

개념 학습과 정리가 한번에 끝나는 기본서

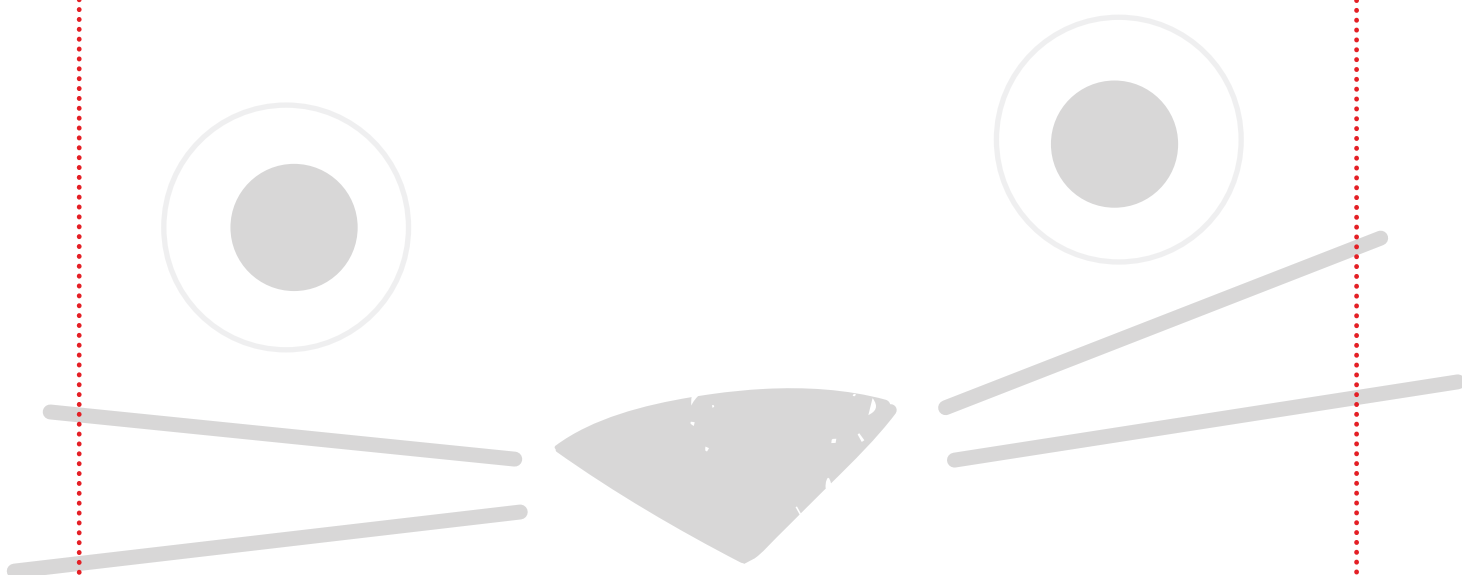
개념풀

— 화학 II —



의구심이 남지 않는 완벽한

정답과 해설





1 >>> 물질의 세 가지 상태 (1)

01 ~ 기체 (1)

탐구POOL

014쪽

01 50 mL 02 (1) × (2) ×

01 기체의 압력과 부피의 곱은 압력에 관계없이 일정하므로 용기 내부의 압력이 0.2 atm일 때, 주사기 속 기체의 부피는 $1.0 \times 10 = 0.2 \times x$, $x = 50(\text{mL})$ 이다.

02 (1) 같은 온도와 압력에서 공기의 양이 2배가 되면 부피도 2배가 된다.
(2) 일정한 온도에서 일정량의 기체의 압력과 부피의 곱이 일정하다.

탐구POOL

015쪽

01 4.0 L 02 (1) × (2) ×

01 샤를 법칙에 의해 일정한 압력에서 $\frac{\text{부피}}{\text{절대 온도}}$ 는 일정하므로 $\frac{3.0}{300} = \frac{x}{400}$, $x = 4.0(\text{L})$ 이다.

02 (1) 공기의 부피가 0이 되는 온도는 -273°C 이다.
(2) 일정한 압력에서 일정량의 기체의 부피는 절대 온도에 비례하므로 $\frac{\text{부피}}{\text{절대 온도}}$ 가 일정한 값을 갖는다.

꼭꼭! 개념 확인하기

016쪽

✓ 잠깐 확인!

