 안정한 상태는 다음과 같다.

온도(°C)	안정한 상태
$t < 0$	고체
$t = 0$	고체, 액체
$0 < t < 100$	액체
$t = 100$	액체, 기체
$t > 100$	기체

- Ⓐ. 물의 기준 끓는점은 액체와 기체가 안정한 온도이므로 $t_2 < t_3$ 이다.
- Ⓑ. $t_1 = 0$ 이고, $t_3 < 0$ 이므로 $t_1 > t_3$ 이다.
- Ⓒ. 물의 삼중점에서 온도는 기준 녹는점(t_1)보다 높다.

19 상평형

- Ⓐ. 삼중점에서의 압력이 이산화 탄소가 물보다 높으므로 일정한 압력에서 고체의 온도를 높였을 때, 액체로 변화된 A는 물이고 기체로 변화된 B는 이산화 탄소이다.
- Ⓑ. 고체 이산화 탄소가 승화하였으므로 T는 이산화 탄소의 삼중점에서 온도보다 낮다.
- Ⓒ. 얼음이 용해되었으므로 P는 물의 삼중점에서의 압력보다 높다.

20 상평형

- Ⓐ. 2가지 서로 다른 온도에서 $\text{CO}_2(g)$ 와 $\text{CO}_2(s)$ 가 평형에 있을 때, 이산화 탄소의 승화 곡선에서 온도가 높을수록 압력이 높다. 따라서 $P_1 > P_2$ 이다.
- Ⓑ. 삼중점에서의 압력은 고체와 기체가 상평형을 이루는 압력(P_1, P_2)보다 크다.

Ⓒ. 고체와 기체가 상평형을 이루는 온도는 삼중점에서 온도보다 낮다.

3점 수능 테스트

본문 112~121쪽

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

01 화학 평형

반응 (가)에서 일정량의 반응물을 반응시켰을 때 생성물의 생성 속도가 감소하다가 일정한 값을 갖는 것은 반응물이 생성되기 때문으로 (가)는 가역 반응이고, 평형에 도달했을 때 정반응 속도와 역반응 속도가 같아진다.

- Ⓐ. (가)에서 t_1 일 때는 아직 평형에 도달하지 않았으므로 정반응 속도는 역반응 속도보다 크다.
- Ⓑ. 반응 (나)에서 일정한 시간 후에 생성물의 생성 속도가 0이 된 것은 반응물의 농도가 0이 되었기 때문이다. 따라서 (나)는 비가역 반응이다.
- Ⓒ. 반응 (가)에서 생성물의 농도는 평형에 도달할 때까지 증가하므로 평형에 도달하기 전인 t_1 일 때가 평형 상태인 t_2 일 때보다 작다.

02 평형 상수

- Ⓐ. (가)의 평형 농도로부터 평형 상수(K)를 구하면 다음과 같다.

$$K = \frac{[\text{B}]^2}{[\text{A}]} = \frac{0.2^2}{0.2} = 0.2$$

- Ⓑ. (나)의 평형 농도에서 $K = \frac{[\text{B}]^2}{[\text{A}]} = \frac{a^2}{0.8} = 0.2$ 이므로 $a = 0.4$ 이다.

따라서 평형 상태에서 전체 기체 농도는 (가) 0.4 mol/L, (나) 1.2 mol/L이다. 온도가 같을 때 압력은 전체 기체 농도(mol/L)에 비례하므로 압력비는 (가) : (나) = 1 : 3이다.

- Ⓒ. (가)와 (나)의 평형 농도로부터 A의 초기 농도를 구하면 다음과 같다.

	$\text{A}(g) \rightleftharpoons 2\text{B}(g)$	
반응 전(M)	0.3	0
반응(M)	-0.1	+0.2
평형(M)	0.2	0.2

(나)

	$A(g) \rightleftharpoons 2B(g)$	
반응 전(M)	1.0	0
반응(M)	-0.2	+0.4
평형(M)	0.8	0.4

따라서 A의 초기 농도비는 (가) : (나) = 3 : 10이다.

03 평형 이동

✕. (가)에서 $[A]=a$ M, $[B]=b$ M라면 $K=\frac{[B]}{[A]^2}=\frac{b}{a^2}$ 이다.

압력을 가하여 부피가 $\frac{1}{2}$ 배가 된 초기 상태 (나)에서 $[A]=2a$ M,

$[B]=2b$ M이므로 반응 지수 $Q=\frac{[B]}{[A]^2}=\frac{2b}{(2a)^2}=\frac{b}{2a^2}$ 이고,

$Q < K$ 이다.

㉠. (나)에서 $Q < K$ 이므로 정반응이 우세하게 진행되어 새로운 평형에 도달하면서 전체 기체의 양(mol)은 감소하므로 (다)에서 혼합 기체의 압력은 (가)의 2배보다 작다.

㉡. (나)에서 정반응이 우세하게 진행되어 새로운 평형에 도달했으므로 A의 양(mol)은 감소하고 B의 양(mol)은 증가하므로

$\frac{[A]}{[B]}$ 는 감소한다. $\frac{[A]}{[B]}$ 는 (가) > (다)이다.

04 화학 평형

㉠. (가)의 평형 상태는 (나)의 평형 상태에 B 0.1 mol을 첨가했을 때 도달한 평형 상태와 같다. 왜냐하면 (가)에서 A 0.1 mol의 물질량은 (나)에서 B와 C 각각 0.1 mol의 물질량과 같기 때문이다. 따라서 (나)의 평형 상태에서 B 0.1 mol을 첨가하면 역반응이 우세하게 일어나므로 A의 양(mol)이 증가한다. 따라서 A의 양(mol)은 (가) > (나)이고, 같은 온도와 부피이므로 A의 부분 압력도 (가) > (나)이다.

✕. (나)에서는 역반응이 우세하게 진행되어 평형에 도달하므로 평형 상태에서 전체 기체의 양이 0.2 mol보다 작아진다. (다)에서 C만 존재하는 경우 이 반응이 평형에 도달할 수 없으므로 (다)에서 기체의 양은 0.2 mol이다. 따라서 전체 기체 압력은 (다) > (나)이다.

✕. (다)에서 C만 존재하는 경우 이 반응이 평형에 도달할 수 없고, 역반응이 일어나지 않는다.

05 평형 상수와 반응 지수

㉠. 1 L의 용기 (나)에서 A~C의 농도는 모두 0.2 M이므로 평형

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

✕. 2 L의 용기 (가)에서 A~C의 농도는 각각 0.2 M, $\frac{x}{2}$ M,

0.4 M이므로 $K=\frac{[C]}{[A][B]}=\frac{0.4}{0.2 \times \frac{x}{2}}=5$ 이고, $x=0.8$ 이다.

✕. 꼭지를 열었을 때, 전체 부피는 3 L, A~C의 양은 각각 0.6 mol, 1.0 mol, 1.0 mol이므로 A~C의 농도는 각각 0.2 M,

$\frac{1}{3}$ M, $\frac{1}{3}$ M이다. 따라서 $Q=\frac{[C]}{[A][B]}=\frac{\frac{1}{3}}{0.2 \times \frac{1}{3}}=5=K$ 이므로

평형 이동이 일어나지 않는다.

06 화학 반응식과 평형 상수

반응 전과 평형에서 물질의 양은 (가)는 0.4 mol에서 0.2 mol로, (나)는 0에서 0.1 mol로 변화되므로 반응한 물질의 몰비 (가) : (나) = 2 : 1이다. 반응 계수는 A : B = 1 : 2이므로 (가)는 B, (나)는 A이다. 이 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g) \rightleftharpoons 2B(g)$	
반응 전(mol)	0	0.4
반응(mol)	+1.0	-0.2
평형(mol)	0.1	0.2

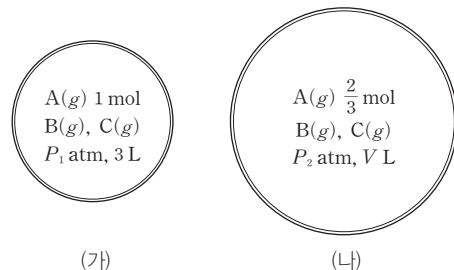
강철 용기의 부피가 2 L이므로 평형 농도는 A와 B가 각각 $\frac{0.1}{2}$

$=\frac{1}{20}$ M, $\frac{0.2}{2}=\frac{1}{10}$ M이고, 평형 상수 $K=\frac{[B]^2}{[A]}=\frac{(\frac{1}{10})^2}{\frac{1}{20}}=$

0.2이다.

07 화학 평형

그림과 같이 2개의 강철 용기를 각각 (가), (나)라고 하면



(가)에서 A(g)의 양이 1 mol이므로 양적 관계를 알아보면 다음과 같다.

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

용기의 부피가 3 L이므로 A~C의 평형 농도는 각각 $\frac{1}{3}$ M이고,

$$\text{평형 상수 } K = \frac{[B][C]}{[A]} = \frac{\frac{1}{3} \times \frac{1}{3}}{\frac{1}{3}} = \frac{1}{3} \text{이다.}$$

(나)에서 A(g)의 양이 $\frac{2}{3}$ mol이므로 양적 관계를 알아보면 다음과 같다.

	$A(g) \rightleftharpoons B(g) + C(g)$		
반응 전(mol)	2	0	0
반응(mol)	$-\frac{4}{3}$	$+\frac{4}{3}$	$+\frac{4}{3}$
평형(mol)	$\frac{2}{3}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{4}{3}$

용기의 부피가 V L이므로 A~C의 평형 농도는 각각 $\frac{2}{3V}$ M,

$$\frac{4}{3V} \text{ M, } \frac{4}{3V} \text{ M이고, } K = \frac{[B][C]}{[A]} = \frac{\frac{4}{3V} \times \frac{4}{3V}}{\frac{2}{3V}} = \frac{8}{3V} = \frac{1}{3}$$

이다. 따라서 $V=8$ 이다.

(가)와 (나)에서 전체 기체의 양(mol)은 각각 3 mol, $\frac{10}{3}$ mol, 부피는 각각 3 L, 8 L이고, 온도가 일정할 때 압력은 $\frac{n}{V}$ 에 비례

$$\text{하므로 } P_1 : P_2 = \frac{3 \text{ mol}}{3 \text{ L}} : \frac{\frac{10}{3} \text{ mol}}{8 \text{ L}} = 12 : 5 \text{이다.}$$

[다른 풀이] (가)와 (나)에서 양적 관계로부터 구한 A~C의 양(mol)으로부터 A~C의 몰 분율 및 부분 압력을 다음과 같이 구할 수 있다.

	구분	몰 분율	부분 압력(atm)
(가)	A	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}P_1$
	B	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}P_1$
	C	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}P_1$
(나)	A	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}P_2$
	B	$\frac{2}{5}$	$\frac{2}{5}P_2$
	C	$\frac{2}{5}$	$\frac{2}{5}P_2$

이상 기체 방정식($PV=nRT$)으로부터 A의 농도는 $[A]=\frac{n}{V}=\frac{P_A}{RT}$ 이다.

$$\text{따라서 } K = \frac{[B][C]}{[A]} = \frac{\frac{P_B}{RT} \times \frac{P_C}{RT}}{\frac{P_A}{RT}} = \frac{P_B \times P_C}{P_A} \times \frac{1}{RT} \text{이고,}$$

(가)와 (나)에서 A~C의 부분 압력을 대입하면

$$K = \frac{\frac{P_1}{3} \times \frac{P_1}{3}}{\frac{P_1}{3}} = \frac{2P_2}{5} \times \frac{2P_2}{5} \text{이므로 } 5P_1 = 12P_2 \text{이다. 따라서}$$

서 $P_1 : P_2 = 12 : 5$ 이다.

08 반응 지수와 화학 평형

㉠ 초기 상태에서 반응 지수가 3이므로 반응 지수식에 초기 농도를 대입하면 다음과 같다.

$$Q = \frac{[C]}{[A][B]} = \frac{3}{1 \times a} = 3 \text{이다. 따라서 } a=1 \text{이다.}$$

㉡ 그래프에서 반응 지수가 $\frac{1}{2}$ 에 수렴하므로 평형 상수 $K=\frac{1}{2}$ 이다. $Q>K$ 이므로 반응 초기 역반응이 우세하게 일어난다.

㉢ 이 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

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

$$K = \frac{[C]}{[A][B]} = \frac{(3-x)}{(1+x)(1+x)} = \frac{1}{2} \text{이다.}$$

$x=1$ 이고, A~C의 평형 농도는 각각 2 M이다. 따라서 평형 상태에서 A의 몰 분율은 $\frac{1}{3}$ 이다.

09 평형 이동

부피가 1 L일 때 도달한 평형 상태에 대한 양적 관계는 다음과 같다.

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

$$\text{평형 상수 } K = \frac{[B]}{[A]^2} = \frac{x}{(2-2x)^2} = \frac{3}{2} \text{이므로 } x = \frac{3}{2} \text{ 또는 } \frac{2}{3} \text{이다.}$$

$x=\frac{3}{2}$ 이면 평형에서 A의 양(mol)이 -1 mol이므로 불가능하다.

따라서 $x=\frac{2}{3}$ 이고, 평형 상태에서 A와 B의 양은 각각 $\frac{2}{3}$ mol이다.

t_1 에서 부피를 V L로 변화시킨 초기 상태에서 A와 B의 농도는

모두 $\frac{2}{3} \text{ mol}$ 이므로 $\frac{2}{V L} = \frac{2}{3V} \text{ M}$ 이다.

반응 지수 $Q = \frac{[B]}{[A]^2} = \frac{\frac{2}{3V}}{\left(\frac{2}{3V}\right)^2} = \frac{3V}{2} = \frac{9}{2}$ 이므로 $V=3$ 이다.

부피가 3 L일 때 도달한 평형에 대한 양적 관계는 다음과 같다.

	$2A(g) \rightleftharpoons B(g)$	
반응 전(mol)	2	0
반응(mol)	$-2y$	$+y$
평형 II (mol)	$2-2y$	y

평형 상태에서 A와 B의 농도는 각각 $\frac{2-2y}{3} \text{ M}$, $\frac{y}{3} \text{ M}$ 이다.

평형 상수 $K = \frac{[B]}{[A]^2} = \frac{\frac{y}{3}}{\left(\frac{2-2y}{3}\right)^2} = \frac{3}{2}$ 이고, $y = \frac{1}{2}$ 이다.

따라서 평형 상태에서 A와 B의 양은 각각 1 mol, $\frac{1}{2} \text{ mol}$ 이다.

(가)의 초기 상태와 t_2 의 평형 상태에서 부피는 각각 1 L, 3 L이고, 전체 기체의 양은 2 mol, 1.5 mol이다.

일정한 온도에서 압력은 $\frac{n}{V}$ 에 비례하므로 t_2 에서의 압력을

$P_2 \text{ atm}$ 이라고 하면 $P : P_2 = \frac{2 \text{ mol}}{1 \text{ L}} : \frac{1.5 \text{ mol}}{3 \text{ L}} = 4 : 1$ 이고,

$P_2 = \frac{1}{4}P$ 이다.

10 평형 이동

반응 $\text{CaCO}_3(s) \rightleftharpoons \text{CaO}(s) + \text{CO}_2(g)$ 에서 CaCO_3 과 CaO 은 고체이므로 평형 상수식에 포함되지 않는다. 따라서 $K = [\text{CO}_2]$ 이다.

✕. 정반응이 흡열 반응($\Delta H > 0$)이므로 (가)에서 온도 T 를 $2T$ 로 변화시키면 온도를 낮추기 위해 정반응이 진행되어 CO_2 의 양(mol)은 증가한다. 따라서 K 는 (가) < (나)이다.

○. 부피가 일정할 때, 기체의 양(mol)은 $\frac{P}{T}$ 에 비례한다. CO_2

의 양(mol)은 (나) > (가)이고, $\frac{x}{2T} > \frac{P}{T}$ 이므로 $x > 2P$ 이다.

✕. (가)에서 (나)로 변화할 때, 정반응이 진행되므로 $\text{CaO}(s)$ 의 질량은 증가하여 (가) < (나)이다.

11 화학 평형

이상 기체 방정식($PV = nRT$)에서 물질의 양(mol)은 $n = \frac{PV}{RT}$

이다. 따라서 반응 전 A와 B의 양은 각각 $\frac{2P}{RT} \text{ mol}$, $\frac{1}{RT} \text{ mol}$ 이다.

꼭지를 열어 평형에 도달했을 때, 양적 관계는 다음과 같다.

	$2A(g) \rightleftharpoons B(g)$	
반응 전(mol)	$\frac{2P}{RT}$	$\frac{1}{RT}$
반응(mol)	$-2x$	$+x$
평형(mol)	$\frac{2P}{RT} - 2x$	$\frac{1}{RT} + x$

평형에서 실린더 속 기체 부피가 1 L이므로 전체 기체 부피는 3 L이고 압력은 1 atm이다. 따라서 전체 기체의 농도는 다음과 같다.

$\frac{2P}{RT} - 2x + \frac{1}{RT} + x = \frac{3}{RT}$ ①

또한 평형 상수 $K = 6RT$ 이므로

$$K = \frac{[B]}{[A]^2} = \frac{\frac{1}{RT} + x}{\left(\frac{\frac{2P}{RT} - 2x}{3}\right)^2} = 6RT \text{ ②}$$

①과 ②로부터 $P = \frac{3}{2}$, $x = \frac{1}{RT}$ 이다. 따라서 평형 상태에서 A와

B의 양은 각각 $\frac{1}{RT} \text{ mol}$, $\frac{2}{RT} \text{ mol}$ 이고, A의 몰 분율은 $\frac{1}{3}$ 이다.

12 평형 이동

(가)의 평형 상태에서 $\frac{C \text{의 양(mol)}}{B \text{의 양(mol)}} = 2$ 이므로 평형 상태에서

A~C의 양(mol)을 구하면 다음과 같다.

	$A(g) + 2B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$		
반응 전(mol)	0	1	5
반응(mol)	$+n$	$+2n$	$-2n$
평형(mol)	n	$1+2n$	$5-2n$

$\frac{C \text{의 양(mol)}}{B \text{의 양(mol)}} = \frac{5-2n}{1+2n} = 2$ 이고, $n = \frac{1}{2}$ 이다.

A~C의 양은 각각 $\frac{1}{2} \text{ mol}$, 2 mol, 4 mol이고, A~C의 농도는

각각 $\frac{1}{4} \text{ M}$, 1 M, 2 M이다.

✕. 평형 상수 $K = \frac{[C]^2}{[A][B]^2} = \frac{2^2}{\frac{1}{4} \times 1^2} = 16$ 이다.

○. (가)와 (나)에서 전체 기체의 양은 각각 6.5 mol, 1 mol이고, 부피는 각각 2 L, 3 L이다. 같은 온도에서 압력은 $\frac{n}{V}$ 에 비례하

로 전체 기체 압력비 (가) : (나) = $\frac{6.5 \text{ mol}}{2 \text{ L}} : \frac{1 \text{ mol}}{3 \text{ L}} = 39:4$ 이다.