1 압력, 클, 강 2 대기압 3 보일, 반비례 4 절대 온도, K
5 샤를, 비례 6 비례

01 (1) ○ (2) ○ (3) ○ 02 (1) × (2) × (3) ○ 03 (1) ○
(2) ○ (3) × 04 (1) × (2) ○

02 (1) 기체의 양이 일정하므로 부피가 작을수록 단위 부피당 분자 수가 크다. 기체의 양은 A, B, C에서 같고, 부피는 A에서 B에서보다 크므로 단위 부피당 분자 수는 B에서 A에서보다 크다.
(3) 단위 시간당 단위 면적에 충돌하는 분자 수가 클수록 압력이 크다.

03 (1) t 는 기체의 부피가 0이 되는 온도이므로 -273°C 이다.
(3) 기체의 부피가 커진 것은 온도가 높아졌기 때문이므로 기체의 양은 1 g으로 같다.

04 (1) 일정한 온도와 압력에서 같은 부피에 들어 있는 기체의 양(mol)은 기체의 종류에 관계없이 같으므로 헬륨과 네온의 양(mol)이 같다.
(2) 일정한 온도와 압력에서 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하므로 w g의 부피가 1 L일 때 $10w$ g의 부피는 10 L이다.

탄탄! 내신 다지기

017쪽~019쪽

01 ⑤ 02 ① 03 ④ 04 ③ 05 $T_1 : T_2 = 3 : 2$, $x = 1.8$
06 $P_1 < P_2 < P_3$ 07 ② 08 ① 09 ② 10 ③ 11 ②
12 $V_1 = V_2 < V_3$ 13 ⑤ 14 ②

01 | 선택지 분석 |

㉠ 단위 시간당 피스톤에 충돌하는 횟수

→ 기체의 압력은 분자 운동에 의한 충돌에 의해 나타나므로 일정한 온도에서 기체 분자의 충돌 횟수가 클수록 압력이 크다. 압력은 (나) > (가)이므로 단위 시간당 피스톤에 충돌하는 충돌 횟수는 (나) > (가)이다.

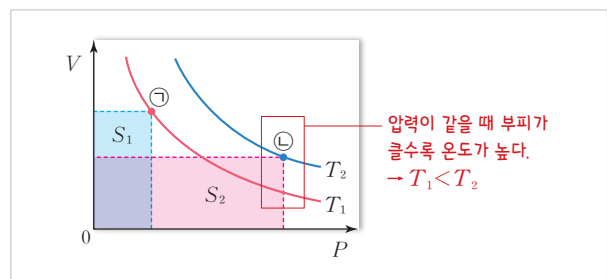
㉡ 단위 부피당 분자 수

→ (가)와 (나)에서 기체의 양(mol)이 같고, 부피는 (나) > (가)이므로 단위 부피당 분자 수는 (나) > (가)이다.

㉢ 단위 부피당 질량

→ 일정량의 기체의 부피가 작을수록 단위 부피당 질량이 크다.

02 | 선택지 분석 |



㉠ $T_1 < T_2$ 이다.

→ 압력이 같을 때 일정량의 기체의 부피가 T_2 에서가 T_1 에서보다 크므로 온도는 $T_1 < T_2$ 이다.

✗ $S_1 = S_2$ 이다.

→ $PV = nRT$ 에서 기체의 양(n)이 일정할 때 PV 는 T 에 비례하고, 온도는 $T_1 < T_2$ 이므로 PV 값은 T_2 일 때가 T_1 일 때보다 크다. 따라서 $S_1 < S_2$ 이다.

✗ 분자 사이의 충돌 횟수는 ㉠ > ㉡이다.

→ 압력은 ㉡에서가 ㉠에서보다 크므로 분자 사이의 충돌 횟수는 ㉡ > ㉠이다.

03 | 선택지 분석 |

X 기체의 부피는 $a < b$ 이다.

→ (나)에서 $\frac{1}{V}$ 은 $a < b$ 이므로 부피는 $a > b$ 이다.

L (가)에서 A의 면적과 B의 면적이 같다.

→ (가)에서 일정한 온도에서 일정량의 기체의 압력과 부피의 곱은 같으므로 A의 면적과 B의 면적이 같다.

D Ne(g) 2g으로 실험하면 (가)에서 A 부분의 면적은 2배가 된다.

→ 일정한 온도와 압력에서 기체의 부피는 기체의 양에 비례하므로 기체의 양이 2배가 되면 기체의 압력과 부피의 곱이 처음의 2배가 된다.

04 페트병을 누르면 페트병 속 물에 가해지는 압력이 커지므로 물속에 들어 있는 시험관 속 공기에 가해지는 압력이 커진다.

| 선택지 분석 |

C 공기의 밀도가 증가한다.

→ 페트병 속 물의 압력이 커져 시험관의 수면이 높아지고, 시험관 속 공기의 부피가 감소하므로 밀도가 증가한다.

X 공기 분자 수가 감소한다.

→ 시험관 속 공기 분자 수는 일정하다.

D 공기 분자들 사이의 충돌 횟수가 증가한다.

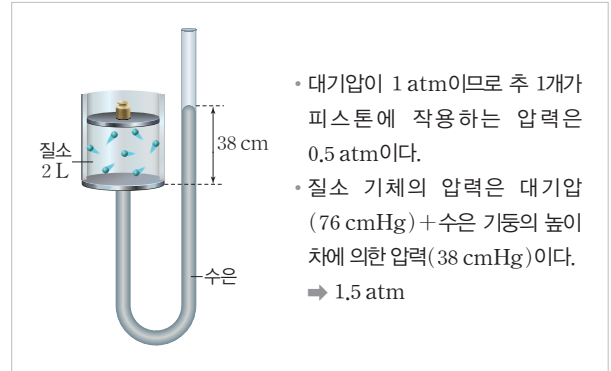
→ 시험관 속 공기의 부피가 감소하여 압력이 커지므로 분자 사이의 충돌 횟수가 증가한다.

05 일정한 압력에서 일정량의 기체의 부피는 절대 온도에 비례하고, 일정한 온도에서 일정량의 기체의 부피는 압력에 반비례한다. (가)와 (나)에서 압력과 기체의 양이 같으므로 기체의 부피비는 절대 온도비와 같다. 따라서 $T_1 : T_2 = 3 : 2$ 이다. (가)와 (다)에서 절대 온도와 기체의 양이 같으므로 기체의 부피와 압력의 곱은 같다. $1.2 \times 3.0 = x \times 2.0$ 이므로 $x = 1.8(\text{atm})$ 이다.

06 일정한 온도에서 일정량의 기체의 부피는 압력에 반비례한다. 어느 한 온도에서 일정량의 기체 X의 양의 부피를 비교하면 P_1 일 때가 가장 크고, P_3 일 때가 가장 작으므로 압력은 $P_1 < P_2 < P_3$ 이다.

07 (가)에서 수은 기둥의 높이 차가 0이므로 헬륨의 압력은 대기압과 같다. 또 (나)에서 수은 기둥이 대기 쪽으로 들어 올려졌으므로 헬륨의 압력은 대기압보다 수은 기둥 높이 차에 의한 압력만큼 크다. 즉 헬륨의 압력은 $(76 + h)\text{cmHg}$ 이다. 일정한 온도에서 일정량의 기체의 부피는 압력에 반비례하므로 기체의 압력은 (나)에서가 (가)에서의 $\frac{57}{38}$ 배, 즉 1.5배이므로 h 는 0.5기압에 해당하는 수은 기둥의 높이 차이다. 즉 h 는 38 cm이다.

08 | 자료 분석 |



C 질소 기체의 부피는 1.5 L가 된다.

→ 추 1개가 피스톤에 작용하는 압력이 0.5기압이므로 추 1개를 더 올리면 질소 기체의 압력이 1.5기압에서 2기압으로 된다. 따라서 부피는 $1.5 \times 2 = 2 \times x$, $x = 1.5(\text{L})$ 가 된다.

X J자관의 수은 기둥의 높이 차는 19 cm가 된다.

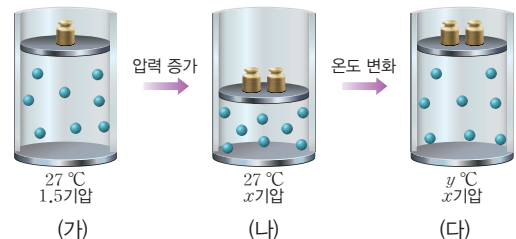
→ 압력이 2기압으로 되고, 대기압은 76 cmHg이므로 수은 기둥의 높이 차는 76 cm가 된다.

X 단위 부피당 분자의 충돌 횟수는 추를 올리기 전의 1.5배가 된다.

→ 압력이 1.5기압에서 2기압으로 $\frac{4}{3}$ 배가 되므로 충돌 횟수도 $\frac{4}{3}$ 배가 된다.