✕. 꼭지를 열었을 때, A~C의 양은 각각 $\frac{1}{2}$ mol, 3 mol, 4 mol

이고, A~C의 농도는 각각 $\frac{1}{10}$ M, $\frac{3}{5}$ M, $\frac{4}{5}$ M이다. 이때 반응

지수 $Q = \frac{[C]^2}{[A][B]^2} = \frac{\left(\frac{4}{5}\right)^2}{\frac{1}{10} \times \left(\frac{3}{5}\right)^2} = \frac{160}{9} > K$ 이다. 따라서 역반

응이 우세하게 일어난다.

13 평형 이동

✕. t_1 에서 1가지 물질을 첨가하였을 때, A의 농도가 증가하였으므로 첨가한 물질은 B 또는 C이다.

○. t_2 에서 온도를 변화시켰을 때, A의 농도가 감소했고 발열 반응($\Delta H < 0$)인 정반응 쪽으로 평형이 이동했으므로 온도를 낮추었다.

✕. 평형 I에서 양적 관계는 다음과 같다.

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

반응 전(M)	3	0	0
반응(M)	-2	+1	+2
평형 I (M)	1	1	2

따라서 평형 I에서 A의 몰 분율은 $\frac{1}{4}$ 이고, 평형 상수 $K = \frac{[B][C]^2}{[A]^2}$

= 4이다. 평형 II에서 C의 농도가 1 M이므로 t_1 에서 첨가한 물질은 B이다. t_1 에서 B를 b mol 첨가하였을 때, 평형 II에서 양적 관계는 다음과 같다.

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

반응 전(M)	1	1+b	2
반응(M)	+1	-0.5	-1
평형 II (M)	2	0.5+b	1

평형 I과 II에서 온도가 같으므로 평형 II에서 평형 상수

$K = \frac{[B][C]^2}{[A]^2} = \frac{(0.5+b) \times 1^2}{2^2} = 4$ 이고, $b = \frac{31}{2}$ 이다. 평형 II에

서 A의 몰 분율은 $\frac{2}{19}$ 이므로 A의 몰 분율은 I에서가 II에서보다 크다.

14 화학 평형과 평형 상수

이 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

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

반응 전(atm)	0.5	0	0
반응(atm)	-x	+x	+x
평형(atm)	0.5-x	x	x

평형 상태에서 A~C의 농도는 각각 $\frac{0.5-x}{RT}$, $\frac{x}{RT}$, $\frac{x}{RT}$ 이다.

평형 상수 $K = \frac{[B][C]}{[A]} = \frac{\frac{x}{RT} \times \frac{x}{RT}}{\frac{0.5-x}{RT}} = \frac{1}{4RT}$ 이고, $x = \frac{1}{4}$ 이다.

따라서 평형 상태에서 A~C의 압력은 모두 $\frac{1}{4}$ atm이고, A의

몰 분율은 $\frac{1}{3}$ 이다.

15 평형 이동

평형 I에서 양적 관계는 다음과 같다.

$$aA(g) \rightleftharpoons bB(g)$$

반응 전(mol)	2.0	0
반응(mol)	-1.5	+0.75
평형 I (mol)	0.5	0.75

평형 I에서 A와 B의 몰비는 $0.5 : 0.75 = 2 : 3$ 이다.

○. A 1.5 mol이 반응할 때 B 0.75 mol이 생성되므로 화학 반응식은 $2A(g) \rightleftharpoons B(g)$ 이다.

✕. A x mol을 첨가할 때 양적 관계는 다음과 같다.

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

반응 전(mol)	0.5+x	0.75
반응(mol)	-2y	+y
평형 II (mol)	0.5+x-2y	0.75+y

평형 II에서 A와 B의 몰비는 평형 I에서와 같고 $0.5+x-2y :$

$0.75+y = 2 : 3$ 이므로 $y = \frac{3}{8}x$ 이다. 따라서 평형 II에서 A의 양

은 $\left(0.5 + \frac{1}{4}x\right)$ mol이다.

✕. 일정한 온도와 압력의 실린더에서 이 반응이 평형에 도달했을 때, 반응 초기 A의 양과 관계없이 A와 B의 몰 농도 곱의 비는 일정하므로 밀도도 일정하다. 따라서 혼합 기체의 밀도비는 I : II = 1 : 1이다.

16 화학 평형

○. (가)와 (다)의 그래프에서 반응 초기 시간에 따른 X의 감소량이 (가) < (다)이므로 온도는 $t_1 < t_2$ 이다.

○. (가)와 (나)는 같은 온도에서 일어나는 반응이나 (나)가 더 빨리 평형에 도달했으므로 (나)에서 사용한 촉매는 정촉매이다.

○. 온도가 높을수록 평형 상태에서 반응물의 농도가 감소하므로 흡열 반응인 정반응 쪽으로 평형이 이동한다. 따라서 이 반응의 반응 엔탈피 $\Delta H > 0$ 이다.

17 평형 이동

✕. (가)의 평형에서 A의 몰 분율이 $\frac{1}{3}$ 이므로 A와 B의 압력은 각각 $\frac{P}{3}$ atm, $\frac{2P}{3}$ atm이고, A와 B의 농도는 $\frac{P}{3RT}$ M, $\frac{2P}{3RT}$ M이다.

온도 T 에서 평형 상수 $K = \frac{[B]^2}{[A]} = \frac{\left(\frac{2P}{3RT}\right)^2}{\frac{P}{3RT}} = \frac{4P}{3RT}$ 이다.

(나)의 평형에서 A의 몰 분율이 $\frac{1}{4}$ 이므로 A와 B의 압력은 각각 $\frac{x}{4}$ atm, $\frac{3x}{4}$ atm이고, A와 B의 농도는 $\frac{x}{4RT}$ M, $\frac{3x}{4RT}$ M이다.

온도 T 에서 평형 상수 $K = \frac{[B]^2}{[A]} = \frac{\left(\frac{3x}{4RT}\right)^2}{\frac{x}{4RT}} = \frac{4P}{3RT}$ 이므로

$x = \frac{16}{27}P$ 이다.

㉠. (가)에서 이 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g) \rightleftharpoons 2B(g)$	
반응 전(mol)	1	0
반응(mol)	-a	+2a
평형 (가)(mol)	1-a	2a

평형 (가)에서 A의 몰 분율 = $\frac{1-a}{1-a+2a} = \frac{1}{3}$ 이고, $a = \frac{1}{2}$ 이다.

따라서 A와 B의 양은 각각 $\frac{1}{2}$ mol, 1 mol이다.

(나)에서 이 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g) \rightleftharpoons 2B(g)$	
반응 전(mol)	1	0
반응(mol)	-b	+2b
평형 (나)(mol)	1-b	2b

평형 (나)에서 A의 몰 분율 = $\frac{1-b}{1-b+2b} = \frac{1}{4}$ 이고, $b = \frac{3}{5}$ 이다.

따라서 A와 B의 양은 각각 $\frac{2}{5}$ mol, $\frac{6}{5}$ mol이다.

(가)와 (나)에서 전체 기체의 양은 각각 $\frac{3}{2}$ mol, $\frac{8}{5}$ mol이고, 일정

한 온도에서 기체의 부피는 $\frac{n}{P}$ 에 비례하므로 부피비는 (가) : (나)

$$= \frac{\frac{3}{2} \text{ mol}}{P \text{ atm}} : \frac{\frac{8}{5} \text{ mol}}{\frac{16}{27} P \text{ atm}} = 5 : 9 \text{이다.}$$

전체 기체의 질량이 (가)와 (나)가 같으므로 밀도는 부피에 반비례한다. 따라서 밀도비 (가) : (나) = 9 : 5이다.

✕. 압력을 일정하게 유지하면서 온도를 증가시키면 흡열 반응 ($\Delta H > 0$)인 정반응 쪽으로 평형이 이동하여 A의 몰 분율이 작아진다. (다)에서 A의 몰 분율이 $\frac{1}{3}$ 이 되기 위해 압력 $y > P$ 이다.

18 물의 상평형 그림

(가) 높은 산에서 밥을 하면 쌀이 설익는 것은 압력이 낮아짐에 따라 끓는점이 감소하는 현상으로 C에 해당한다.

(나) 얼음에 압력을 가하면 얼음이 녹는 것은 압력이 증가할 때 얼음이 물로 상태 변화하는 것으로 A에 해당한다.

(다) 동결 건조 방법을 이용하여 건조식품을 만드는 것은 낮은 온도와 압력에서 얼음이 승화하는 현상을 이용한 것으로 B에 해당한다.

19 상평형 그림과 상평형

㉠. (나)에서 $t_1^\circ\text{C}$, P_1 atm의 평형 상태는 A(g)와 A(s)의 상평형에 해당하므로 승화 곡선 중 하나의 온도, 압력이고, $t_2^\circ\text{C}$, P_2 atm의 평형 상태는 A(s)와 A(l)의 평형에 해당하므로 용해 곡선 중 하나의 온도, 압력에 해당한다. 따라서 $P_1 < P_2$ 이다.

㉡. 승화 곡선에 해당하는 온도는 삼중점에서의 온도보다 낮다. 따라서 $t_1 < 0.01$ 이다.

✕. 용해 곡선에 해당하는 온도는 삼중점에서의 온도보다 낮다. 따라서 $t_2 < 0.01$ 이다.

20 이산화 탄소의 상평형

㉠. (나)에서 온도가 증가함에 따라 압력이 변화하는 것으로부터 200 K 이하의 온도에서는 고체와 기체가 상평형을 이루고, 200 K보다 높은 온도에서는 기체만 존재함을 알 수 있다. 따라서 300 K에서 압력이 3 atm이므로 200 K에서 압력은 2 atm이고, 2 atm에서 고체와 기체가 평형을 이루므로 삼중점에서 압력은 2 atm보다 크다.

㉡. 200 K, 2 atm은 고체와 기체가 평형을 이루는 온도와 압력이므로 200 K, 1 atm에서 안정한 상태는 기체이다.

㉢. 300 K, 3 atm에서 5 L에 들어 있는 이산화 탄소의 양은 $n = \frac{PV}{RT} = \frac{3 \text{ atm} \times 5 \text{ L}}{0.08 \text{ L} \cdot \text{atm}/(\text{mol} \cdot \text{K}) \times 300 \text{ K}} = \frac{5}{8}$ mol이다.

따라서 이산화 탄소의 질량은 $\frac{5}{8} \text{ mol} \times 44 \text{ g/mol} = 27.5 \text{ g}$ 이므로 $w = 27.5$ 이다.

06 산 염기 평형

2점 수능 테스트

본문 133~135쪽

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

01 산의 세기

반응 초기 발생하는 H₂의 부피가 HA(aq) > HB(aq)이므로 산의 세기는 HA(aq) > HB(aq)임을 알 수 있다.

⊙ 산의 세기가 HA > HB이므로 반응 초기 같은 농도와 부피의 수용액에서 이온화된 분자 수는 HA > HB이다.

✕ [H₃O⁺]가 HA(aq) > HB(aq)이므로 반응 초기 pH는 HB(aq) > HA(aq)이다.

✕ 반응한 Mg(s)의 질량이 같으므로 발생한 H₂의 양(mol)은 HA(aq)과 HB(aq)이 같다.

02 산의 농도와 pH

HA 수용액의 농도가 높을수록 H₃O⁺의 농도는 증가하지만 이온화된 분자의 비율은 감소한다.

✕ 산의 이온화 상수(K_a)는 평형 상수와 성질이 같으므로 산의 농도와 관계없이 온도만 같으면 값이 같다. 따라서 약산 HA의 이온화 상수(K_a)는 (가)와 (나)에서 같다.

⊙ H₃O⁺의 농도는 HA의 농도가 높은 용액일수록 높으므로 (가) > (나)이고, OH⁻의 농도는 $\frac{K_w}{[H_3O^+]}$ 이므로 (나) > (가)이므로 pOH는 (가) > (나)이다.

✕ 산 HA의 이온화 상수식은 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]}$ 이다. K_a가 같고, [H₃O⁺]는 (가) > (나)이므로 $\frac{[A^-]}{[HA]}$ 는 (나) > (가)이다.

03 염기의 이온화 상수

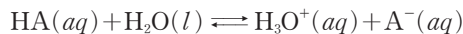
⊙ 평형 반응의 정반응에서 H₂O은 NH₃에게 양성자(H⁺)를 주므로 H₂O은 브뢴스테드·로리 산이고, NH₃는 브뢴스테드·로리 염기이다. 또한 역반응에서 NH₄⁺은 OH⁻에게 양성자(H⁺)를 주므로 NH₄⁺은 브뢴스테드·로리 산이고, OH⁻은 브뢴스테드·로리 염기이다.

✕ NH₃가 양성자(H⁺)를 얻어 NH₄⁺이 되므로 NH₃는 NH₄⁺의 짝염기이고, NH₄⁺은 NH₃의 짝산이다.

⊙ 염기 NH₃의 이온화 상수는 $\frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$ 이다.

04 산의 이온화 상수와 pH

산 HA의 이온화 반응식은 다음과 같다.



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

혼합 전 HA의 농도는 0.05 M이고, NaA(s) 0.82 g을 물에 녹여 100 mL 수용액을 만들었을 때 A⁻의 농도는 $\frac{0.82 \text{ g}}{82 \text{ g/mol} \times 0.1 \text{ L}} = 0.1 \text{ M}$ 이다.

$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]}$ 에서 $[H_3O^+] = \frac{K_a \times [HA]}{[A^-]} = \frac{2 \times 10^{-6} \times 0.05}{0.1} = 1 \times 10^{-6}$ 이다. 따라서 pH=6이다.

05 산과 염기의 이온화 상수

⊙ HA(aq)과 HC(aq)은 pH=4이므로 [H₃O⁺]=1×10⁻⁴ M이고, $[OH^-] = \frac{K_w}{[H_3O^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-4}} = 1 \times 10^{-10}$ M로 같다.

⊙ 산 HA의 이온화 상수 $K_a = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]} = \frac{1 \times 10^{-4} \times 1 \times 10^{-4}}{0.1} = 1 \times 10^{-7}$ 이고, 산 HB의 이온화 상수 $K_a = \frac{[H_3O^+][B^-]}{[HB]} = \frac{1 \times 10^{-5} \times 1 \times 10^{-5}}{0.01} = 1 \times 10^{-8}$ 이다. 따라서 산의 이온화 상수는 HA > HB이다.

⊙ 같은 농도의 용액에서 pH가 HB(aq) > HC(aq)이므로 약산의 K_a는 HC > HB이고 짝염기의 K_b는 B⁻ > C⁻이다. 농도가 같은 약염기 수용액의 pH는 K_b가 클수록 크므로 0.1 M 수용액의 pH는 NaB > NaC이다.

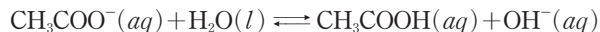
06 염의 가수 분해

염 NH₄Cl을 이루는 NH₄⁺은 약염기인 NH₃의 짝산이므로 수용액에서 다음과 같이 가수 분해하여 H₃O⁺을 생성한다.



따라서 NH₄Cl(aq)은 산성을 띤다.

염 CH₃COONa을 이루는 CH₃COO⁻은 약산인 CH₃COOH의 짝염기이므로 수용액에서 다음과 같이 가수 분해하여 OH⁻을 생성한다.



따라서 CH₃COONa(aq)은 염기성을 띤다.

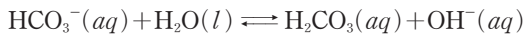
염 NaCl을 이루는 Na^+ 과 Cl^- 은 강산과 강염기의 중화 반응으로부터 생성되므로 가수 분해하지 않는다. 따라서 $\text{NaCl}(aq)$ 은 중성을 띤다.

07 염의 가수 분해

Ⓐ. 염은 수용액에서 산과 염기가 중화 반응할 때 물과 함께 생성되는 이온 결합 물질이다.

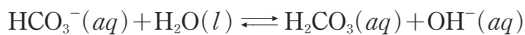
Ⓑ. $\text{H}_2\text{CO}_3(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{HCO}_3^-(aq) + \text{H}_3\text{O}^+(aq)$ 에서 HCO_3^- 은 H_2CO_3 의 짝염기이다.

Ⓒ. $\text{NaHCO}_3(aq)$ 에서 HCO_3^- 은 다음과 같이 가수 분해하여 OH^- 을 생성한다.



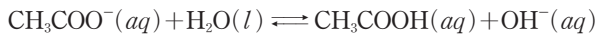
08 염의 가수 분해

$\text{NaHCO}_3(aq)$ 에서 HCO_3^- 은 약산의 짝염기이므로 다음과 같이 가수 분해 반응한다.



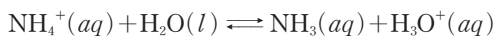
따라서 $\text{NaHCO}_3(aq)$ 은 염기성이다.

$\text{CH}_3\text{COONa}(aq)$ 에서 CH_3COO^- 은 약산의 짝염기이므로 다음과 같이 가수 분해 반응한다.



따라서 $\text{CH}_3\text{COONa}(aq)$ 은 염기성이다.

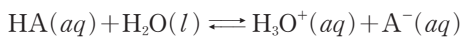
$\text{NH}_4\text{Cl}(aq)$ 에서 NH_4^+ 은 약염기의 짝산이므로 다음과 같이 가수 분해 반응한다.



따라서 $\text{NH}_4\text{Cl}(aq)$ 은 산성이다.

09 이온화 평형

$\text{HA}(aq)$ 에서 일어나는 평형 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



✕. 0.1 M의 $\text{HCl}(aq)$ 을 첨가하면 0.1 M $\text{HA}(aq)$ 에서보다 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 가 증가하므로 증가한 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 를 감소시키기 위해 역반응 쪽으로 평형이 이동하여 A^- 의 양(mol)은 감소한다.

Ⓒ. 1×10^{-3} mol의 $\text{NaOH}(s)$ 을 첨가하면 중화 반응으로 H_3O^+ 이 소모되어 감소하므로 감소한 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 를 증가시키기 위해 정반응 쪽으로 평형이 이동하여 A^- 의 양(mol)은 증가한다.

Ⓓ. 1×10^{-3} mol의 $\text{NaA}(s)$ 를 첨가하면 A^- 의 양(mol)이 증가하여 A^- 의 양(mol)을 감소시키기 위해 역반응 쪽으로 평형이 이동하나 NaA 를 첨가하기 전보다는 크다.

10 완충 용액

Ⓒ. 0.1 M $\text{HA}(aq)$ 100 mL와 0.1 M $\text{NaA}(aq)$ 100 mL를 혼합한 후 전체 부피가 200 mL가 되었을 때, HA 의 이온화와 A^- 의 가수 분해되는 비율이 매우 낮으므로 $[\text{HA}] = [\text{A}^-] = 0.05$ M가 된다.

Ⓒ. $[\text{HA}] = [\text{A}^-] = 0.05$ M를 산의 이온화 상수 $K_a = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]}$

에 대입하면 $[\text{H}_3\text{O}^+] = K_a = 1 \times 10^{-5}$ 이고, $[\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}_3\text{O}^+]}$

$= \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-5}} = 1 \times 10^{-9}$ 이다. 따라서 혼합 용액의 $\text{pOH} = 9$ 이다.