09 | 자료 분석 |

• 대기압이 1기압이고, (가)에서 기체의 압력은 외부 압력과 같은 1.5기압이다. → 추 1개가 피스톤에 작용하는 압력은 0.5기압이다.
• (나)와 (다)에서 기체의 압력은 2기압이다.



X x 는 3이다.

→ 추 1개가 피스톤에 작용하는 압력이 0.5기압이므로 (나)에서 기체의 압력은 2기압이다.

X y 는 54이다.

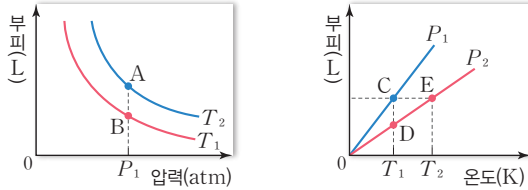
→ (나)와 (다)에서 기체의 양과 압력이 같으므로 부피는 절대 온도에 비례한다. (나)의 절대 온도는 $(27 + 273)\text{K}$ 이므로 (다)의 절대 온도는 600 K이다. 따라서 $y = 600 - 273 = 327$ 이다.

D (다)에 추 1개를 더 올려놓으면 기체의 부피는 (가)의 $\frac{6}{5}$ 배가 된다.

→ (다)에 추를 1개 더 올려놓으면 압력은 2.5기압이고, 온도는 600 K이므로 부피는 (가)의 부피의 $\frac{1.5}{2.5} \times 2 = \frac{6}{5}$ 배가 된다.

10 일정한 압력에서 일정량의 기체의 부피는 온도가 1°C 높아질 때마다 0°C 일 때 부피의 $\frac{1}{273}$ 씩 증가하므로 273°C 에서의 부피는 0°C 일 때 부피의 2배가 된다. 따라서 273°C 에서 기체 A의 부피는 4.0 L 가 되고, 기체 B의 부피는 2.0 L 가 되어 부피 차는 2 L 가 된다.

11 | 자료 분석 |



- A: 기체의 압력은 P_1 이고, 온도는 T_2 이다.
- B: 기체의 압력은 P_1 이고, 온도는 T_1 이다.
- C: 기체의 압력은 P_1 이고, 온도는 T_1 이다.
- D: 기체의 압력은 P_2 이고, 온도는 T_1 이다.
- E: 기체의 압력은 P_2 이고, 온도는 T_2 이다.
- 온도는 같은 압력에서 부피가 큰 T_2 가 T_1 보다 높다.
- 압력은 같은 온도에서 부피가 작은 P_2 가 P_1 보다 크다.

| 선택지 분석 |

✗ 압력은 A가 D보다 ^작 크다.

→ $P_1 < P_2$ 이므로 압력은 A가 D보다 작다.

✗ $\text{N}_2(\text{g})$ 의 밀도는 C가 B보다 ^{B와 C가 같다} 크다.

→ B와 C는 기체의 양이 같고, 온도와 압력이 같으므로 부피가 같다. 즉 밀도는 B와 C가 같다.

Ⓒ 기체 분자 사이의 평균 거리는 A가 E보다 크다.

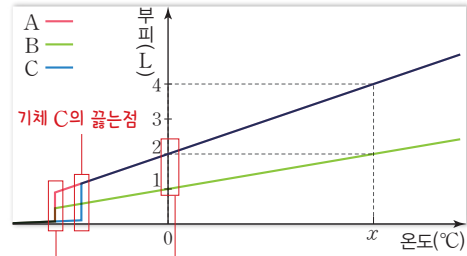
→ A와 E는 온도가 같고, 압력은 E가 A보다 크므로 부피는 A가 E보다 크다. 따라서 분자 사이의 평균 거리는 A가 E보다 크다.

12 기체의 부피는 절대 온도와 양(mol)에 비례하고, 압력에 반비례한다.

$$V_1 \text{을 } \frac{1 \times 273}{1} \text{이라고 할 때 } V_2 \text{는 } \frac{1 \times 273 \times 2}{2} \text{이고, } V_3 \text{은 } \frac{2 \times 273}{1.5} \text{이다. 따라서 } V_1 = V_2 < V_3 \text{이다.}$$

13 기체의 부피는 절대 온도와 양(mol)에 비례하고, 압력에 반비례한다. (가)에서 $\text{He}(\text{g})$ 의 양(mol)을 $6k$ 몰이라고 하면 (나)에서는 $2k$ 몰, (다)에서는 $9k$ 몰이다. (가)와 (나)에서 부피가 같으므로 압력 P_1 은 $\frac{1}{3}$ 기압이다. (다)는 (가)보다 기체의 양(mol)이 $\frac{3}{2}$ 배이고 절대 온도가 2배이므로, 압력이 같다면 부피는 3배가 되어야 하는데 2배이므로 압력 P_2 는 (가)의 $\frac{3}{2}$ 배가 되어 $\frac{3}{2}$ 기압이다. 따라서 $\frac{P_2}{P_1} = \frac{9}{2}$ 이다.

14 | 자료 분석 |



기체 A, B의 끓는점 기체 A, C의 양은 기체 B의 양의 2배이다.

- 끓는점에서 부피가 크게 증가하므로 기체 상태에서는 샤를 법칙이 적용된다. 부피가 크게 증가하는 온도가 끓는점이다.

→ 끓는점 A와 B가 같다.

| 선택지 분석 |

Ⓒ x는 273°C 이다.

→ x에서 기체의 부피가 0°C 일 때의 2배가 되므로 x는 273°C 이다.

Ⓒ 0°C 에서 기체의 양(mol)은 A가 B의 2배이다.

→ 온도와 압력이 같을 때 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하므로 기체의 양(mol)은 A가 B의 2배이다.

✗ A와 C는 ^{다른} 같은 물질이다.

→ A와 C는 끓는점이 다르므로 다른 물질이다.

도전! 실력 올리기

020쪽~021쪽

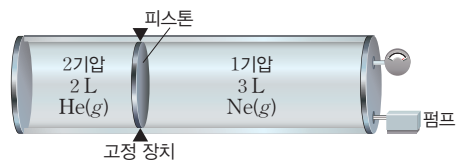
01 ② 02 ④ 03 ① 04 ② 05 ③ 06 ③

07 A < B

08 | 모범 답안 | (1) 기체 X에 대해 일정한 압력에서 기체의 부피비를 비교하면 T_a 에서 V 이고, T_b 에서 $3V$ 이므로 $T_a : T_b = 1 : 3$ 이다. (2) 같은 온도에서 같은 질량의 기체의 부피비는 $X : Y = 2 : 1$ 이다. 즉 기체의 양(mol)의 비는 $X : Y = 2 : 1$ 이므로 분자량비는 $X : Y = 1 : 2$ 이다.

09 | 모범 답안 | (가)에서 기체의 압력은 대기압과 같은 1기압이고, (나)에서 기체의 압력은 대기압+수은 기둥의 높이 차에 의한 압력이므로 1.5기압이다. (가)와 (나)에서 기체의 양(mol)이 같고, 부피는 압력에 반비례하며, 절대 온도에 비례하므로 (나)에서의 부피 $V = 30 \times \frac{1}{1.5} \times \frac{4}{3} = \frac{80}{3} (\text{mL})$ 이다.

01 | 자료 분석 |



고정 장치를 풀면 피스톤을 경계로 두 기체의 압력이 같아질 때까지 피스톤이 이동한다. → $\text{He}(\text{g})$ 의 압력이 $\text{Ne}(\text{g})$ 의 압력보다 크므로 피스톤은 오른쪽으로 이동하다가 멈춘다.

| 선택지 분석 |

✗ (나)에서 P 는 1.5기압이다.

⇒ 이동한 부피를 x , 평형을 이룬 압력을 P 라고 하면
 $2 \times 2 = P(2+x)$, $1 \times 3 = P(3-x)$ 이 성립한다.
 이 두 식을 풀면 $x = \frac{6}{7}$, $P = 1.4$ 이다.

㉠ (다)에서 V 는 4 L이다.

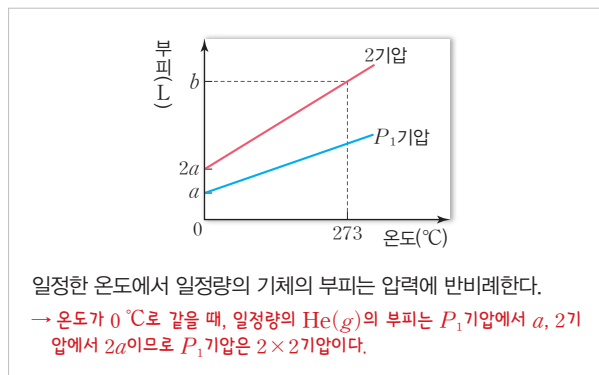
⇒ Ne의 압력이 1기압이 되면 피스톤은 양쪽 기체의 압력이 같아질 때까지 오른쪽으로 이동하므로 $2 \times 2 = 1 \times V$ 이 성립한다.
 이 식을 풀면 V 는 4 L이다. Ne의 부피는 1 L이다.