Ⓓ. 약산 HA 와 HA 의 짝염기 A^- 를 1:1로 혼합한 용액은 완충 용액이므로 소량의 산 또는 염기를 첨가하여도 pH 가 크게 변하지 않는다.

11 완충 용액의 제조

완충 용액은 소량의 산이나 염기를 첨가하여도 pH 가 크게 변하지 않는 용액으로서 완충 효과가 가장 큰 완충 용액은 약산(또는 약염기)과 그 약산(또는 약염기)의 짝염기(또는 짝산)를 1:1의 몰 비로 혼합한 용액이다.

Ⓒ. 0.1 M $\text{HA}(aq)$ 100 mL에는 0.01 mol의 HA 가 들어 있으며 0.2 g의 NaOH 은 $\frac{0.2 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.005$ mol이므로 0.01 mol

의 HA 중 0.005 mol이 중화되어 A^- 를 생성하므로 (가)에서 HA 의 양 = A^- 의 양 = 0.005 mol이므로 (가)는 완충 용액이다.

✕. 0.2 M $\text{NaOH}(aq)$ 50 mL에 들어 있는 NaOH 의 양은 $0.2 \text{ M} \times 0.05 \text{ L} = 0.01$ mol이므로 0.1 M $\text{HA}(aq)$ 이 모두 중화되어 중화점에 도달하므로 완충 용액이 아니다.

Ⓓ. 0.1 M $\text{NaA}(aq)$ 100 mL에 들어 있는 A^- 의 양은 $0.1 \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 0.01$ mol이므로 (다)에서 HA 의 양 = A^- 의 양 = 0.01 mol이므로 (다)는 완충 용액이다.

12 염기의 이온화 상수와 pH

염기 NH_3 의 이온화 상수 $K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]}$ 이다. (가)에서

$\frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]} = 0.01$ 이므로 $[\text{OH}^-] = 100K_b$ 이고, (나)에서 $\frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]}$

$= 1$ 이므로 $[\text{OH}^-] = K_b$ 이다.

$[\text{OH}^-]$ 는 (가)가 (나)의 100배이고, $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (나)가 (가)의 100배이다. (가)의 pH 가 (나)의 pH 보다 2가 크므로 $x - y = 2$ 이다.

3점 수능 테스트

본문 136~141쪽

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

01 단위 부피당 입자 모형

- 산 HA와 HB가 물에 용해되어 공통으로 생성하는 이온은 H⁺이다.
 ✕ HA와 HB는 1가 산이므로 물에서 이온화 반응을 통해 H⁺과 A⁻(또는 B⁻)을 1:1로 생성한다. 따라서 물에 용해된 HA의 양(mol)은 수용액 속에 존재하는 HA의 양(mol)과 A⁻의 양(mol)을 합한 것과 같다. 단위 부피당 용해된 분자 수비는 HA:HB=4:5이므로 몰 농도는 HB(aq) > HA(aq)이다.
 ○ HA(aq)과 HB(aq)에서 수용액 속에 존재하는 입자 수는 표와 같다.

수용액	HA(aq)	HB(aq)
[HA] 또는 [HB] (M)	<i>n</i>	<i>3n</i>
[H ₃ O ⁺] (M)	<i>3n</i>	<i>2n</i>
[A ⁻] 또는 [B ⁻] (M)	<i>3n</i>	<i>2n</i>

산 HA의 이온화 상수 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = 9n$ 이고,

산 HB의 이온화 상수 $K_a = \frac{[B^-][H_3O^+]}{[HB]} = \frac{4}{3}n$ 이다. 따라서 산의 이온화 상수(K_a)는 HA > HB이다.

02 산의 이온화 상수와 산의 세기

- 산 HA와 HB는 모두 1가 산으로 물에서 이온화하여 H₃O⁺와 음이온을 1:1로 생성한다. 따라서 HA(aq) 3V L와 HB(aq) 2V L 속에 들어 있는 H₃O⁺의 양(mol)은 $\frac{n}{2}$ 으로 같다. 따라서 [H₃O⁺]는 HA(aq) < HB(aq)이고, pH는 HA(aq) > HB(aq)이다.
 ○ HA와 HB가 약산이므로 수용액에서 [HA]와 [HB]는 물질의 농도와 같으므로 각각 *a* M, *2a* M이다.

HA(aq)에서 $[H_3O^+] = [A^-] = \frac{n}{3V}$ 이고,

HB(aq)에서 $[H_3O^+] = [B^-] = \frac{n}{2V}$ 이다.

산 HA와 HB의 이온화 상수(K_a)는 각각 다음과 같다.

$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{\frac{n}{3V} \times \frac{n}{3V}}{a} = \frac{n^2}{36aV^2}$$

$$K_a = \frac{[B^-][H_3O^+]}{[HB]} = \frac{\frac{n}{2V} \times \frac{n}{2V}}{2a} = \frac{n^2}{32aV^2}$$

따라서 산의 이온화 상수(K_a)는 HB > HA이다.

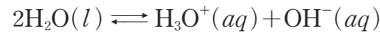
- 수용액을 중화시키기 위해 필요한 NaOH(s)의 양(mol)은 산의 양(mol)과 같고, HA(aq)과 HB(aq)에서 HA와 HB의 양(mol)은 각각 $a \times 3V$ 와 $2a \times 2V$ 이므로 HB(aq) > HA(aq)이다.

03 산과 염기의 이온화 상수

- K_a 와 K_b 는 일종의 평형 상수로 온도가 같으면 NH₃의 농도와 관계없이 일정하다.

○ 산 NH₄⁺의 이온화 상수(K_a)식은 $\frac{[NH_3][H_3O^+]}{[NH_4^+]}$ 이다.

- (가)와 (나)의 평형 반응식을 더하고 왼쪽과 오른쪽에서 공통 물질인 NH₃와 NH₄⁺을 제외한 나머지로 평형 반응식을 구성하면 다음과 같다.



평형 반응식을 더했을 때, 새로운 평형 상수는 두 이온화 상수의 곱으로 $K = K_a \cdot K_b$ 이다.

K 는 물의 이온화 상수(K_w)와 같으므로 $K_a = \frac{K_w}{K_b}$ 이다.

04 농도에 따른 이온의 양(mol)

HA(aq) 100 mL의 몰 농도가 *x* M이고 물을 첨가하여 수용액의 부피가 1600 mL일 때 [HA] = *y* M라고 하면 수용액 속 HA의 양(mol)은 같으므로 $x \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = y \text{ M} \times 1.6 \text{ L}$ 이다. 따라서 $y = \frac{x}{16}$ 이다.

HA(aq) + H₂O(l) ⇌ H₃O⁺(aq) + A⁻(aq)이므로 HA(aq)에서 H₃O⁺의 양(mol)은 A⁻의 양(mol)과 같으므로 수용액의 부피가 1600 mL일 때, A⁻의 양은 4×10^{-4} mol이고 [H₃O⁺] = [A⁻] = $\frac{4 \times 10^{-4} \text{ mol}}{1.6 \text{ L}} = \frac{1}{4} \times 10^{-3}$ M이다.

그러므로 $K_a = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]} = \frac{(\frac{1}{4} \times 10^{-3})^2}{\frac{x}{16}} = 1 \times 10^{-5}$ 이다. 따

라서 $x = 0.1$ 이다.

수용액의 부피가 100 mL일 때, [H₃O⁺] = [A⁻] = $\sqrt{CK_a} = \sqrt{0.1 \times 1 \times 10^{-5}} = 1 \times 10^{-3}$ M이다. 따라서 A⁻의 양은 $1 \times 10^{-3} \text{ M} \times 0.1 \text{ L} = 1 \times 10^{-4}$ mol이다.

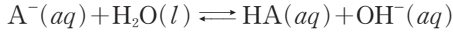
05 산과 염기의 반응

(가)에서 0.1 M NaOH(aq) 100 mL와 0.1 M HA(aq) 100 mL를 혼합하면 완전히 중화되어 0.05 M NaA(aq)

200 mL가 된다.

혼합 용액에서 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-10}$ 이므로 $[OH^-] = \frac{K_w}{[H_3O^+]}$
 $= 1 \times 10^{-4}$ 이다.

A^- 은 약산 HA의 짝염기이므로 $NaA(aq)$ 에서 물과 다음과 같이 가수 분해한다.



염기 A^- 의 이온화 상수 $K_b = \frac{[HA][OH^-]}{[A^-]}$ 이므로 $[OH^-] = \sqrt{CK_b}$
 $= \sqrt{0.05 \times K_b} = 1 \times 10^{-4}$ 이다. 따라서 $K_b = 2 \times 10^{-7}$ 이다.

산 HA의 이온화 상수 $K_a = \frac{K_w}{K_b} = \frac{1 \times 10^{-14}}{2 \times 10^{-7}} = 5 \times 10^{-8}$ 이다.

(나)에서 $0.1 M \times 0.15 L = 0.015 \text{ mol}$ 의 HA 중 0.01 mol 이 중화되어 0.01 mol 의 A^- 이 생성되고 0.005 mol 의 HA가 남는다.

$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{0.01 \text{ mol} \times [H_3O^+]}{0.25 L} = \frac{0.005 \text{ mol}}{0.25 L} = 2[H_3O^+] = 5 \times 10^{-8}$$

이므로 $[H_3O^+] = 2.5 \times 10^{-8}$ 이다.

06 약산의 이온화 상수

㉠ $x = \frac{[H_3O^+][HA^-]}{[H_2A]} \dots$ ①, $y = \frac{[H_3O^+][A^{2-}]}{[HA^-]} \dots$ ②이다.

$A^{2-}(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons HA^-(aq) + OH^-(aq)$ 에서 A^{2-} 의 이온화 상수 $K_b = \frac{K_w}{y}$ 이고, $HA^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_2A(aq)$

$+ OH^-(aq)$ 에서 HA^- 의 이온화 상수 $K_b = \frac{K_w}{x}$ 이다.

$x > y$ 이므로 염기의 이온화 상수 K_b 는 $A^{2-} > HA^-$ 이다.

✕. 식 ①, ②에서 $K = \frac{[H_2A][A^{2-}]}{[HA^-]^2} = \frac{y}{x}$ 이다.

㉡. $Na_2A(aq)$ 에서 약산 HA^- 의 짝염기 A^{2-} 이 가수 분해되어 HA^- 이 생성되고, HA^- 이 가수 분해되어 H_2A 를 생성한다. 염기의 이온화 상수 K_b 는 $A^{2-} > HA^-$ 이므로 용액 속에 존재하는 물질의 농도는 $[HA^-] > [H_2A]$ 이다.

07 산과 염기의 이온화 상수

농도가 C인 약산 HA에서의 이온화 반응식은 다음과 같다.



H_3O^+ 과 A^- 이 1 : 1로 생성되므로 $[H_3O^+] = [A^-]$ 이고, HA는 약산이므로 $[HA] \approx C$ 이다.

따라서 산의 이온화 상수 $K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]} = \frac{[H_3O^+]^2}{C}$ 이다. 그리고 $[H_3O^+] = \sqrt{CK_a}$ (㉠)가 된다.

농도가 C인 염기 B의 수용액에서도 마찬가지로 $[OH^-] = \sqrt{CK_b}$ (㉡)가 된다.

$NaA(aq)$ 에서 A^- 은 다음과 같이 가수 분해한다.



염기 A^- 의 이온화 상수 $K_b = \frac{K_w}{HA의 K_a} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{1.0 \times 10^{-x}} = 1.0 \times 10^{x-14}$ 이다.

$BHCl(aq)$ 에서 BH^+ 은 다음과 같이 가수 분해한다.



산 BH^+ 의 이온화 상수 $K_a = \frac{K_w}{B의 K_b} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-6}} = 1.0 \times 10^{-8}$ 이다.

$BHCl(aq)$ 에서 $pH = 5$ 이므로 $[H_3O^+] = 1.0 \times 10^{-5} M$ 이고, $BHCl$ 의 농도를 C라고 하면 식 ㉠으로부터 $C = 0.01 M$ 이므로 $NaA(aq)$ 도 $0.01 M$ 가 된다.

$NaA(aq)$ 에서 $pH = 9$ 이므로 $[H_3O^+] = 1.0 \times 10^{-9} M$, $[OH^-] = 1.0 \times 10^{-5} M$ 이고, A^- 의 $K_b = \frac{(1 \times 10^{-5})^2}{0.01} = 1.0 \times 10^{-8}$ 이다. 따라서 HA의 $K_a = 1.0 \times 10^{-6}$ 이므로 $x = 6$ 이다.

08 산의 세기와 이온화 상수

㉠. 산 HA는 물에 녹아 이온화하여 H_3O^+ 과 A^- 을 1 : 1로 생성하므로 $HA(aq)$ 에서 $[H_3O^+] = [A^-]$ 이다. 따라서 $HA(aq)$ 에서 $[H_3O^+] = [A^-] = 1 \times 10^{-4}$ 이다.

마찬가지로 $HB(aq)$ 에서 $[H_3O^+] = [B^-] = 1 \times 10^{-4}$ 이다.

$HA(aq)$ 과 $HB(aq)$ 에서 각각 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-4}$ 로 같으므로 pH 는 4로 서로 같다.

㉡. $HA(aq)$ 에서 HA의 양(mol)은 $0.1 M \times 0.2 L = 0.02 \text{ mol}$ 이고, $HB(aq)$ 에서 HB의 양(mol)은 $0.2 M \times 0.1 L = 0.02 \text{ mol}$ 이다. 따라서 산의 양(mol)은 $HA(aq)$ 에서와 $HB(aq)$ 에서가 같다.

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

$= \frac{1 \times 10^{-4} \times 1 \times 10^{-4}}{0.1} = 1 \times 10^{-7}$ 이고, 산 HB의 이온화 상수

$K_a = \frac{[B^-][H_3O^+]}{[HB]} = \frac{1 \times 10^{-4} \times 1 \times 10^{-4}}{0.2} = 5 \times 10^{-8}$ 이므로 산의

이온화 상수(K_a)는 $HA > HB$ 이다.

09 산과 염기의 이온화 상수

㉠. 염기 A^- 의 이온화 상수 $K_b = \frac{K_w}{HA의 K_a} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-6}} = 1 \times 10^{-8}$ 이다.

㉠ 산 HA의 이온화 상수 $K_a=1 \times 10^{-6}$ 이고 산 BH⁺의 이온화 상수 $K_a = \frac{K_w}{B의 K_b} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-5}} = 1 \times 10^{-9}$ 이므로 산의 이온화 상수는 HA > BH⁺이다.

㉡ 0.1 M HA(aq)에서 $[A^-] = [H_3O^+] = x$ 라면 이온화 상수식으로부터 $\frac{x^2}{0.1} = 1 \times 10^{-6}$ 이고, $x^2 = 1 \times 10^{-7}$ 이다. 0.1 M B(aq)에서 $[BH^+] = [OH^-] = y$ 라면 이온화 상수식으로부터 $\frac{y^2}{0.1} = 1 \times 10^{-5}$ 이고, $y^2 = 1 \times 10^{-6}$ 이다. $x^2 < y^2$ 이므로 $x < y$ 이고, 초기 농도가 같으므로 0.1 M HA(aq)에서 $\frac{[A^-]}{[HA]}$ (=10x)는 0.1 M B(aq)에서 $\frac{[BH^+]}{[B]}$ (=10y)보다 작다.

10 산과 염기의 이온화 상수

㉠ 산 NH₄⁺의 이온화 상수 $K_a = \frac{K_w}{염기 NH_3의 K_b} = \frac{1 \times 10^{-14}}{2 \times 10^{-5}} = 5 \times 10^{-10}$ 이다.

✕ 0.8 M NH₄Cl이므로 $[H_3O^+] = \sqrt{CK_a} = \sqrt{0.8 \times 5 \times 10^{-10}} = 2 \times 10^{-5}$ 이다.

✕ 0.8 M NH₄Cl(aq)에서 증류수를 가해 부피를 200 mL로 하여 농도가 0.4 M가 되면 $[NH_3] = [H_3O^+] = \sqrt{CK_a} = \sqrt{0.4 \times 5 \times 10^{-10}} = \sqrt{2} \times 10^{-5} > 1 \times 10^{-5}$ 이다.

11 완충 용액

㉠ (가)의 II에서 $[HA] = [A^-]$ 이므로 $K_a = [H_3O^+] = 1 \times 10^{-6}$ 이다.

㉡ (가)의 I에서 $[H_3O^+] = \sqrt{aK_a} = \sqrt{a \times 1 \times 10^{-6}} = 1 \times 10^{-3}$ 이므로 $a=1$ 이다.

㉢ NaOH 1 g = $\frac{1 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.025 \text{ mol}$ 이다.

I은 완충 용액이 아니고, II는 완충 용액이다.

(가)의 I에는 1 M × 0.1 L = 0.1 mol의 HA가 들어 있고, (가)의 II에는 각각 2 M × 0.05 L = 0.1 mol의 HA와 A⁻이 녹아 있으므로 0.025 mol의 NaOH을 넣었을 때 pH 변화는 I에서가 II에서보다 크다. 따라서 $x-3 > y-6$ 이다.

12 혈액에서 완충 용액의 작용

✕ 산의 이온화 상수(K_a)는 H₂CO₃ > H₂PO₄⁻이므로 짝염기의 이온화 상수(K_b)는 HPO₄²⁻ > HCO₃⁻이다.

㉠ 혈액에 약산인 젖산의 농도가 증가하면 H₃O⁺의 농도가 증가한다. H₂PO₄⁻(aq) + H₂O(l) ⇌ HPO₄²⁻(aq) + H₃O⁺(aq)

에서 증가한 H₃O⁺의 농도를 감소시키기 위해 역반응이 진행되어 HPO₄²⁻의 농도는 감소한다.

✕ 혈액에 암모니아의 농도가 증가하면 pH가 증가하나 혈액의 완충 작용에 의해 혈액의 pH가 크게 증가하지 않는다.

07

반응 속도

2점 수능 테스트

본문 153~155쪽

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

01 화학 반응 속도

화학 반응 속도는 화학 반응이 일어나는 빠르기이며, 단위 시간 동안의 반응물 또는 생성물의 농도 변화량으로 나타낼 수 있다.

㉠. 반응 속도는 $\frac{X\text{의 농도 감소량}}{\text{반응 시간}}$ 또는 $\frac{Y\text{의 농도 증가량}}{\text{반응 시간}}$ 으로 나타낼 수 있다.

로 나타낼 수 있다.

㉡. 화학 반응식에서 X와 Y의 반응 계수가 같으므로 단위 시간 동안 반응한 X의 양(mol)과 생성된 Y의 양(mol)은 같다.

㉢. 주어진 반응은 1차 반응이므로 반응 속도식은 $v=k[X]$ (k 는 반응 속도 상수)이다.

02 반응의 빠르기 측정

㉠. 제시된 실험 장치를 이용하면, 일정한 반응 시간 동안 발생한 $H_2(g)$ 의 부피를 측정하여 평균 반응 속도를 구할 수 있다.

㉡. 반응이 진행되면 반응물인 $Mg(s)$ 의 질량은 감소한다.

㉢. 화학 반응식에서 $HCl(aq)$ 과 $MgCl_2(aq)$ 의 반응 계수비는 2 : 1이므로 일정 시간 동안 $-\frac{\Delta[Mg^{2+}]}{\Delta[H^+]} = \frac{1}{2}$ 이다.