✗ Ne(g)의 양(mol)은 (나)에서가 (다)에서의 4배이다.

⇒ 일정한 온도에서 기체의 양(mol)은 압력과 부피의 곱에 비례한다. (나)에서는 (가)에서와 양(mol)이 같으므로 (나)에서 Ne의 양(mol)을 $3k$ 몰이라고 할 때 (다)에서 Ne의 양(mol)은 k 몰이다. 따라서 Ne의 양(mol)은 (나)에서가 (다)에서의 3배이다.

02 Ar(g) w g을 추가하면 입자 수가 2배가 되므로 Ar(g)의 압력은 처음의 2배인 4기압이 된다. 고정 장치를 풀어 Ar(g)의 압력이 4기압에서 1기압이 되면 부피는 처음 부피의 4배인 2.4 L가 된다. 또 일정한 압력에서 일정량의 기체의 부피는 절대 온도에 비례하므로 온도를 300 K에서 400 K로 높여주면 부피는 $\frac{4}{3}$ 배가 된다. 따라서 부피는 $2.4 \times \frac{4}{3} = 3.2$ (L)가 된다.

03 | 자료 분석 |



㉠ b 는 $4a$ 이다.

⇒ 일정한 압력에서 일정량의 기체의 부피는 온도가 1 °C 높아질 때마다 0 °C일 때 부피의 $\frac{1}{273}$ 씩 증가하므로 273 °C에서의 부피는 0 °C일 때 부피의 2배이다. 따라서 $b = 4a$ 이다.

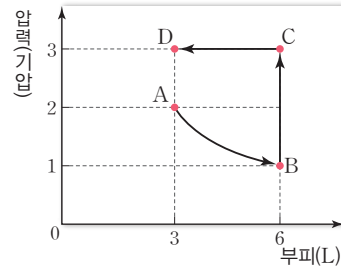
✗ P_1 기압은 1기압이다.

⇒ 0 °C에서 P_1 기압일 때의 부피는 a , 2기압일 때의 부피는 $2a$ 이므로 압력은 2배이다. 즉 P_1 기압은 4기압이다.

✗ P_1 기압, 546 °C일 때 He(g)의 부피는 b L가 된다.

⇒ P_1 기압, 0 °C에서 He(g)의 부피는 a 이므로 P_1 기압, 546 °C일 때 He(g)의 부피는 0 °C일 때 3배($3a$)이므로 b L보다 작다.

04 | 자료 분석 |



- A → B: 압력과 부피가 반비례하므로 일정한 온도에서 A의 부피를 변화시켜 압력이 변한 경우이다.
- B → C: 부피가 일정할 때 압력이 증가하므로 일정한 부피에서 절대 온도를 증가시킨 경우이다. B의 온도가 300 K이므로 C의 절대 온도는 900 K이다.
- C → D: 압력이 일정할 때 부피가 감소하므로 온도를 낮춘 경우이다. 부피가 절반이 되므로 D의 온도는 450 K이다.

✗ A에서 X(g)의 온도는 600 K이다.

⇒ A의 온도는 B와 같으므로 300 K이다.

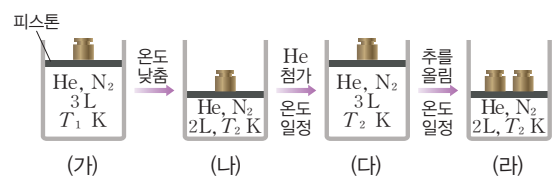
✗ B → C 과정은 샤를 법칙으로 설명할 수 없다.

⇒ B → C 과정은 부피가 일정할 때 압력이 증가하는 경우이므로 샤를 법칙으로 설명할 수 없다.

㉠ 절대 온도는 C가 D의 2배이다.

⇒ C → D 과정은 일정한 압력에서 부피가 감소하는 과정이고, 부피가 $\frac{1}{2}$ 이 되므로 절대 온도도 $\frac{1}{2}$ 이 된다.