03 반응 속도의 측정

묽은 염산과 탄산 칼슘이 반응하면 이산화 탄소 기체가 발생하므로 반응 시간에 따른 질량 변화를 측정하여 반응의 빠르기를 나타낼 수 있으며, 묽은 염산과 싸이오황산 나트륨 수용액이 반응하면 고체가 석출되므로 ×표가 보이지 않을 때까지 걸린 시간을 측정하여 반응의 빠르기를 나타낼 수 있다.

㉠. (가)에서는 고체가 석출되지 않는다.

㉡. (가)와 (나)에서 $H^+(aq)$ 은 반응물이므로 반응이 진행되면 농도는 감소한다.

㉢. (가)에서는 시간에 따른 질량 변화를 측정하며, (나)에서는 ×표가 보이지 않을 때까지 걸리는 시간을 측정하여 반응의 빠르기를 나타낸다.

04 평균 반응 속도와 순간 반응 속도

평균 반응 속도는 일정 시간 동안의 반응 속도이며 순간 반응 속도는 특정 시간에서의 반응 속도이다.

㉠. 반응이 진행되는 동안 10 s 간격으로 생성된 $B(g)$ 의 농도 증가율이 감소하므로 시간이 지날수록 $B(g)$ 의 생성 속도는 감소한다.

㉡. 시간이 지날수록 반응 속도는 감소하므로 순간 반응 속도(M/s)는 10 s일 때가 30 s일 때보다 크다.

㉢. 반응은 50 s가 되기 전 완결되었으므로 반응이 완결될 때까지의 평균 반응 속도는 $\frac{1.5 M}{50 s} = 0.03 M/s$ 보다 크다.

05 반응 속도식

반응물의 초기 농도와 초기 반응 속도로부터 반응 속도식을 구할 수 있다. 실험 I과 II에서 $B(g)$ 의 농도가 일정할 때, $A(g)$ 의 농도와 초기 반응 속도가 비례하므로 이 반응은 $A(g)$ 에 대한 1차 반응임을 알 수 있다. 실험 II와 III에서 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 농도가 각각 2배 증가할 때 초기 반응 속도는 4배 증가하므로 이 반응은 $B(g)$ 에 대한 1차 반응임을 알 수 있다. 따라서 $m=n=1$ 이다. 실험 I과 IV에서 $A(g)$ 의 농도가 5배, 초기 반응 속도가 10배 증가했으므로 $B(g)$ 의 농도는 2배 증가했음을 알 수 있다.

따라서 $x=0.2$ 이므로 $(m+n) \times x=0.4$ 이다.

06 1차 반응

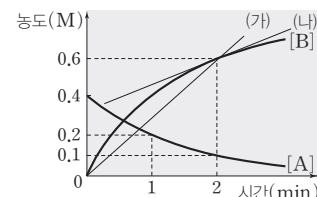
그림에서 $A(g)$ 의 농도는 1 min마다 반으로 감소하므로 반응 $A(g) \rightarrow bB(g)$ 은 반감기가 1 min인 1차 반응이다.

㉠. 2 min일 때, $A(g)$ 는 $0.4 \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 = 0.1 M$,

$B(g)$ 는 $(0.4 - 0.1) \times b = 0.6 M$ 이므로 $b=2$ 이다.

㉡. 이 반응은 1차 반응이므로 전체 반응 차수는 1이다.

㉢. 0~2 min 동안 평균 반응 속도는 (가)의 기울기, 2 min일 때의 순간 반응 속도는 (나)의 기울기에 비례한다. 따라서 0~2 min 동안 평균 반응 속도는 2 min일 때의 순간 반응 속도보다 크다.



07 1차 반응

1차 반응은 반감기가 일정한 반응이므로 같은 시간 동안 감소하는 반응물의 양은 반응 시간이 지날수록 작아진다. 따라서 같은 시

간 동안 증가하는 생성물의 양도 반응 시간이 지날수록 작아진다.

⊙. 화학 반응식에서 A(g)와 B(g)의 반응 계수비가 1:2이므로 생성된 B(g)의 농도는 감소한 A(g)의 농도의 2배이다. $t_1 \sim t_2$ s에서 B(g)는 0.1 M만큼 증가하므로 A(g)는 0.05 M만큼 감소한다.

✕. A(g)의 초기 농도가 0.2 M이고, t_2 s, t_3 s일 때, B(g)의 농도는 각각 0.2 M, 0.3 M이므로 A(g)의 농도는 각각 0.1 M, 0.05 M이다. 따라서 $\frac{k \times 0.1}{k \times 0.05} = 2$ 이므로 순간 반응 속도는 t_2 s일 때가 t_3 s일 때의 2배이다.

✕. 1차 반응에서 시간이 지날수록 같은 시간 동안 증가하는 생성물의 양은 적어지므로 같은 양의 생성물이 생성되는 시간은 길어진다. 따라서 $t_2 - t_1 > t_1$ 이고 $t_2 > 2t_1$ 이다.

08 1차 반응

A(g)의 농도가 1 min마다 반으로 줄어들므로 주어진 반응은 반감기가 1 min인 1차 반응이다.

⊙. 3 min일 때, A(g)의 농도는 $0.2 \times \left(\frac{1}{2}\right)^3 = 0.025$ M이다.

✕. 1 min일 때, A(g)~C(g)의 농도는 각각 0.1 M, 0.2 M, 0.05 M이다. 따라서 B(g)의 몰 분율은 $\frac{0.2}{0.1+0.2+0.05} = \frac{4}{7}$ 이다.

✕. 이 반응의 반응 속도식은 $v = k[A]$ 이므로 순간 반응 속도는 A(g)의 농도에 비례한다. 이 반응의 반감기가 1 min이므로 A(g)의 농도는 2 min일 때가 4 min일 때의 4배이다. 따라서 순간 반응 속도는 2 min일 때가 4 min일 때의 4배이다.

09 반응 속도식

(가)는 1차 반응, (나)는 0차 반응이다.

⊙. (가)는 반감기가 일정한 1차 반응이다.

✕. (나)의 반응 속도식은 $v = k_2$ 이므로 초기 반응 속도는 반응물의 농도와 상관없다.

⊙. (가)와 (나)에서 반응 계수는 생성물이 반응물보다 크므로 반응이 진행되면 (가)와 (나)에서 전체 기체의 양(mol)은 증가한다.

10 1차 반응

1차 반응은 반감기가 일정한 반응이므로 반감기가 지날 때마다 반응물의 농도 감소량은 $\frac{1}{2}$ 로 감소하고, 반감기가 지날 때마다 생성물의 농도 증가량도 $\frac{1}{2}$ 로 감소한다.

⊙. 0~2 min에서 농도 증가량이 C(g)가 B(g)의 2배이므로 $c = 2$ 이다.

⊙. 4 min일 때, B(g)의 농도는 $2.4 \times \frac{1}{2} = 1.2$ M이므로 2 min이 지날 때마다 B(g)의 농도 증가량은 $\frac{1}{2}$ 로 감소한다. 따라서 이 반응의 반감기는 2 min이며 반응 시간에 따른 A(g)와 B(g)의 농도는 다음과 같다.

시간(min)	[A](M)	[B](M)
0	x	0
2	$\frac{x}{2}$	0.8
4	$\frac{x}{4}$	1.2
6	$\frac{x}{8}$	1.4

화학 반응식에서 A(g)와 B(g)의 계수가 같으므로 0~2 min에서 A(g)와 B(g)의 농도 변화량은 같다. 따라서 $x - \frac{x}{2} = 0.8$, $x = 1.6$ 이다.

⊙. 4 min일 때 $\frac{[B]}{6 \text{ min일 때 } [A]} = \frac{1.2}{0.2} = 6$ 이다.

11 활성화 에너지와 반응 엔탈피

✕. 반응 엔탈피(ΔH)는 생성물의 엔탈피 합에서 반응물의 엔탈피 합을 뺀 값이다. 따라서 $\Delta H > 0$ 이고, $a > 0$ 이다.

⊙. 정반응의 활성화 에너지는 x kJ, 역반응의 활성화 에너지는 y kJ이다.

⊙. 반응 엔탈피(ΔH)는 (정반응의 활성화 에너지) - (역반응의 활성화 에너지)이므로 $a = x - y$ 이고, $x = a + y$ 이다.

12 1차 반응과 농도비

1 min마다 $\frac{[B]}{[A]}$ 의 증가량이 2배가 되므로 주어진 반응은 반감기가 1 min인 1차 반응이다.

반응 시간에 따른 [A], [B], $\frac{[B]}{[A]}$ 는 다음과 같다.

시간(min)	[A](M)	[B](M)	$\frac{[B]}{[A]}$
0	1	0	0
1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}b$	b
2	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}b$	$3b$
3	$\frac{1}{8}$	$\frac{7}{8}b$	$7b$

따라서 $b = 2$ 이다. 화학 반응식은 $A(g) \longrightarrow 2B(g)$ 이고 분자량은 A가 B의 2배이다. B의 분자량을 M_B 라 하면 2 min일 때,

$$\frac{\text{B의 질량}}{\text{A의 질량}} = \frac{\text{B의 양(mol)} \times M_B}{\text{A의 양(mol)} \times 2M_B} = \frac{\frac{3}{2}}{\frac{1}{4} \times 2} = 3 \text{이다.}$$

[다른 풀이] A의 초기 질량을 w g이라 하면, 주어진 반응은 반감기가 1 min인 1차 반응이므로 2 min일 때, A의 질량은 $\frac{1}{4}w$ g이고 B의 질량은 감소한 A의 질량과 같다. 따라서 $\frac{\text{B의 질량}}{\text{A의 질량}} = \frac{w - \frac{1}{4}w}{\frac{1}{4}w} = 3$ 이다.

3점 수능 테스트

본문 156~161쪽

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

01 반응 속도식

주어진 반응에서 반응 속도식은 $v = k[A]^m[B]^n$ (k 는 반응 속도 상수, m , n 는 반응 차수)으로 나타낼 수 있다. (가)에서 B(g)의 농도가 일정할 때 A(g)의 농도의 제곱과 초기 반응 속도가 비례하므로 이 반응은 A에 대한 2차 반응이다. (나)에서 A(g)의 농도가 일정할 때 B(g)의 농도와 초기 반응 속도가 비례하므로 이 반응은 B에 대한 1차 반응이며 반응 속도식은 $v = k[A]^2[B]$ 이다.

㉠ 이 반응은 A에 대한 2차, B에 대한 1차 반응이다.

㉡ (가)에서 A(g)와 B(g)의 농도가 각각 0.2 M, 0.3 M일 때 초기 반응 속도가 0.12 M/s이므로 $0.12 \text{ M/s} = k \times (0.2 \text{ M})^2 \times 0.3 \text{ M}$ 이다. 따라서 $k = 10 \text{ M}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 이다.

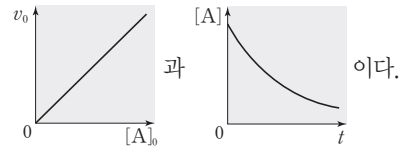
㉢ (나)에서 A(g)의 초기 농도가 x M, B(g)의 초기 농도가 0.1 M일 때, 초기 반응 속도가 0.16 M/s이고, $k = 10 \text{ M}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 이므로 $0.16 \text{ M/s} = 10 \text{ M}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \times (x \text{ M})^2 \times 0.1 \text{ M}$ 이다. 따라서 $x = 0.4$ 이다.

[다른 풀이] (가)에서 A(g)와 B(g)의 농도가 각각 0.4 M, 0.3 M일 때 초기 반응 속도가 0.48 M/s이고 (나)에서 A(g)와 B(g)의 농도가 각각 x M, 0.3 M일 때 초기 반응 속도가 0.48 M/s이므로 $x = 0.4$ 이다.

02 1차 반응의 그래프

주어진 반응은 1차 반응으로 초기 반응 속도는 A(g)의 초기 농

도에 비례하고, A(g)의 농도가 반으로 줄어드는 데 걸리는 시간은 같다. 따라서 반응 시간이 지날수록 같은 시간 동안 A(g)의 농도 변화량은 작아진다. 따라서 (가)와 (나)로 적절한 것은 각각



03 1차 반응의 질량 변화

주어진 반응은 1차 반응이고 0~ t min에서 B(g)의 질량 증가가 0.8 g, $t \sim 2t$ min에서 B(g)의 질량 증가가 $0.8 \times \frac{1}{2} = 0.4$ g이므로 반감기는 t min이다. $2t$ min일 때, A(g)의 질량은 $x \times (\frac{1}{2})^2 = \frac{1}{4}x$ g이고 B(g), C(g)의 질량은 각각 1.2 g, 1.5 g이다. 0~ $2t$ min에서 감소한 A(g)의 질량은 증가한 B(g), C(g)의 질량 합과 같으므로 $(x - \frac{1}{4}x) = 1.2 + 1.5$, $x = 3.6$ 이다.

0~ $2t$ min에서 A(g)~C(g)의 반응 질량은 각각 $3.6 \times \frac{3}{4} = 2.7$ g, 1.2 g, 1.5 g이고 몰비는 2:1:2이므로 A~C의 분자량비는 $\frac{2.7}{2} : \frac{1.2}{1} : \frac{1.5}{2} = 9 : 8 : 5$ 이다. 따라서 $x \times \frac{\text{B의 분자량}}{\text{A의 분자량}} = 3.6 \times \frac{8}{9} = 3.2$ 이다.

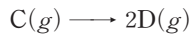
04 1차 반응과 몰 분율

반응 초기에 B와 D의 몰 분율이 각각 0.2, 0.5이므로 A(g)~D(g)의 양은 각각 x mol, $\frac{x}{4}$ mol, y mol, y mol이다. 0~ t s에서 반응한 A(g)의 양을 n mol이라 하면

	$\text{A(g)} \longrightarrow \text{B(g)}$	
반응 전(mol)	x	$\frac{x}{4}$
반응(mol)	$-n$	$+n$
반응 후(mol)	$x - n$	$\frac{x}{4} + n$

$\frac{\frac{x}{4} + n}{\frac{x}{4}} = \frac{4}{5}$, $n = \frac{3}{4}x$ 이다. 반응 $\text{A(g)} \longrightarrow \text{B(g)}$ 은 1차 반응

이고 t s일 때, A(g)의 농도가 초기 농도의 $\frac{1}{4}$ 이므로 이 반응의 반감기는 $\frac{t}{2}$ s이다. 0~ t s에서 반응한 C(g)의 양을 n' mol이라 하면



반응 전(mol)	y	y
반응(mol)	$-n'$	$+2n'$
반응 후(mol)	$y-n'$	$y+2n'$

$\frac{y+2n'}{2y+n'} = \frac{4}{5}$, $n' = \frac{y}{2}$ 이다. 반응 $C(g) \longrightarrow 2D(g)$ 은 1차 반응

이고 t s일 때, $C(g)$ 의 농도가 초기 농도의 $\frac{1}{2}$ 이므로 이 반응의 반감기는 t s이다.

✕. 반응 속도 상수는 반감기가 짧을수록 크므로 $k_1 > k_2$ 이다.

✕. 두 강철 용기의 온도와 부피가 각각 같으므로 기체의 압력은 기체의 양(mol)에 비례한다. t s일 때, $B(g)$ 는 x mol, $D(g)$ 는 $2y$ mol이므로 $\frac{D(g) \text{의 부분 압력}}{B(g) \text{의 부분 압력}} = \frac{2y}{x} = \frac{3}{2}$ 이다. 따라서 $3x = 4y$ 이다.

㉔. $2t$ s일 때, $A(g)$ 는 $x \times \left(\frac{1}{2}\right)^4 = \frac{x}{16}$ mol, $C(g)$ 는 $y \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{y}{4}$ mol이고 $y = \frac{3}{4}x$ 이므로 $\frac{C(g) \text{의 양(mol)}}{A(g) \text{의 양(mol)}} = 3$ 이다.

05 1차 반응과 순간 반응 속도

부피와 온도가 일정하므로 부분 압력은 기체의 양(mol)에 비례한다. $\frac{P_B}{P_A}$ 가 각각 2, 14일 때 반응한 $A(g)$ 의 양(mol)을 각각 n , n' 라 하면 반응은 다음과 같다.



반응 전(mol)	0.8	0
반응(mol)	$-n$	$+2n$
반응 후(mol)	$0.8-n$	$2n$

따라서 $\frac{2n}{0.8-n} = 2$, $n = 0.4$ 이고, $\frac{2n'}{0.8-n'} = 14$, $n' = 0.7$ 이다.

반응 시간에 따른 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 농도는 다음과 같다.

반응 시간(min)	0	t	$2t$	$3t$
농도	$A(g)$	0.8	0.4	0.1
(M)	$B(g)$	0	0.8	1.4

$A(g)$ 의 농도가 0.4 M, 0.1 M일 때, 순간 반응 속도가 0.2 M/min, 0.05 M/min으로 $A(g)$ 의 농도와 순간 반응 속도가 비례하므로 이 반응은 1차 반응이다. 반감기는 t min이므로 $2t$ min일 때, $A(g)$ 의 농도는 0.2 M, $B(g)$ 의 농도는 1.2 M이다.

㉔. 이 반응은 1차 반응이므로 $m=1$ 이다.

㉔. $v = k[A]$ 에서 t min일 때, $0.2 \text{ M/min} = k \times 0.4 \text{ M}$ 이므로 $k = 0.5 \text{ min}^{-1}$ 이다.

㉔. $x = \frac{1.2}{0.2} = 6$ 이고, $y = 0.5 \times 0.2 = 0.1$ 이므로 $x \times y = 0.6$ 이다.

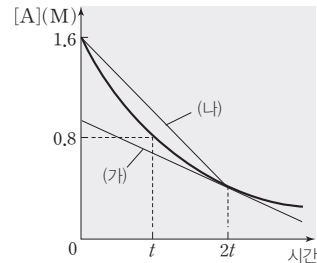
06 시간 · 농도 그래프와 순간 반응 속도

주어진 반응은 반감기가 t s인 1차 반응이므로 t s일 때 $A(g)$ 의 농도는 0.8 M, $2t$ s일 때 $A(g)$ 의 농도는 0.4 M이다.

㉔. A 의 농도는 t s일 때가 $2t$ s일 때의 2배이므로 순간 반응 속도도 t s일 때가 $2t$ s일 때의 2배이다.

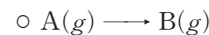
㉔. 평균 반응 속도는 $0 \sim t$ s에서 $\frac{1.6-0.8}{t} \text{ M/s}$ 이고 $t \sim 2t$ s에서 $\frac{0.8-0.4}{t} \text{ M/s}$ 이다.

㉔. 그림에서 $0 \sim 2t$ s에서 평균 반응 속도는 직선 (나)의 기울기(절댓값)이고, $2t$ s일 때 순간 반응 속도는 직선 (가)의 기울기(절댓값)이며 기울기(절댓값)는 (나)가 (가)보다 크다.