05 | 자료 분석 |



- (가) → (나): 일정한 압력에서 기체의 온도가 낮아져 부피가 감소한다. ⇒ 부피비는 절대 온도비 ⇒ $T_1 : T_2 = 3 : 2$
- (나) → (다): 일정한 압력과 온도에서 기체를 첨가하여 부피가 증가한다. ⇒ 기체의 몰비는 (나) : (다) = 2 : 3
- (다) → (라): 일정한 온도에서 압력이 증가하여 부피가 감소한다. ⇒ 압력비는 (다) : (라) = 2 : 3
- 추 1개가 피스톤에 작용하는 압력을 x 라고 하면 $(1+x) : (1+2x) = 2 : 3$ 이므로 $x = 1$ (기압)이다.

㉠ He(g)의 양은 (다)에서가 (나)에서의 2배이다.

⇒ (나)에서 He과 Ne의 양이 같고 부피가 2 L이므로 각 기체는 1 L만큼 들어 있다. 이때 He의 첨가에 의해 부피가 1 L 증가하므로 첨가한 He의 양은 1 L이다. 따라서 He의 양은 (다)에서가 (나)에서의 2배이다.

✗ (라)에 추를 1개 더 올려놓으면 기체의 부피는 1 L가 된다.

⇒ 추 1개가 피스톤에 작용하는 압력이 1기압이므로 (라)에 추 1개를 더 올려놓으면 기체의 압력이 3기압에서 4기압이 된다.

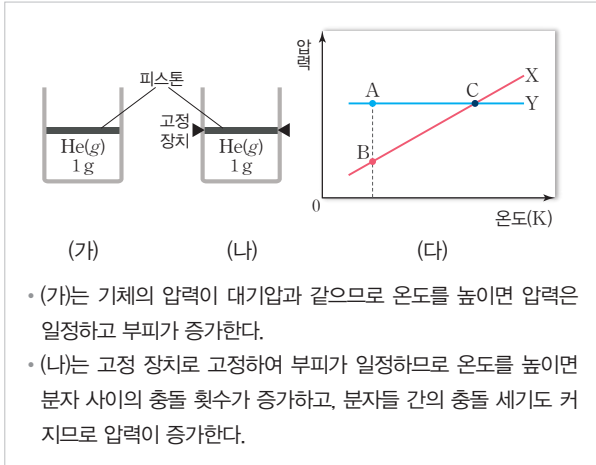
따라서 기체의 부피는 $3 \times 2 = 4 \times x$, $x = 1.5(\text{L})$ 이다.

㉔ (라)의 온도를 $T_1 \text{ K}$ 로 유지하면 부피는 3L가 된다.

→ $T_1 : T_2 = 3 : 2$ 이므로 (라)의 온도를 $T_1 \text{ K}$ 로 유지하면 부피는

$$\frac{x}{T_1} = \frac{2}{T_2}, \frac{x}{3} = \frac{2}{2}, x = 3(\text{L}) \text{이다.}$$

06 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

㉔ X는 (나)에 해당한다.

→ X는 온도가 높아질수록 압력이 증가하므로 (나)에 해당한다.

✗ 기체의 부피는 A에서 B에서보다 작다.

→ A와 B에서 $\text{He}(g)$ 의 온도와 양(mol)이 같고, 압력은 A가 B보다 크므로 부피는 A에서 B에서보다 작다.

㉔ C에서 (가)와 (나)에 들어 있는 $\text{He}(g)$ 의 밀도는 같다.

→ C에서 $\text{He}(g)$ 의 양, 온도, 압력이 같으므로 부피가 같다. 따라서 밀도가 같다.

07 일정한 온도와 압력에서 기체의 부피는 양(mol)에 비례한다. 같은 질량의 양(mol)이 $A > B$ 이므로 분자량은 $A < B$ 이다.

08 (1) 일정한 압력에서 기체의 부피는 절대 온도에 비례하므로, '부피비=절대 온도비'이다.

채점 기준	배점
제시된 조건에서 온도비가 부피비와 같다고 설명하고, 온도비를 올바르게 구한 경우	100 %
답만 옳게 쓴 경우	30 %

(2) 일정한 온도와 압력에서 기체의 부피는 기체의 종류에 관계없이 기체의 양(mol)에 비례한다. 따라서 같은 질량의 기체의 부피는 기체 X가 기체 Y의 2배이므로 기체의 양(mol)도 기체 X가 기체 Y의 2배이며, 분자량은 기체 Y가 기체 X의 2배이다.