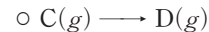


07 1차 반응과 반감기

1차 반응의 반감기는 일정하므로 I 과 II의 반감기를 각각 t_1 min, t_2 min이라 하면 반응 시간에 따른 $A(g) \sim D(g)$ 의 농도는 다음과 같다.



반응 시간(min)	0	t_1	$2t_1$
농도	$A(g)$	0.1	0.05
(M)	$B(g)$	0	0.05
			0.075



반응 시간(min)	0	t_2	$2t_2$	$3t_2$	$4t_2$
농도	$C(g)$	0.4	0.2	0.1	0.05
(M)	$D(g)$	0	0.2	0.3	0.35
				0.375	

반응 시간 2 min일 때 I에서 $B(g)$ 의 농도는 $(0.1-a)$ M이고 II에서 $D(g)$ 의 농도는 $(0.4-a)$ M이다.

$\frac{0.1-a}{0.4-a} = \frac{b}{5b} = \frac{1}{5}$ 이므로 $a = 0.025$ 이다. 따라서 $t_1 = 1$, $t_2 = \frac{1}{2}$ 이다.

✕. $\frac{\text{I에서의 반감기}}{\text{II에서의 반감기}} = \frac{1}{\frac{1}{2}} = 2$ 이다.

㉠ II에서 반응 시간이 1 min일 때, C(g)의 농도는 0.1 M, D(g)의 농도는 0.3 M이다.

㉡ 0~1 min에서 II에서의 평균 반응 속도 = $\frac{0.3}{0.05}$ = 6이다.

08 1차 반응과 몰 분율

$t=0$ 일 때, $y=8-x$ 이고 $t=0\sim 10$ min에서의 반응은 다음과 같다.

	$2A(g) + B(g) \longrightarrow 2C(g)$		
반응 전(mol)	x	$8-x$	1
반응(mol)	$-2n$	$-n$	$+2n$
반응 후(mol)	$x-2n$	$8-x-n$	$1+2n$

$$\frac{1+2n}{9-n} = \frac{8}{15}, n = \frac{3}{2} \text{이다.}$$

$t=0\sim 20$ min에서 반응한 A(g)를 n' mol이라 하면 $\frac{1+2n'}{9-n'}$
 $= \frac{2}{3}, n' = \frac{15}{8}$ 이다.

반응 시간에 따른 A(g)~C(g)의 양(mol)은 다음과 같다.

시간(min)	기체의 양(mol)		
	A(g)	B(g)	C(g)
0	x	$8-x$	1
10	$x-3$	$\frac{13}{2}-x$	4
20	$x-\frac{15}{4}$	$\frac{49}{8}-x$	$\frac{19}{4}$

주어진 반응은 1차 반응이고 0~10 min에서 C(g)가 3 mol 증가, 10~20 min에서 C(g)는 $3 \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{3}{4}$ mol 증가하므로 이 반응의 반감기는 5 min이다. 따라서 $x-3 = x \times \left(\frac{1}{2}\right)^2, x=4$ 이다.

$$y=8-x=4 \text{이므로 } \frac{y}{x} = 1 \text{이다.}$$

09 1차 반응

반응 전 Ne(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{7}$ 이므로 A(g)의 양은 12 mol이다. A(g)가 모두 반응하였을 때, Ne(g)의 몰 분율이 $\frac{1}{19}$ 이므로 B(g)와 C(g)의 전체 양은 36 mol이다. A(g) 12 mol이 반응하면 B(g) 12 mol, C(g) 12c mol이 생성되므로 $12+12c=36, c=2$ 이다.

4 min일 때, 반응한 A(g)의 양을 n mol이라 하면 A(g)는 $(12-n)$ mol, B(g)는 n mol, C(g)는 $2n$ mol이다. Ne(g)

의 몰 분율은 $\frac{1}{16} = \frac{2}{14+2n}, n=9$ 이다. 따라서 4 min일 때, A(g)의 양은 $12 \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 = 3$ mol이다. 이 반응의 반감기는 2 min이다.

6 min일 때, A(g)는 $12 \times \left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{3}{2}$ mol, B(g)는 $12 - \frac{3}{2} = \frac{21}{2}$ mol, C(g)는 $\frac{21}{2} \times 2 = 21$ mol이므로 C(g)의 몰 분율은 $\frac{21}{2 + \frac{3}{2} + \frac{21}{2} + 21} = \frac{3}{5}$ 이다.

10 반응 속도식과 순간 반응 속도

반응 $A(g) \longrightarrow 2B(g)$ 에서 반응 속도식은 $v = k[A]^m$ (k 는 반응 속도 상수, m 은 반응 차수)이다. (가)에서 $[A]_0$ 와 초기 반응 속도가 비례하므로 주어진 반응은 1차 반응이고 반응 속도 상수 $k = \frac{1}{8} \text{ min}^{-1}$ 이다.

㉠ A(g)의 초기 농도는 $\frac{2 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 2 \text{ M}$ 이고 $k = \frac{1}{8} \text{ min}^{-1}$ 이므로 $x = \frac{1}{8} \times 2 = \frac{1}{4}$ 이다.

㉡ 반응 속도식은 $v = \frac{1}{8}[A]$ 이므로 (나)에서 순간 반응 속도가 $\frac{1}{32} \text{ M/min}$ 일 때, $[A] = \frac{1}{4} \text{ M}$ 이다. A(g)의 초기 농도가 2 M이므로 t min일 때, 반감기가 3번 지났음을 알 수 있다. 따라서 반감기는 $\frac{t}{3} \text{ min}$ 이다.

㉢ t min일 때 A(g)의 농도는 $\frac{1}{4} \text{ M}$ 이므로 B(g)의 농도는 $2 \times \left(2 - \frac{1}{4}\right) = \frac{7}{2} \text{ M}$ 이다.

11 1차 반응의 몰비와 질량비

A(g) 1 g을 y mol, 이 반응의 반감기를 t_1 min이라 하면, 반응 시간에 따른 $n_A \sim n_C$ 와 $\frac{n_B+n_C}{n_A}$ 는 다음과 같다.

시간(min)	n_A	n_B	n_C	$\frac{n_B+n_C}{n_A}$
0	y	0	0	0
t_1	$\frac{y}{2}$	$\frac{y}{2a}$	$\frac{y}{2a}$	$\frac{2}{a}$
$2t_1$	$\frac{y}{4}$	$\frac{3y}{4a}$	$\frac{3y}{4a}$	$\frac{6}{a}$

0~ t_1 min에서 $\frac{n_B+n_C}{n_A}$ 가 $\frac{2}{a}$ 증가, $t_1\sim 2t_1$ min에서 $\frac{n_B+n_C}{n_A}$

는 $\frac{2}{a} \times 2 = \frac{4}{a}$ 증가한다. 주어진 그림에서 $0 \sim t$ min에서 $\frac{n_B + n_C}{n_A}$ 가 2 증가, $t \sim 2t$ min에서 $\frac{n_B + n_C}{n_A}$ 는 $2 \times 2 = 4$ 증가하므로 $t_1 = t$ 이다.

㉠. t min일 때, $\frac{n_B + n_C}{n_A} = \frac{2}{a} = 2$ 이므로 $a = 1$ 이다.

㉡. $2t$ min일 때, w_A 는 $1 \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}$ g이고 감소한 A(g)의 질량은 생성된 B(g)와 C(g)의 질량의 합과 같으므로 $w_B + w_C$

$= 1 - \frac{1}{4} = \frac{3}{4}$ g이다. 따라서 $x = \frac{\frac{3}{4}}{\frac{1}{4}} = 3$ 이다.

㉢. $\frac{t}{2t}$ min일 때, A의 양(mol) = $\frac{y}{2}$, B의 양(mol) = $\frac{3y}{4}$ 이다.

12 활성화 에너지와 반응 엔탈피

㉡. 반응 $A(g) \longrightarrow B(g)$ 의 활성화 에너지와 반응 엔탈피가 272 kJ, -33 kJ이므로 $B(g) \longrightarrow A(g)$ 의 활성화 에너지 $E_a = 272 - (-33) = 305$ kJ이다.

㉠. 정반응과 역반응의 반응 엔탈피의 크기는 같고 부호는 반대이므로 $\Delta H = 33$ 이다.

㉢. 반감기는 (가)에서가 (나)에서보다 짧으므로 $k_1 > k_2$ 이다.

08 반응 속도에 영향을 미치는 요인

2점 수능 테스트

본문 171~173쪽

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

01 촉매와 반응 속도

정촉매를 사용하면 반응의 활성화 에너지가 감소하므로 반응 속도가 빨라지고 부촉매를 사용하면 활성화 에너지가 증가하므로 반응 속도가 느려진다.

㉠. 정촉매를 사용하면 활성화 에너지가 감소하여 반응할 수 있는 반응물의 양이 많아지므로 반응 속도가 빨라진다.

㉡. 촉매는 활성화 에너지를 변화시키므로 정반응 속도와 역반응 속도를 모두 변화시킨다.

㉢. 촉매는 평형 상수에 영향을 주지 않는다.

02 농도와 반응 속도

I에서 A(g)의 농도는 t_1 min 지날 때마다 $\frac{1}{2}$ 로 감소하므로 반응 $A(g) \longrightarrow 2B(g)$ 는 1차 반응이며 반감기는 t_1 min이다. 온도가 같으므로 II의 반감기도 t_1 min이다.

㉠. II의 반감기는 t_1 min이므로 $x = 0.2 \times 2 = 0.4$ 이다.

㉡. I과 II에서 반응 속도식은 $v = k[A]$ (k 는 반응 속도 상수)이다. t_1 min일 때, [A]는 I에서가 0.4 M, II에서가 0.2 M이고 I과 II의 반감기가 같으므로 반응 속도 상수는 같다. 따라서 t_1 min일 때, 순간 반응 속도는 I에서가 II에서의 2배이다.

㉢. 기체의 압력은 온도가 같을 때, 몰 농도에 비례한다. I에서 t_1 min일 때, 기체의 몰 농도 합은 $0.4 + 0.8 = 1.2$ M, II에서 $2t_1$ min일 때, 기체의 몰 농도 합은 $0.1 + 0.6 = 0.7$ M이므로

$\frac{\text{I에서 } t_1 \text{ min일 때 기체의 압력}}{\text{II에서 } 2t_1 \text{ min일 때 기체의 압력}} = \frac{1.2}{0.7}$ 이다.

03 온도, 촉매와 반응 속도

시간에 따른 A(g)의 농도 변화를 통해 반응 속도를 비교할 수 있다.

㉡. 시간에 따른 [A]의 감소량은 II에서가 I에서보다 크다. 온도가 높아지면 반응 속도가 빨라지므로 $T_2 > T_1$ 이다.

㉠. 시간에 따른 [A]의 감소량이 III에서가 II에서보다 크다. 정촉매를 사용하면 반응 속도가 빨라지므로 III에서 사용한 촉매는 정

촉매이다.

✕. 정촉매를 사용하면 활성화 에너지가 감소하므로 활성화 에너지는 $\text{II} > \text{III}$ 이다.

04 온도와 반응 속도

반응 $A(g) \longrightarrow B(g)$ 는 $A(g)$ 의 초기 농도와 초기 반응 속도가 비례하므로 1차 반응이다.

㉠. 이 반응의 반응 속도식은 $v = k[A]$ (k 는 반응 속도 상수)이고 온도가 높아지면 k 는 커진다. $A(g)$ 의 농도가 같을 때, 초기 반응 속도가 T_1 에서 T_2 에서보다 빠르므로 $T_1 > T_2$ 이다.

㉡. $A(g)$ 의 초기 농도에 따른 초기 반응 속도 그래프에서 기울기가 반응 속도 상수(k)이므로 k 는 T_1 에서 3 s^{-1} , T_2 에서 2 s^{-1} 이다.

따라서 $\frac{T_1 \text{에서 반응 속도 상수}}{T_2 \text{에서 반응 속도 상수}} = \frac{3}{2}$ 이다.

✕. 반응 속도 상수가 클수록 반감기는 짧으므로 반감기는 T_1 에서 T_2 에서보다 짧다.

05 농도, 온도와 반응 속도

(가)는 분자 수가 증가하여 활성화 에너지 이상의 에너지를 갖는 분자 수가 증가한 것을 나타낸다. (나)는 높은 운동 에너지를 갖는 분자 수가 증가하였으므로 온도가 증가하여 활성화 에너지 이상의 에너지를 갖는 분자 수가 증가한 것을 나타낸다. 따라서 (가)와 (나)에서 변화시킨 반응 속도에 영향을 주는 요인으로 가장 적절한 것은 각각 농도와 온도이다.

06 온도와 반응 속도

0~6 min에서 $A(g)$ 의 농도는 3 min 지날 때마다 $\frac{1}{2}$ 로 감소하므로 반응 $A(g) \longrightarrow B(g)$ 는 1차 반응이고, 0~6 min에서의 반감기는 3 min이다.

6~8 min에서 $A(g)$ 의 농도는 1 min 지날 때마다 $\frac{1}{2}$ 로 감소하므로 6~8 min에서의 반감기는 1 min이다.

㉠. 이 반응은 반감기가 일정한 반응이므로 1차 반응이다.

㉡. 6 min일 때, 반감기가 변하므로 $x=6$ 이다.

㉢. 반응 속도 상수가 크면 반감기는 짧으므로 반응 속도 상수는 7 min일 때가 3 min일 때보다 크다.

07 온도와 반응 속도

주어진 반응은 반감기가 일정한 1차 반응이므로 T_1 , T_2 에서 반감기를 각각 t_1 s, t_2 s라 하면 T_1 과 T_2 에서 반응 시간에 따른 $A(g) \sim C(g)$ 의 압력과 전체 기체의 압력은 다음과 같다.

○ T_1

시간 (s)	A~C의 압력(atm)			전체 압력 (atm)
	A	B	C	
0	1	0	0	1
t_1	0.5	0.5	0.5	1.5
$2t_1$	0.25	0.75	0.75	1.75

○ T_2

시간 (s)	A~C의 압력(atm)			전체 압력 (atm)
	A	B	C	
0	2	0	0	2
t_2	1	1	1	3
$2t_2$	0.5	1.5	1.5	3.5

㉠. T_1 에서 t_1 s일 때, 전체 압력이 1.5 atm, T_2 에서 $2t_2$ s일 때, 전체 압력이 3.5 atm이므로 이 반응의 반감기는 T_1 에서 10 s, T_2 에서 5 s이다. 따라서 반감기는 T_1 에서 T_2 에서의 2배이다.

㉡. 5 s일 때, T_2 에서 $B(g)$ 의 부분 압력은 1 atm이다.

㉢. 10 s일 때, $A(g)$ 의 부분 압력은 T_1 과 T_2 에서 0.5 atm으로 같다.

08 촉매와 반응의 활성화 에너지

정촉매를 사용하면 반응의 활성화 에너지가 감소하여 반응 속도가 빨라진다. a 는 활성화 에너지의 크기, b 는 반응 엔탈피의 크기이다.

㉠. 정촉매를 사용하면 a 가 감소한다.

✕. 정촉매를 사용해도 반응 엔탈피의 크기는 일정하다.

㉢. 정촉매를 사용하면 $A(g)$ 의 감소 속도와 $B(g)$ 의 생성 속도가 증가한다.

09 반응 속도에 영향을 미치는 요인

✕. $A(g)$ 의 초기 농도, 정촉매 조건이 같은 I과 III을 비교하면, 초기 반응 속도가 T_2 일 때가 T_1 일 때보다 크므로 $T_2 > T_1$ 이다.

㉡. I과 II를 비교하면 $A(g)$ 의 초기 농도가 2배가 될 때, 초기 반응 속도가 2배가 되므로 이 반응은 1차 반응이다. III과 IV를 비교하면 $A(g)$ 의 초기 농도가 2배가 되고, 정촉매를 사용했으므로 $x > 2v \times 2$ 이다.

✕. I과 II의 온도, 정촉매 조건이 같으므로 I과 II의 반감기는 같다.

10 촉매와 반응 속도

주어진 반응은 1차 반응이고, 0~2 min에서 $B(g)$ 의 질량 증가

량이 1 min마다 $\frac{1}{2}$ 로 감소하므로 0~2 min에서 이 반응의 반감기는 1 min이다. 화학 반응식에서 분자량은 B가 A의 2배이므로 반응 시간에 따른 A(g)와 B(g)의 질량과 양(mol)은 다음과 같다.

시간(min)	질량(상댓값)		양(상댓값)	
	A(g)	B(g)	A(g)	B(g)
0	16	0	16	0
1	8	8	8	4
2	4	12	4	6
3	1	15	1	7.5

A(g)의 반감기는 0~2 min에서 1 min이고, 2~3 min에서 1 min보다 짧다.

- Ⓒ. 0~2 min에서 반감기가 같고, A(g)의 양은 초기일 때 16, 1 min일 때 8이므로 $\frac{\text{초기 반응 속도}}{\text{1 min일 때의 순간 반응 속도}}=2$ 이다.
- ⓧ. 반감기는 0~2 min에서 1 min이고, 2~3 min에서 1 min보다 짧아졌으므로 X는 2~3 min에 넣었다.
- ⓧ. X를 넣었을 때 반감기가 짧아지므로 X는 정촉매이다.

11 표면 촉매와 반응 속도

그림은 Pt(s)이 표면 촉매로 작용하여 반응 $2\text{CO}(g) + \text{O}_2(g) \rightarrow 2\text{CO}_2(g)$ 의 반응 속도가 빨라지는 것을 나타낸다.

- Ⓒ. 촉매로 사용된 Pt(s)은 반응에서 소모되지 않으므로 반응 전과 후의 질량은 같다.
- ⓧ. 촉매를 사용해도 반응 엔탈피는 일정하다.
- Ⓒ. 촉매로 사용된 Pt(s)은 이 반응의 활성화 에너지를 감소시켜 반응 속도를 빨라지게 한다.

12 효소와 기질의 반응

A는 (가)와 결합하여 복합체를 형성한 후 C와 D로 분해되므로 (가)는 효소, A와 B는 기질이다.

- Ⓒ. 효소 (가)는 기질 A와 결합하여 효소·기질 복합체를 형성한다.
- ⓧ. A와 B는 기질이다.
- Ⓒ. 기질 A는 효소 (가)와 결합하여 효소·기질 복합체를 형성한 후 C와 D로 분해되므로 A가 분해되는 반응의 생성물은 C와 D이다.

3점 수능 테스트

본문 174~179쪽

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

01 온도와 반응 속도

I에서 A(g)의 초기 농도를 x M, 0~3 min에서 A(g)의 농도 변화를 n M라 하면 반응은 다음과 같다.

	$\text{A}(g) \longrightarrow \text{B}(g) + \text{C}(g)$		
반응 전(M)	x	0	0
반응(M)	-n	+n	+n
반응 후(M)	x-n	n	n

몰 농도비는 몰비와 같으므로 $\frac{n}{x-n}=1, n=\frac{x}{2}$ 이다.

II에서 A(g)의 초기 농도를 y M, 0~3 min에서 A(g)의 농도 변화를 n' M라 하면,

$$\frac{n'}{y-n'}=7, n'=\frac{7}{8}y \text{이다.}$$

- Ⓒ. 0~3 min에서 I의 A(g) 농도는 x M에서 $x \times \left(\frac{1}{2}\right) = \frac{x}{2}$ M이 되므로 반감기는 3 min이고, II의 A(g) 농도는 y M에서 $y \times \left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{y}{8}$ M가 되므로 반감기는 1 min이다. 따라서 반감기는 I에서가 II에서의 3배이다.

ⓧ. 몰 농도비는 몰비와 같으므로 $t=3 \text{ min}$ 일 때,

$$\frac{\text{II에서 C}(g)\text{의 양(mol)}}{\text{I에서 B}(g)\text{의 양(mol)}} = \frac{\frac{7}{8}y}{\frac{x}{2}} = 7, y=4x \text{이다.}$$

$t=0$ 일 때, $\frac{\text{II에서 } n_A}{\text{I에서 } n_A} = \frac{y}{x} = 4$ 이고, 반감기가 짧은 II의 온도 T_2 K

가 I의 온도 T_1 K보다 높으므로 $\frac{\text{II에서 A}(g)\text{의 압력}}{\text{I에서 A}(g)\text{의 압력}} > 4$ 이다.

- ⓧ. $t=3 \text{ min}$ 일 때, I에서 A(g)의 농도는 $\frac{x}{2}$ M, II에서 A(g)의 농도는 $\frac{1}{8} \times 4x = \frac{x}{2}$ M로 같다. 반응 속도 상수는 II에서가 I에서보다 크므로 $t=3 \text{ min}$ 일 때, 순간 반응 속도는 II에서가 I에서보다 크다.

02 온도와 반응 속도

(가)의 T_1 K, T_2 K에서 A(g)의 압력은 같으므로 강철 용기의 부피를 V라 하면 이상 기체 방정식으로부터 $\frac{x \times R \times T_1}{V}$

$$= \frac{y \times R \times T_2}{V}, xT_1 = yT_2 \text{이다.}$$

T_1 K에서 $0 \sim t$ min에서 반응한 $A(g)$ 의 양을 n mol이라 하면 반응은 다음과 같다.

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

압력비는 몰비와 같으므로 $1 : \frac{3}{2} = x : x+n$, $n = \frac{1}{2}x$ 이다. T_2 K에서 $0 \sim t$ min에서 반응한 $A(g)$ 의 양을 n' mol이라 하면 $1 : \frac{15}{8} = y : y+n'$, $n' = \frac{7}{8}y$ 이다.

T_1 K에서 $0 \sim t$ min에서 $A(g)$ 의 양은 x mol에서 $\frac{1}{2}x$ mol이 되므로 반감기는 t min이고, T_2 K에서 $A(g)$ 의 양은 y mol에서 $\frac{1}{8}y$ mol이 되므로 반감기는 $\frac{t}{3}$ min이다.

㉠ 반감기는 T_2 K에서가 T_1 K에서보다 짧으므로 $T_2 > T_1$ 이다. 따라서 $xT_1 = yT_2$ 에서 $x > y$ 이다.

㉡ 반응 초기에 T_2 K에서 $A(g)$ 의 압력은 1 atm이고, a min 일 때 기체의 전체 압력이 $\frac{3}{2}$ atm이므로 반감기를 1번 지났다. 따라서 $a = \frac{t}{3}$, $t = 3a$ 이다.

㉢ $2t$ min일 때, T_1 K에서 $A(g)$ 의 부분 압력은 $1 \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}$ atm 이고, T_2 K에서 $A(g)$ 의 부분 압력은 $1 \times \left(\frac{1}{2}\right)^6 = \frac{1}{64}$ atm이다.

따라서 $2t$ min일 때, $\frac{T_1 \text{ K에서 } A(g) \text{의 부분 압력}}{T_2 \text{ K에서 } A(g) \text{의 부분 압력}} = \frac{\frac{1}{4}}{\frac{1}{64}} = 16$ 이다.

03 농도와 반응 속도

온도가 일정하므로 I 과 II의 k 는 같다. k 가 같으면 반감기도 같으므로 초기 반응 속도비는 반응물의 초기 농도비와 같다. 따라서

II에서 $t=0$ 일 때, $[A] = 2 \times \frac{3}{5} = 1.2$ M이다. $t=30$ s일 때,

$[A] = 1.2 \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 = 0.3$ M이므로 반감기는 15 s이다. I에서 $t=30$ s

일 때, $[A] = 2 \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 = 0.5$ M이다.

반응 $A(g) \longrightarrow bB(g)$ 에서 $A(g)$ 의 농도 변화량이 1.5 M일 때, $B(g)$ 의 농도 변화량은 $b \times 1.5$ M이므로 $b \times 1.5 M = 3 M$, $b=2$ 이다.

$x = (1.2 - 0.3) \times 2 = 1.8$ 이다. 따라서 $b \times x = 3.6$ 이다.

04 농도와 반응 속도

반응물의 농도가 증가하면 반응물 간의 충돌 횟수가 증가하므로 반응 속도는 빨라진다.

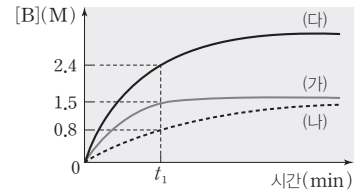
㉠ (가)와 (나)에서 서로 다른 농도의 $HCl(aq)$ 을 $CaCO_3(s)$ 과 반응시켰을 때, 5 s 동안 생성된 $CO_2(g)$ 의 질량이 (가)에서보다 (나)에서가 많고, A의 가설이 옳으므로 '농도'는 ㉠으로 적절하다.

㉡ $0 \sim 5$ s에서의 평균 반응 속도(g/s)는 (가)에서 $\frac{0.3 \text{ g}}{5 \text{ s}}$, (나)에서 $\frac{0.4 \text{ g}}{5 \text{ s}}$ 이므로 (나)에서가 (가)에서의 $\frac{4}{3}$ 배이다.

㉢ (가)와 (나)에서 $CaCO_3(s)$ 의 질량이 같고 $HCl(aq)$ 의 양이 충분하므로 반응이 완결되었을 때 생성된 $CO_2(g)$ 의 질량은 같다.

05 반응 속도에 영향을 미치는 요인

I 과 II에서 $A(g)$ 의 초기 농도가 같으므로 $A(g)$ 가 모두 반응할 때, 생성된 $B(g)$ 의 양은 같고, III에서 $A(g)$ 의 초기 농도는 I 과 II의 2배이므로 $A(g)$ 가 모두 반응할 때, 생성된 $B(g)$ 의 양도 I 과 II의 2배이다. 또한 II에서 정촉매를 사용했으므로 반응 속도는 II에서가 I에서보다 빠르다. 따라서 I은 그림의 (나), II는 (가), III은 (다)에 해당한다.



(가)~(다)에서 $A(g)$ 의 초기 농도는 각각 1.6 M, 1.6 M, 3.2 M 이고, t_1 min일 때, (가)~(다)에서 $B(g)$ 의 농도는 각각 0.8 M, 1.5 M, 2.4 M이므로 t_1 min일 때, $A(g)$ 의 농도는 각각 0.1 M, 0.8 M, 0.8 M이다. 따라서 (가)~(다)의 반감기는 각각 $\frac{t_1}{4}$ min,

t_1 min, $\frac{t_1}{2}$ min이다.

✕ (가)는 II이다.

㉠ I의 반감기는 t_1 min, III의 반감기는 $\frac{t_1}{2}$ min이므로 $T_2 > T_1$ 이다.

㉡ t_1 min일 때, $A(g)$ 의 농도는 II에서 0.1 M, III에서가 0.8 M이다.

06 온도, 촉매와 반응 속도

I에서 $0 \sim 20$ min에서 반응한 $A(g)$ 의 농도를 n M라 하면 반응은 다음과 같다.

	$A(g) \longrightarrow B(g) + C(g)$		
반응 전(M)	a	0	0
반응(M)	$-n$	$+n$	$+n$
반응 후(M)	$a-n$	n	n

온도가 같을 때, 기체의 압력은 기체의 몰 농도에 비례하므로
 $3 : a = \frac{21}{4} : a+n, n = \frac{3}{4}a$ 이다. $t=20$ min일 때 $A(g)$ 의 농

도는 $a \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{a}{4}$ 이므로 I에서 반감기는 10 min이다.

II에서 0~10 min에서 반응한 $A(g)$ 의 농도를 n' M라 하면
 $5 : b = \frac{35}{4} : b+n', n' = \frac{3}{4}b$ 이다. $t=10$ min일 때 $A(g)$ 의 농

도는 $b \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{b}{4}$ 이므로 II에서 반감기는 5 min이다.

㉠. 이상 기체 방정식으로부터 $P=[A]RT$ 이므로 I에서 $3=a \times R \times 6T$, II에서 $5=b \times R \times 5T$ 이므로 $\frac{b}{a}=2$ 이다.

㉡. 온도가 높아지거나 정촉매를 사용하면 반감기는 짧아진다.
 온도는 I > II이고, 반감기는 I > II이므로 X(s)는 정촉매이다.

㉢. $t=20$ min일 때, I에서 $A(g)$ 의 농도는 $a \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{a}{4}$ M
 이고, II에서 $A(g)$ 의 농도는 $b \times \left(\frac{1}{2}\right)^4 = \frac{b}{16}$ M이다. $\frac{b}{a}=2$ 이

므로 $t=20$ min일 때, $\frac{I \text{에서 } [A]}{II \text{에서 } [A]} = \frac{\frac{a}{4}}{\frac{1}{16} \times 2a} = 2$ 이다.

07 온도, 촉매와 반응 속도

$A(g)$ 의 초기 농도가 a M, $t=6$ min일 때, $A(g)$ 의 농도가
 $a \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}a$ M이므로 I에서 반감기는 3 min이다. II에서 반
 감기는 6 min, III에서 반감기는 2 min이다.

㉠. 반감기가 짧을수록 반응 속도 상수가 크므로 반응 속도 상수
 는 III > I > II이다.

㉡. 반응 속도 상수는 I에서가 II에서보다 크므로 $T_1 > T_2$ 이다.

㉢. 반응 속도 상수는 III에서가 II에서보다 크므로 X(s)는 정촉
 매이다.

08 반응 속도와 반응 속도 상수에 영향을 미치는 요인

반응 속도에 영향을 미치는 요인은 반응물의 농도, 온도, 촉매가
 있다.

가설 (가) '온도가 높을수록 반응 속도는 빠르다.'를 검증하기 위해

서는 반응물의 초기 농도와 촉매 조건이 같고 온도만 다른 실험을
 비교해야 한다.

가설 (나) '정촉매를 사용하면 반응 속도가 빨라진다.'를 검증하기
 위해서는 반응물의 초기 농도와 온도가 같고 정촉매 조건이 다른
 실험을 비교해야 한다. 따라서 (가)를 검증하기 위해서는 I과 II
 를, (나)를 검증하기 위해서는 II와 III을 비교해야 한다.

09 촉매, 온도와 활성화 에너지

(가)의 E_1 은 반응 $A(g) \longrightarrow B(g)$ 에서 활성화 에너지, E_2 는
 반응 엔탈피의 크기이다.

㉠. (나)에서 활성화 에너지 이상의 에너지를 갖는 분자 수가 T_2
 에서가 T_1 에서보다 많으므로 $T_2 > T_1$ 이다.

㉡. 발열 반응 $A(g) \longrightarrow B(g)$ 의 활성화 에너지는 E_1 이고 반
 응 $B(g) \longrightarrow A(g)$ 은 흡열 반응이므로 반응 $B(g) \longrightarrow$
 $A(g)$ 의 활성화 에너지는 E_1 보다 크다.

㉢. T_1 에서 정촉매를 사용하면 E_1 은 작아지고 E_2 는 일정하다.

10 촉매와 반응 경로

실험 I과 II의 온도는 같고, 반응 속도 상수가 $k_2 > k_1$ 이므로
 X(s)는 정촉매이다.

㉠. 정촉매를 사용하면 활성화 에너지가 작아지므로 (가)는 I,
 (나)는 II이다.

㉡. X(s)는 정촉매이다.

㉢. 정촉매를 사용하지 않았을 때의 활성화 에너지 E_a 와 정촉매
 를 사용했을 때의 활성화 에너지 E_a' 의 차이는 반응 엔탈피
 (ΔH)와 관계가 없다.

11 온도와 반응 속도

$[A]_0$ 에 따른 v_0 를 나타낸 그래프에서 기울기는 반응 속도 상수
 (k)를 나타낸다. k 는 T_1 에서가 T_2 에서보다 크므로 $T_1 > T_2$
 이다.

I에서 B(g)의 농도 증가량은 0~6 min에서 $\frac{7}{5}$, 6~12 min에
 서 $\frac{63}{40} - \frac{7}{5} = \frac{7}{40} = \frac{7}{5} \times \left(\frac{1}{2}\right)^3$ 이므로 반감기는 2 min이다.

II에서 B(g)의 농도 증가량은 0~6 min에서 $\frac{9}{5}$, 6~12 min에
 서 $\frac{9}{4} - \frac{9}{5} = \frac{9}{20} = \frac{9}{5} \times \left(\frac{1}{2}\right)^2$ 이므로 반감기는 3 min이다. I과
 II에서 A(g)의 초기 농도를 각각 x M, y M라 하면 I과 II에
 서 반응 시간에 따른 A(g)와 B(g)의 농도는 다음과 같다.

실험	t=0		t=6 min	
	[A] (M)	[B] (M)	[A] (M)	[B] (M)
I	x	0	$x \times \left(\frac{1}{2}\right)^3$	$\frac{7}{5}$
II	y	0	$y \times \left(\frac{1}{2}\right)^2$	$\frac{9}{5}$

$(x - \frac{x}{8}) \times 2 = \frac{7}{5}$, $x = \frac{4}{5}$ 이고, $(y - \frac{y}{4}) \times 2 = \frac{9}{5}$, $y = \frac{6}{5}$ 이다.

- ㉠ 반감기는 I에서가 II에서보다 짧으므로 I의 온도는 T_1 이다.
 ㉡ A(g)의 초기 농도는 I에서가 $\frac{4}{5}$ M, II에서가 $\frac{6}{5}$ M이므로 II에서가 I에서의 $\frac{3}{2}$ 배이다.

✕. 6 min일 때, I에서 A(g)의 농도는 $\frac{4}{5} \times \left(\frac{1}{2}\right)^3$ M이고, II에서 A(g)의 농도는 $\frac{6}{5} \times \left(\frac{1}{2}\right)^2$ M이므로 $\frac{I \text{에서 } [A]}{II \text{에서 } [A]} = \frac{1}{3}$ 이다.

12 반응 속도에 영향을 미치는 요인

반응 $2A(g) \rightarrow 2B(g) + C(g)$ 에서 A(g)의 초기 농도를 a M, 반감기를 t_1 이라 하면 반응 시간(t)에 따른 A(g)~C(g)의 농도와 $\frac{[B]+[C]}{[A]}$ 는 다음과 같다.

t	[A](M)	[B](M)	[C](M)	$\frac{[B]+[C]}{[A]}$
0	a	0	0	0
t_1	$\frac{a}{2}$	$\frac{a}{2}$	$\frac{a}{4}$	$\frac{3}{2}$
$2t_1$	$\frac{a}{4}$	$\frac{3}{4}a$	$\frac{3}{8}a$	$\frac{9}{2}$
$3t_1$	$\frac{a}{8}$	$\frac{7}{8}a$	$\frac{7}{16}a$	$\frac{21}{2}$

반감기가 2번 지나면 $\frac{[B]+[C]}{[A]} = \frac{9}{2}$ 이므로 I~III의 반감기는 각각 2 min, 1 min, $\frac{1}{2}$ min이다.

- ㉠ 반감기는 III에서가 I에서보다 짧으므로 반응 속도 상수는 $III > I$ 이다.
 ㉡ 0~2 min에서 A(g)의 농도 변화량은 I에서 $0.1 - 0.1 \times \frac{1}{2} = 0.05$ M, II에서가 $0.2 - 0.2 \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 = 0.15$ M이므로 평균 반응 속도는 II에서가 I에서의 3배이다.
 ✕. 2 min일 때, A(g)의 농도는 II에서 $0.2 \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 = 0.05$ M, III에서가 $0.8 \times \left(\frac{1}{2}\right)^4 = 0.05$ M이고 k는 $III > II$ 이므로, 순간 반응 속도는 $III > II$ 이다.

09 전기 화학과 이용

2점 수능 테스트

본문 195~198쪽

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

01 수소 연료 전지

수소 연료 전지는 연료인 수소(H₂)가 공기 중의 산소(O₂)와 반응할 때 발생하는 에너지를 전기 에너지로 전환시키는 장치이다.

- ㉠ 물의 광분해에서는 수소 기체와 산소 기체가 발생하므로 A는 수소이며, '수소 연료 전지'는 (가)로 적절하다.
 ㉡ 물을 광분해하면 산화 환원 반응이 일어나며 물이 수소와 산소로 분해된다.
 ✕. Na₂SO₄(aq)을 전기 분해하면 A(H₂)는 (-)극에서 생성된다.

02 금속의 반응성과 이온화 경향

수용액에서 Y²⁺은 푸른색을, Z⁺은 무색을 띤다.

- ㉠ (가)에서 수용액의 푸른색이 없어졌으므로 Y²⁺은 환원되어 Y가 되고, X는 산화되어 양이온이 된다.
 ㉡ (가)에서 X는 산화되고, Y²⁺은 환원되므로 X가 Y보다 산화되기 쉽다. (나)에서 Y가 Y²⁺으로 산화되고, Z⁺이 Z로 환원되는 반응이 일어나므로 Y는 Z보다 산화되기 쉽다. 따라서 금속의 이온화 경향은 X > Z이다.
 ㉢ (나)에서는 Y(s) + 2Z⁺(aq) → Y²⁺(aq) + 2Z(s)의 반응이 일어나며, Z⁺ 2개가 반응할 때 Y²⁺ 1개가 생성되므로 반응이 진행되는 동안 수용액 속 양이온 수는 감소한다.

03 불타 전지와 금속의 반응성

(가)에서 X의 질량이 감소했으므로 X 전극에서는 X가 산화되는 반응이 일어나며, Cu 전극에서는 $2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$ 의 환원 반응이 일어난다. 따라서 금속의 이온화 경향은 X > Cu이다.

(나)에서 금속 Y가 석출되었으므로 Cu는 산화되고, Y⁺은 환원된다. 따라서 금속의 이온화 경향은 Cu > Y이다.

- ㉠ (가)에서 H⁺이 환원되어 H₂가 생성되므로 수용액 속 H⁺의 양(mol)은 감소한다.
 ㉡ 화학 전지에서 전자는 도선을 따라 (-)극에서 (+)극으로

이동한다. (가)에서 이온화 경향이 큰 금속인 X는 (-)극, 이온화 경향이 작은 금속인 Cu는 (+)극이므로 전자는 도선을 따라 X 전극에서 Cu 전극으로 이동한다.

✕. 금속의 이온화 경향이 $X > Y$ 이므로 X와 Y를 전극으로 사용한 화학 전지에서 이온화 경향 작은 금속인 Y는 (+)극이다.

04 다니엘 전지

다니엘 전지에서 금속의 이온화 경향이 $Zn > Cu$ 이므로 Zn 전극은 (-)극, Cu 전극은 (+)극이며, 전자는 도선을 따라 Zn 전극에서 Cu 전극으로 이동한다.

Zn 전극에서는 Zn의 산화 반응 $Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$ 이 일어나고, Cu 전극에서는 Cu^{2+} 의 환원 반응 $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$ 이 일어난다.

Ⓐ. Zn 전극에서는 Zn이 산화되므로 질량이 감소한다.

Ⓑ. Cu 전극은 (+)극으로 $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$ 의 환원 반응이 일어난다.

Ⓒ. 염다리는 이온의 이동 통로가 되어 양쪽 전해질 용액이 전기적으로 중성을 유지하도록 한다.

05 화학 전지

X와 Y를 전극으로 사용한 화학 전지에서 (-)극은 이온화 경향이 큰 금속으로 산화 반응이 일어나고, (+)극은 이온화 경향이 작은 금속으로 환원 반응이 일어난다.

X 전극에서는 $X^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow X(s)$ 의 환원 반응이, Y 전극에서는 $Y(s) \longrightarrow Y^{2+}(aq) + 2e^-$ 의 산화 반응이 일어나므로 금속의 이온화 경향은 $Y > X$ 이다.

✕. X 전극은 (+)극, Y 전극은 (-)극이다.

Ⓒ. X 전극에서 X가 석출되므로 X 전극의 질량은 증가한다.

✕. 전자는 도선을 따라 (-)극인 Y 전극에서 (+)극인 X 전극으로 이동한다.

06 화학 전지

(가)에서 A 전극의 질량이 감소했으므로 (가)의 A 전극에서는 A의 산화 반응 $A(s) \longrightarrow A^{2+}(aq) + 2e^-$ 이 일어나며 B 전극에서는 환원 반응이 일어나므로 금속의 이온화 경향은 $A > B$ 이다.

(나)에서 B 전극의 질량이 감소했으므로 (나)의 B 전극에서는 B의 산화 반응 $B(s) \longrightarrow B^{2+}(aq) + 2e^-$ 이 일어나며 C 전극에서는 환원 반응이 일어나므로 금속의 이온화 경향은 $B > C$ 이다.

Ⓒ. 금속의 이온화 경향이 $A > B$ 이고, $B > C$ 이므로 $A > C$ 이다.

✕. (가)에서 산화 반응이 일어나는 A 전극이 (-)극이므로 B 전극은 (+)극이다.

✕. (나)의 C 전극에서는 환원 반응이 일어난다.

07 수소 연료 전지

수소 연료 전지의 (-)극에서는 수소(H_2)의 산화 반응이 일어나고, (+)극에서는 산소(O_2)의 환원 반응이 일어난다.

(가)의 각 전극에서 일어나는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.

(-)극: $2H_2(g) + 4OH^-(aq) \longrightarrow 4H_2O(l) + 4e^-$

(+)극: $O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \longrightarrow 4OH^-(aq)$

(나)의 각 전극에서 일어나는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.

(-)극: $2H_2(g) \longrightarrow 4H^+(aq) + 4e^-$

(+)극: $O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \longrightarrow 2H_2O(l)$

Ⓒ. (가)와 (나)에서 H_2 가 공급되는 전극은 모두 (-)극으로 산화 반응이 일어난다.

Ⓒ. (가)와 (나)에서 전체 반응의 화학 반응식은 모두 $2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(l)$ 이며 H_2 와 H_2O 의 반응 몰비가 1 : 1이므로 H_2 1 mol이 반응하면 H_2O 1 mol이 생성된다.

✕. (가)와 (나)에서 모두 반응이 진행될 때 이온의 양(mol)은 변하지 않는다.

08 $CuSO_4(aq)$ 의 전기 분해

$CuSO_4(aq)$ 을 전기 분해할 때, 각 전극에서 일어나는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.

(-)극: $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$

(+)극: $2H_2O(l) \longrightarrow O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^-$

Ⓒ. (-)극인 A에서는 환원 반응이 일어난다.

✕. A에서는 금속인 $Cu(s)$ 가 석출되고, B에서는 $O_2(g)$ 가 발생한다.

✕. $CuSO_4(aq)$ 을 전기 분해할 때 A와 B에서 생성되는 물질의 몰비는 $Cu(s) : O_2(g) = 2 : 1$ 이다.

09 금속의 반응성과 전기 분해

(가)에서 기체가 발생했으므로 X는 산화되고, $HCl(aq)$ 의 H^+ 은 환원되어 $H_2(g)$ 가 발생한다.

따라서 (나)의 전극 A에서도 $H_2(g)$ 가 발생하므로 (나)의 (-)극에서는 H_2O 이 환원되는 반응이 일어나고, (+)극에서는 Cl^- 이 산화되는 반응이 일어난다.

(-)극: $2H_2O(l) + 2e^- \longrightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$

(+)극: $2Cl^-(aq) \longrightarrow Cl_2(g) + 2e^-$

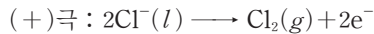
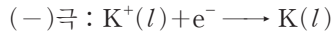
✕. (나)에서 $H_2(g)$ 가 발생하므로 Y^{2+} 은 H_2O 보다 환원되기 어렵다. 그러나 Cu^{2+} 은 H_2O 보다 환원되기 쉬우므로 $CuCl_2$ 는 YCl_2 로 적절하지 않다.

Ⓒ. 전기 분해할 때 (-)극에서는 환원 반응, (+)극에서는 산화 반응이 일어난다. A는 (-)극이므로 H_2O 이 환원되는 반응이 일어난다.

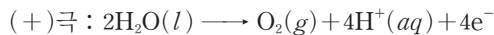
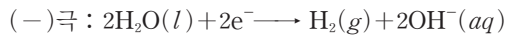
㉔ Cl^- 은 H_2O 보다 산화되기 쉬우므로 (+)극인 B에서는 Cl^- 이 산화되어 $\text{Cl}_2(g)$ 가 발생한다.

10 $\text{KCl}(l)$ 과 $\text{K}_2\text{SO}_4(aq)$ 의 전기 분해

$\text{KCl}(l)$ 을 전기 분해할 때 각 전극에서 일어나는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



$\text{K}_2\text{SO}_4(aq)$ 을 전기 분해할 때 각 전극에서 일어나는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



ㄱ. C에서는 $\text{H}_2(g)$ 가 발생한다.

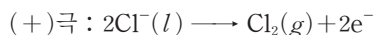
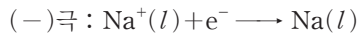
㉑. B에서는 $\text{Cl}_2(g)$ 가 발생하고, D에서는 $\text{O}_2(g)$ 가 발생한다.

㉒. (가)에서 전체 반응의 화학 반응식은 $2\text{K}^+(l) + 2\text{Cl}^-(l) \longrightarrow 2\text{K}(l) + \text{Cl}_2(g)$ 이므로 생성되는 물질의 몰비가 A : B = 2 : 1이다. 따라서 (가)에서 생성되는 물질의 양(mol)은 A에서 가 B에서의 2배이다.

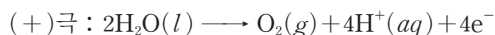
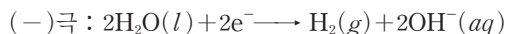
11 $\text{NaCl}(l)$, $\text{Na}_2\text{SO}_4(aq)$, $\text{CuCl}_2(aq)$ 의 전기 분해

$\text{NaCl}(l)$, $\text{Na}_2\text{SO}_4(aq)$, $\text{CuCl}_2(aq)$ 을 전기 분해할 때, 각 전극에서 일어나는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.

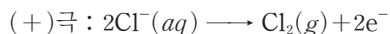
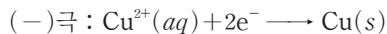
○ $\text{NaCl}(l)$ 의 전기 분해



○ $\text{Na}_2\text{SO}_4(aq)$ 의 전기 분해



○ $\text{CuCl}_2(aq)$ 의 전기 분해



ㄱ. (가)와 (다)의 (+)극에서는 $\text{Cl}_2(g)$ 가, (나)의 (+)극에서는 $\text{O}_2(g)$ 가 발생하므로 (+)극에서 기체가 발생하는 것은 3가지이다.

㉑. (가)의 (-)극에서는 Na이, (다)의 (-)극에서는 Cu가 생성되고, (나)의 (-)극에서는 $\text{H}_2(g)$ 가 발생하므로 (-)극에서 금속이 생성되는 것은 (가), (다) 2가지이다.

ㄱ. (다)를 전기 분해할 때 (-)극에서는 Cu^{2+} 이 환원되고, (+)극에서는 Cl^- 이 산화되므로 (다)에서 수용액 속 전체 이온의 양(mol)은 감소한다.

12 전기 분해

전류를 흘려주었을 때 (+)극에서는 산화 반응이, (-)극에서는 환원 반응이 일어난다. A에서는 $\text{Cu}(s)$ 의 질량이 감소했으므로 $\text{Cu}(s) \longrightarrow \text{Cu}^{2+}(aq) + 2e^-$ 의 산화 반응이, B에서는 금속이 석출되었으므로 $\text{Cu}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Cu}(s)$ 의 환원 반응이 일어나며, A는 (+)극, B는 (-)극이다.

ㄱ. A에서는 $\text{Cu}(s) \longrightarrow \text{Cu}^{2+}(aq) + 2e^-$ 의 산화 반응이 일어난다. 따라서 A는 (+)극이다.

ㄱ. A에서 증가한 Cu^{2+} 의 양(mol)과 B에서 감소한 Cu^{2+} 의 양(mol)이 같으므로 수용액 속 Cu^{2+} 의 양(mol)은 변하지 않는다.

㉑. (-)극인 B에서는 환원 반응이 일어난다.

13 전기 도금

도금할 재료인 Ag판은 전원 장치의 (+)극에 연결하고, 도금할 물체인 구리 반지는 전원 장치의 (-)극에 연결한 후, Ag^+ 이 들어 있는 용액에 넣고 전류를 흘려주면 (+)극에서는 Ag이 산화되어 Ag^+ 이 되고, (-)극에서는 Ag^+ 이 환원되어 Ag이 되는 반응이 일어나 구리 반지에 Ag이 도금된다.

㉑. Ag판이 연결된 전극은 (+)극, 구리 반지가 연결된 전극은 (-)극이다.

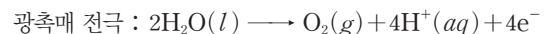
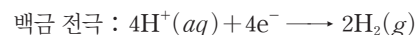
㉑. Ag판에서는 $\text{Ag}(s) \longrightarrow \text{Ag}^+(aq) + e^-$ 의 산화 반응이 일어나므로 Ag판의 질량이 감소한다.

㉑. 구리 반지에서는 $\text{Ag}^+(aq) + e^- \longrightarrow \text{Ag}(s)$ 의 환원 반응이 일어난다.

14 물의 광분해

물의 광분해는 빛에너지를 이용하여 물(H_2O)을 분해함으로써 수소(H_2)를 얻는 방법이다.

각 전극에서 일어나는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



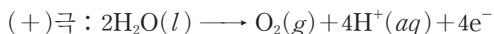
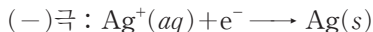
㉑. 물의 광분해에서 전자가 도선을 따라 광촉매 전극에서 백금 전극으로 이동하므로 광촉매 전극에서는 산화 반응이 일어나고, 백금 전극에서는 환원 반응이 일어난다. 따라서 백금 전극에서는 H^+ 이 환원되어 H_2 가 되는 반응 (가)가 일어난다.

ㄱ. 물의 광분해에서 전체 반응의 화학 반응식은 $2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow 2\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g)$ 이며, 반응 몰비가 $\text{H}_2\text{O} : \text{H}_2 = 1 : 1$ 이므로 H_2O 1 mol이 반응할 때 H_2 1 mol이 생성된다.

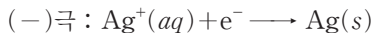
ㄱ. 광촉매 전극에서는 산화 반응이 일어난다.

15 금(Au) 전극과 은(Ag) 전극을 사용한 전기 분해

금(Au) 전극을 사용한 경우 각 전극에서 일어나는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



은(Ag) 전극을 사용한 경우 각 전극에서 일어나는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



A와 C에서 전극의 질량이 증가했으므로 A와 C에서 $\text{Ag}^+(aq) + e^- \longrightarrow \text{Ag}(s)$ 의 환원 반응이 일어나며, A와 C는 (-)극이고, B와 D는 (+)극이다.

㉠. B는 (+)극이고 $2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^-$ 의 산화 반응이 일어나며 $\text{O}_2(g)$ 가 발생한다.

㉡. D에서는 Ag이 산화되어 Ag^+ 이 되므로 $\text{Ag}(s)$ 의 질량이 감소한다.

㉢. (가)에서 전체 반응의 화학 반응식은 $4\text{Ag}^+(aq) + 2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow 4\text{Ag}(s) + \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq)$ 이므로 반응이 진행될 때 (가)에서는 Ag^+ 의 양(mol)이 감소한다. 하지만, (나)에서는 (-)극에서 감소한 Ag^+ 의 양(mol)과 (+)극에서 증가한 Ag^+ 의 양(mol)이 같으므로 Ag^+ 의 양(mol)은 변하지 않는다. 따라서 같은 양(mol)의 전자가 이동했을 때 수용액 속 Ag^+ 의 양(mol)은 (나) > (가)이다.

16 다니엘 전지와 $\text{CuSO}_4(aq)$ 의 전기 분해

다니엘 전지의 (-)극에서는 $\text{Zn}(s) \longrightarrow \text{Zn}^{2+}(aq) + 2e^-$ 의 산화 반응이, (+)극에서는 $\text{Cu}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Cu}(s)$ 의 환원 반응이 일어나며, $\text{CuSO}_4(aq)$ 을 전기 분해하면 (-)극에서는 $\text{Cu}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Cu}(s)$ 의 환원 반응이, (+)극에서는 $2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^-$ 의 산화 반응이 일어난다.

ㄱ. (가)의 (-)극에서는 산화 반응이, (나)의 (-)극에서는 환원 반응이 일어난다.

ㄴ. (가)의 (+)극에서는 Cu가 석출되고, (나)의 (+)극에서는 $\text{O}_2(g)$ 가 발생한다.

㉠. (가)의 (+)극과 (나)의 (-)극에서 $\text{Cu}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Cu}(s)$ 의 환원 반응이 일어나므로 (가)와 (나)에서 모두 반응이 진행될 때 $\text{CuSO}_4(aq)$ 에서 Cu^{2+} 의 양(mol)은 감소한다.

3점 수능 테스트

본문 199~206쪽

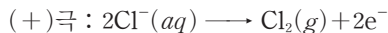
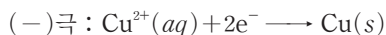
01 ② 02 ③ 03 ① 04 ⑤ 05 ③ 06 ④ 07 ①

08 ④ 09 ② 10 ① 11 ⑤ 12 ② 13 ② 14 ⑤

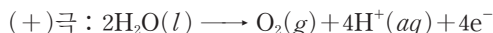
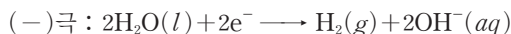
15 ③ 16 ①

01 $\text{CuCl}_2(aq)$ 과 $\text{Na}_2\text{SO}_4(aq)$ 의 전기 분해

$\text{CuCl}_2(aq)$ 을 전기 분해하면 (-)극에서는 Cu^{2+} 의 환원 반응이 일어나고, (+)극에서는 Cl^- 의 산화 반응이 일어난다.



$\text{Na}_2\text{SO}_4(aq)$ 을 전기 분해하면 (-)극에서는 H_2O 의 환원 반응이 일어나고, (+)극에서는 H_2O 의 산화 반응이 일어난다.



ㄱ. A는 (-)극, B는 (+)극, C는 (-)극, D는 (+)극으로 B에서는 $\text{Cl}_2(g)$ 가, D에서는 $\text{O}_2(g)$ 가 발생한다.

㉠. C는 (-)극으로 $2\text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \longrightarrow \text{H}_2(g) + 2\text{OH}^-(aq)$ 의 환원 반응이 일어난다.

ㄴ. $\text{CuCl}_2(aq)$ 의 전기 분해에서 전체 반응의 화학 반응식은 $\text{Cu}^{2+}(aq) + 2\text{Cl}^-(aq) \longrightarrow \text{Cu}(s) + \text{Cl}_2(g)$ 으로 반응이 일어날 때 Cu^{2+} 의 양(mol)은 감소한다.

02 화학 전지와 $\text{YSO}_4(aq)$ 의 전기 분해

(가)의 A에서는 $\text{X}(s)$ 의 질량이 감소했으므로 $\text{X}(s) \longrightarrow \text{X}^{2+}(aq) + 2e^-$ 의 산화 반응이, B에서는 금속이 석출되었으므로 $\text{Y}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Y}(s)$ 의 환원 반응이 일어난다.

(나)의 C에서는 금속이 석출되었으므로 $\text{Y}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Y}(s)$ 의 환원 반응이 일어나며, D에서는 기체가 발생했으므로 $2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^-$ 의 산화 반응이 일어난다.

㉠. (가)에서 A는 (-)극으로 산화 반응이 일어나며, B는 (+)극으로 환원 반응이 일어난다. 화학 전지에서 (-)극의 금속은 (+)극의 금속보다 이온화 경향이 크다. 따라서 금속의 이온화 경향은 $X > Y$ 이다.

ㄴ. (나)의 D에서는 산화 반응이 일어난다.

㉡. (나)에서 전체 반응의 화학 반응식은 $2\text{Y}^{2+}(aq) + 2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow 2\text{Y}(s) + \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq)$ 이며, 반응이 일어날 때 H^+ 의 양(mol)이 증가하므로 수용액의 pH는 감소한다.

03 수용액의 전기 분해

(나)의 (-)극에서 금속 1 mol이 석출되었으므로 (-)극에서는 $\text{Y}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Y}(s)$ 의 환원 반응이 일어나며, 이때 이동한 전자의 양은 2 mol이다.

(가)의 (-)극에서 Y^{2+} 이 X^+ 보다 먼저 환원된다면, (가)의 (-)극에서는 Y 1 mol만 석출된다. 하지만 (가)의 (-)극에서 석출된 금속의 양이 1.5 mol이므로 X^+ 이 Y^{2+} 보다 환원되기 쉽다.

(가)에서 전자 2 mol이 이동할 때 (-)극에서 $X^+(aq) + e^- \longrightarrow X(s)$ 의 환원 반응이 일어나 X 1 mol이 석출된 후 $Y^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Y(s)$ 의 환원 반응이 일어나 Y 0.5 mol이 석출된다.

㉠. A는 (+)극이므로 A에서는 H_2O 이 산화되어 $O_2(g)$ 가 발생한다.

㉡. (가)에서 X^+ 이 모두 환원된 후, Y^{2+} 이 환원되므로 금속 이온이 금속으로 환원되는 경향은 $X^+ > Y^{2+}$ 이다.

㉢. (가)의 (-)극에서 X^+ 과 Y^{2+} 이 환원될 때 (+)극에서는 $2H_2O(l) \longrightarrow O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^-$ 의 산화 반응이 일어나 H^+ 의 양(mol)이 증가하므로 수용액의 pH는 감소한다.

04 볼타 전지와 다니엘 전지

볼타 전지의 Zn 전극은 (-)극이며 $Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$ 의 산화 반응이 일어나고, Cu 전극은 (+)극이며 $2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$ 의 환원 반응이 일어난다.

다니엘 전지의 Zn 전극은 (-)극이며 $Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$ 의 산화 반응이 일어나고, Cu 전극은 (+)극이며 $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$ 의 환원 반응이 일어난다.

㉣. 볼타 전지의 (+)극에서는 $H_2(g)$ 가 발생하고, 다니엘 전지의 (+)극에서는 Cu(s)가 석출된다.

㉤. 두 전지 모두 (-)극에서는 $Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$ 의 산화 반응이 일어나므로 Zn 전극의 질량은 감소한다.

㉥. 두 전지 모두 Zn 전극은 (-)극이고, Cu 전극은 (+)극이므로 전자는 도선을 따라 Zn 전극에서 Cu 전극으로 이동한다.

05 금속의 이온화 경향과 화학 전지

(나)에서 X의 질량이 감소했으므로 X 전극에서는 $X(s) \longrightarrow X^{2+}(aq) + 2e^-$ 의 산화 반응이 일어나며 X 전극은 (-)극이고, 수소 전극에서는 $2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$ 의 환원 반응이 일어나며 수소 전극은 (+)극이다.

(다)에서 Y의 질량이 증가했으므로 Y 전극에서는 $Y^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Y(s)$ 의 환원 반응이 일어나며 Y 전극은 (+)극이고, 수소 전극에서는 $H_2(g) \longrightarrow 2H^+(aq) + 2e^-$ 의 산화 반응이 일어나며 수소 전극은 (-)극이다.

㉦. (나)에서는 X가 산화되고, (다)에서는 Y^{2+} 이 환원되므로 전자를 잃기 쉬운 경향은 $X > (H) > Y$ 이다. 따라서 금속의 이온화 경향은 $X > Y$ 이다.

㉧. (나)에서 X의 질량이 감소했으므로 (나)의 (-)극에서는 X가 산화되어 X^{2+} 이 되고, (+)극인 수소 전극에서는 H^+ 이 환원되어 H_2 가 되는 반응 ㉠이 일어난다.

㉨. (다)에서 Y 전극은 (+)극이고, 수소 전극은 (-)극이므로

전자는 도선을 따라 수소 전극에서 Y 전극으로 이동한다.

06 금속의 반응성과 다니엘 전지

(가)에서 ○ 2개가 반응하여 ★ 1개가 생성되었으므로 ○은 X^+ 이고, ★은 Z^{2+} 이며 반응의 화학 반응식은 $2X^+(aq) + Z(s) \longrightarrow 2X(s) + Z^{2+}(aq)$ 이다. 따라서 Z는 X보다 산화되기 쉽고, X^+ 은 Y^{3+} 보다 환원되기 쉽다.

㉩. (가)에서는 X^+ 이 환원된다.

㉪. 금속의 이온화 경향이 $Y > X$ 이므로 (나)의 X 전극은 (+)극이며 $X^+(aq) + e^- \longrightarrow X(s)$ 의 환원 반응이 일어난다.

㉫. ■은 Y^{3+} 이고, ★은 Z^{2+} 이므로 금속 이온의 산화수가 ■은 +3, ★은 +2이다.

07 수용액의 전기 분해

A에서는 기체가 발생하고, B에서는 금속이 석출되었다. 따라서 $XNO_3(aq)$ 을 전기 분해했을 때 A에서는 $2H_2O(l) \longrightarrow O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^-$ 의 산화 반응이 일어나므로 A는 (+)극이고, B에서는 $X^+(aq) + e^- \longrightarrow X(s)$ 의 환원 반응이 일어나므로 B는 (-)극이다.

C는 (+)극, D는 (-)극으로 $YCl_2(aq)$ 을 전기 분해했을 때 C에서는 $2Cl^-(aq) \longrightarrow Cl_2(g) + 2e^-$ 의 산화 반응이, D에서는 $Y^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Y(s)$ 의 환원 반응이 일어난다.

㉬. A는 (+)극으로 H_2O 이 산화되어 $O_2(g)$ 가 발생하는 반응이 일어난다.

㉭. A와 C에서 생성되는 물질의 몰비는 $O_2 : Cl_2 = 1 : 2$ 이다. 따라서 A에서 기체 0.01 mol이 발생했으므로 C에서는 기체 0.02 mol이 발생한다.

㉮. C에서 Cl_2 기체 0.02 mol이 발생했으므로 B에서는 X 0.04 mol, D에서는 Y 0.02 mol이 석출된다. 따라서 X의 원자량은 108이고, Y의 원자량은 64이므로 원자량은 X가 Y의 2배보다 작다.

08 수소 연료 전지와 물의 광분해

수소 연료 전지의 (-)극에서는 $2H_2(g) + 4OH^-(aq) \longrightarrow 4H_2O(l) + 4e^-$ 의 산화 반응이, (+)극에서는 $O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \longrightarrow 4OH^-(aq)$ 의 환원 반응이 일어나며, (-)극에서는 $H_2(g)$ 가, (+)극에서는 $O_2(g)$ 가 반응한다.

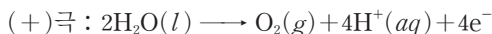
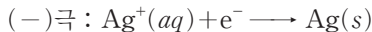
물의 광분해 반응에서 광촉매 전극에서는 $2H_2O(l) \longrightarrow O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^-$ 의 산화 반응이, 백금 전극에서는 $4H^+(aq) + 4e^- \longrightarrow 2H_2(g)$ 의 환원 반응이 일어난다.

수소 연료 전지에서 전자가 도선을 따라 A에서 B로 이동하므로 A에서는 ㉠, B에서는 ㉡의 반응이 일어나며, 물의 광분해 장치

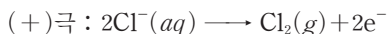
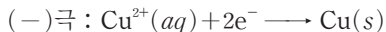
에서는 전자가 도선을 따라 C에서 D로 이동하므로 C에서는 ㉠, D에서는 ㉡의 반응이 일어난다.

09 $\text{AgNO}_3(aq)$ 과 $\text{CuCl}_2(aq)$ 의 전기 분해

$\text{AgNO}_3(aq)$ 을 전기 분해하면 (-)극에서는 Ag^+ 의 환원 반응이, (+)극에서는 H_2O 의 산화 반응이 일어난다.



$\text{CuCl}_2(aq)$ 을 전기 분해하면 (-)극에서는 Cu^{2+} 의 환원 반응이, (+)극에서는 Cl^- 의 산화 반응이 일어난다.



✕. $\text{CuCl}_2(aq)$ 을 전기 분해할 때 (+)극에서 $2\text{Cl}^-(aq) \longrightarrow \text{Cl}_2(g) + 2e^-$ 의 반응이 일어나므로 $a=2$ 이고, $\text{AgNO}_3(aq)$ 을 전기 분해할 때 (+)극에서 $2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^-$ 의 반응이 일어나므로 $b=4$ 이다. 따라서 $a+b=6$ 이다.

㉠. 전기 분해에서 0.04 mol의 전자가 이동했을 때 $\text{AgNO}_3(aq)$ 에서는 $\text{Ag}(s)$ 이 0.04 mol, $\text{O}_2(g)$ 가 0.01 mol 생성되며, $\text{CuCl}_2(aq)$ 에서는 $\text{Cu}(s)$ 가 0.02 mol, $\text{Cl}_2(g)$ 가 0.02 mol 생성된다. 따라서 A~D는 각각 O_2 , Cu , Cl_2 , Ag 이므로 B(Cu)는 (-)극에서 생성된다.

✕. $\text{CuCl}_2(aq)$ 을 전기 분해하면 B(Cu)와 C(Cl_2)가 생성된다.

10 물의 광분해와 볼타 전지

물의 광분해 장치의 광촉매 전극에서는 $2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^-$ 의 산화 반응이, 백금 전극에서는 $4\text{H}^+(aq) + 4e^- \longrightarrow 2\text{H}_2(g)$ 의 환원 반응이 일어나며, 볼타 전지의 Zn 전극에서는 $\text{Zn}(s) \longrightarrow \text{Zn}^{2+}(aq) + 2e^-$ 의 산화 반응이, Cu 전극에서는 $2\text{H}^+(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{H}_2(g)$ 의 환원 반응이 일어난다.

㉠. (가)의 백금 전극과 (나)의 Cu 전극에서 모두 $\text{H}_2(g)$ 가 발생한다.

✕. (가)의 광촉매 전극에서 생성되는 H^+ 의 양(mol)과 백금 전극에서 반응하는 H^+ 의 양(mol)이 같으므로 (가)에서 H^+ 의 양(mol)은 변하지 않는다.

✕. (나)에서 $2\text{H}^+(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{H}_2(g)$ 의 반응이 일어날 때 H^+ 의 양(mol)이 감소하므로 수용액의 pH는 증가한다.

11 $\text{XCl}_2(aq)$ 과 $\text{Y}(\text{NO}_3)_m(aq)$ 의 전기 분해

㉠에서 Y가 생성되고, ㉡에서 O_2 가 생성되므로 $\text{Y}(\text{NO}_3)_m(aq)$ 을 전기 분해할 때, (-)극인 C에서는 $\text{Y}^{m+}(aq) + me^- \longrightarrow \text{Y}(s)$ 의 환원 반응이 일어나고, (+)극인 D에서는 $2\text{H}_2\text{O}(l)$

$\longrightarrow \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^-$ 의 산화 반응이 일어난다.

㉡에서 Cl_2 가 생성되고 ㉢에서 H_2 가 생성되었으므로 $\text{XCl}_2(aq)$ 을 전기 분해할 때, (-)극인 A에서는 $2\text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \longrightarrow \text{H}_2(g) + 2\text{OH}^-(aq)$ 의 환원 반응이 일어나고, (+)극인 B에서는 $2\text{Cl}^-(aq) \longrightarrow \text{Cl}_2(g) + 2e^-$ 의 산화 반응이 일어난다.

㉠. ㉡은 (-)극인 A이고, ㉢은 (-)극인 C, ㉣은 (+)극인 D, ㉤은 (+)극인 B이다.

㉡. ㉣(A)에서 생성된 H_2 의 양이 0.1 mol이므로 이동한 전자의 양은 0.2 mol이며 ㉠(C)에서 생성된 Y의 양이 0.1 mol이므로 $m=2$ 이다. ㉣(D)에서 생성된 O_2 의 양은 0.05 mol이므로 $x=0.05$ 이고, ㉤(B)에서 생성된 Cl_2 의 양은 0.1 mol이므로 $y=0.1$ 이다. 따라서 $m \times \frac{x}{y} = 2 \times \frac{0.05}{0.1} = 1$ 이다.

㉢. Y^{2+} 은 H_2O 보다 환원되기 쉽고, X^{2+} 은 H_2O 보다 환원되기 어려우므로 금속 이온이 금속으로 환원되는 경향은 $\text{Y}^{2+} > \text{X}^{2+}$ 이다.

12 물의 전기 분해와 물의 광분해

(가)의 (-)극에서는 $2\text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \longrightarrow \text{H}_2(g) + 2\text{OH}^-(aq)$ 의 환원 반응이, (+)극에서는 $2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^-$ 의 산화 반응이 일어나며, 발생한 기체의 몰비가 $\text{Y}_2 : \text{Z}_2 = 2 : 1$ 이므로 Y_2 는 H_2 , Z_2 는 O_2 이다.

물의 광분해 장치의 광촉매 전극에서는 $2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^-$ 의 산화 반응이, 백금 전극에서는 $2\text{H}^+(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{H}_2(g)$ 의 환원 반응이 일어난다.

✕. A에서 $\text{Y}_2(\text{H}_2)$ 가 발생했으므로 A에서는 환원 반응이 일어난다.

✕. (가)의 (-)극에서 H_2O 이 환원되어 $\text{H}_2(g)$ 가 발생했으므로 H_2O 은 X^+ 보다 환원되기 쉽다.

㉠. (나)의 백금 전극에서는 환원 반응이 일어나므로 $\text{Y}_2(\text{H}_2)(g)$ 가 발생한다.

13 화학 전지와 수용액의 전기 분해

(나)에서 (-)극인 C에서는 $\text{Y}^+(aq) + e^- \longrightarrow \text{Y}(s)$ 의 환원 반응이 일어난 후, $2\text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \longrightarrow \text{H}_2(g) + 2\text{OH}^-(aq)$ 의 환원 반응이 일어나므로 Y^+ 이 X^{2+} 보다 환원되기 쉽다.

✕. 금속의 이온화 경향이 $\text{X} > \text{Y}$ 이므로 A는 (-)극이고, B는 (+)극이다.

㉠. B에서는 $\text{Y}^+(aq) + e^- \longrightarrow \text{Y}(s)$ 의 환원 반응이 일어나므로 B의 질량은 증가한다.

✕. C에서 발생한 기체는 H_2 이다.

14 화학 전지

- ㉠ 금속의 이온화 경향이 $A > B$ 이므로 (가)에서 A 전극은 (-)극이며, A에서는 $A(s) \longrightarrow A^{2+}(aq) + 2e^{-}$ 의 산화 반응이 일어난다. 따라서 (가)의 $A^{2+}(aq)$ 에서 A^{2+} 의 양(mol)은 증가한다.
- ㉡ 금속의 이온화 경향이 $B > C$ 이므로 (나)에서 B 전극은 (-)극이며, B에서는 $B(s) \longrightarrow B^{2+}(aq) + 2e^{-}$ 의 산화 반응이 일어난다. 따라서 (나)에서 B 전극의 질량은 감소한다.
- ㉢ 금속의 이온화 경향이 $A > B > C$ 이므로 A와 C를 전극으로 사용한 화학 전지에서 전자는 도선을 따라 A에서 C로 이동한다.

15 전기 분해

- ㉠ 전극 A와 B에서 금속이 석출되었으므로 A와 B는 (-)극이다.
- ㉡ A에서는 $X^{2+}(aq) + 2e^{-} \longrightarrow X(s)$, B에서는 $Y^{+}(aq) + e^{-} \longrightarrow Y(s)$ 의 환원 반응이 일어나므로 일정량의 전자가 이동했을 때 석출되는 물질의 몰비가 $X : Y = 1 : 2$ 이다.
(나)에서 석출된 금속의 질량이 Y가 X의 2배보다 크므로 원자량은 $Y > X$ 이다.
- ㉢ 전자를 잃기 쉬운 경향은 $X > H_2O$ 이므로 X 전극에서는 $X(s) \longrightarrow X^{2+}(aq) + 2e^{-}$ 의 산화 반응이 일어난다. 따라서 $X(NO_3)_2(aq)$ 에서 X^{2+} 의 양(mol)은 변하지 않는다.

16 전기 분해와 화학 전지

- (가)의 A에서는 금속의 질량이 감소했고, B에서는 금속이 석출되었으므로 A에서는 $X(s) \longrightarrow X^{2+}(aq) + 2e^{-}$ 의 산화 반응이, B에서는 $X^{2+}(aq) + 2e^{-} \longrightarrow X(s)$ 의 환원 반응이 일어난다. (나)의 C에서는 금속이 석출되었고, D에서는 금속의 질량이 감소했으므로 C에서는 $X^{2+}(aq) + 2e^{-} \longrightarrow X(s)$ 의 환원 반응이, D에서는 $Y(s) \longrightarrow Y^{2+}(aq) + 2e^{-}$ 의 산화 반응이 일어난다.
- ㉠ 전기 분해에서 (+)극에서는 산화 반응이 일어난다. A에서는 금속 X가 산화되는 반응이 일어나므로 A는 (+)극이다.
- ㉢ 금속이 석출된 (나)의 C에서는 $X^{2+}(aq) + 2e^{-} \longrightarrow X(s)$ 의 환원 반응이 일어나며 (+)극이다.
- ㉣ 금속의 이온화 경향은 $Y > X$ 이다.

고2~N수 수능 집중 로드맵

과목	수능 입문	기출 / 연습	연계+연계 보완	고난도	모의고사
국어	수능 감(感)잡기		수능연계교재의 국어 어휘	수능연계완성 3/4주 특강 고난도 · 신유형	FINAL 실전모의고사
영어		수능 기출의 미래	수능연계교재의 VOCA 1800 수능연계 기출 Vaccine VOCA		만점마무리 봉투모의고사
수학	수능특강 Light	강의노트 수능개념	연계 수능특강	수능의 7대 함정	만점마무리 봉투모의고사 RED EDITION
한국사 사회		수능특강Q 미니모의고사	수능완성	박봄의 사회 · 문화 표 분석의 패턴	고난도 시크릿X 봉투모의고사
과학					

구분	시리즈명	특징	수준	영역
수능 입문	수능 감(感) 잡기	동일 소재 · 유형의 내신과 수능 문항 비교로 수능 입문	●	국/수/영
	수능특강 Light	수능 연계교재 학습 전 연계교재 입문서	●	국/영
	수능개념	EBSi 대표 강사들과 함께하는 수능 개념 다지기	●	전영역
기출/연습	수능 기출의 미래	올해 수능에 딱 필요한 문제만 선별한 기출문제집	●	전영역
	수능특강Q 미니모의고사	매일 15분으로 연습하는 고퀄리티 미니모의고사	●	전영역
연계 + 연계 보완	수능특강	최신 수능 경향과 기출 유형을 분석한 종합 개념서	●	전영역
	수능특강 사용설명서	수능 연계교재 수능특강의 지문 · 자료 · 문항 분석	●	전영역
	수능특강 연계 기출	수능특강 수록 작품 · 지문과 연결된 기출문제 학습	●	국/영
	수능완성	유형 분석과 실전모의고사로 단련하는 문항 연습	●	전영역
	수능완성 사용설명서	수능 연계교재 수능완성의 국어 · 영어 지문 분석	●	국/영
	수능연계교재의 국어 어휘	수능 지문과 문항 이해에 필요한 어휘 학습서	●	국어
	수능연계교재의 VOCA 1800	수능특강과 수능완성의 필수 중요 어휘 1800개 수록	●	영어
고난도	수능연계완성 3/4주 특강	단기간에 끝내는 수능 킬러 문항 대비서	●	국/수/영/과
	수능의 7대 함정	아깝게 틀리기 쉬운 영역별 수능 함정 문제 유형 분석	●	국/수/영/사/과
	박봄의 사회 · 문화 표 분석의 패턴	박봄 선생님과 사회 · 문화 표 분석 문항의 패턴 연습	●	사회탐구
모의고사	FINAL 실전모의고사	수능 동일 난도의 최다 분량, 최다 과목 모의고사	●	전영역
	만점마무리 봉투모의고사	실제 시험지 형태와 OMR 카드로 실제 훈련 모의고사	●	전영역
	만점마무리 봉투모의고사 RED EDITION	신규 문항 2회분으로 국어 · 수학 · 영어 논스톱 모의고사	●	국/수/영
	고난도 시크릿X 봉투모의고사	제대로 어려운 고퀄리티 최고난도 모의고사	●	국/수/영