채점 기준	배점
부피비와 몰비를 올바르게 비교하여 분자량을 비교하고, 분자량비를 올바르게 구한 경우	100 %
답만 옳게 쓴 경우	30 %

09 (가)에서는 양쪽 수은 기둥의 높이가 같으므로 기체의 압력은 대기압과 같다. (나)에서는 기체의 압력이 대기압보다 커서 수은 기둥이 380 mm만큼 들어 올려졌으므로 기체의 압력은 1.5기압이다. 일정량의 기체의 부피는 절대 온도에 비례하고 압력에 반비례한다.

채점 기준	배점
압력과 절대 온도의 관계를 제시하여 풀이 과정을 옳게 제시하고 답을 옳게 구한 경우	100 %
답만 옳게 쓴 경우	40 %

02 ~ 기체 (2)

탐구POOL

026쪽

01 ㄷ

01 $M = \frac{wRT}{PV}$ 에서 M 이 작게 측정되는 경우는 w , T 가 작

게 측정되거나 P , V 가 크게 측정되는 경우이다.

ㄱ. 산소의 온도에 비해 실험실의 온도가 높게 측정되었다면 M 은 크게 측정된다.

ㄴ. 산소통으로부터 산소를 모을 때 실제 모아진 산소의 기체가 빠져나가면 w 값은 실제 값도 크고, V 가 작아지므로 분자량이 크게 측정된다.

탐구POOL

027쪽

01 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○

01 (1) 에탄올을 플라스크에 넣기 전 플라스크에는 공기가 들어 있으므로 w_1 은 플라스크와 플라스크 속 공기의 질량의 합과 같다.

(2) w_2 는 플라스크와 플라스크 속 공기, 에탄올의 질량의 합과 같다.

꼭꼭! 개념 확인하기

028쪽

✓ 잠깐 확인!

1 이상 기체 방정식 2 기체 분자 운동론 3 절대 온도

4 부분 압력 5 부분 압력 6 몰 분율

01 (1) ○ (2) ○ (3) × 02 약 31.74 03 (1) × (2) ○ (3) ×

04 (1) ○ (2) × (3) ○

- 01 (3) $PV=nRT$ 에서 일정한 압력과 온도에서 기체의 부피 (V)는 기체의 양(n)에 비례하므로 이상 기체 방정식으로 아보가드로 법칙을 설명할 수 있다.

$$02 \quad M = \frac{wRT}{PV} = \frac{1.6 \text{ g} \times 0.082 \text{ atm} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K}) \times 300 \text{ K}}{1 \text{ atm} \times 1.24 \text{ L}} \approx 31.74 \text{이다.}$$

- 03 (1) 온도가 높을수록 기체 분자의 평균 운동 속력이 커지므로 온도는 $T_1 < T_2$ 이다.

- (3) 온도는 $T_2 < T_3$ 이고, 일정량의 기체의 부피가 같을 때 압력은 절대 온도에 비례하므로 압력은 T_3 에서가 T_2 에서보다 크다.

- 04 (1) 온도와 부피가 같으므로 기체의 압력은 기체의 양 (mol)에 비례한다. (가)와 (나)에서 기체의 양(mol)이 같으므로 기체의 압력은 (가)와 (나)에서 같다.

- (2) (다)에서 전체 양(mol)을 6몰이라고 할 때 Y의 양(mol)은 2몰이므로 Y의 몰 분율은 $\frac{1}{3}$ 이다.

- (3) 성분 기체의 부분 압력은 몰 분율에 비례하므로 (다)에서 X의 부분 압력은 Y의 2배이다.

탄탄! 내신 다지기

029쪽~031쪽

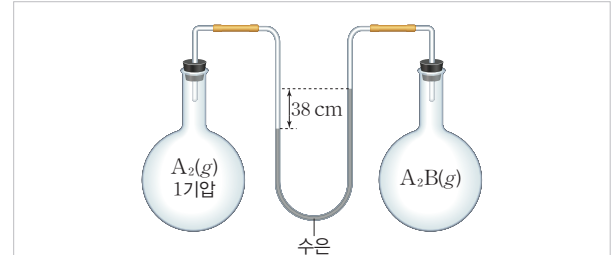
- 01 ② 02 $\frac{T_2}{x} = \frac{T_1}{y}$ 03 ② 04 ③ 05 ③ 06 ② 07 ③
08 ② 09 ② 10 ④ 11 ② 12 ⑤

01 | 선택지 분석 |

- ① A와 B의 평균 운동 에너지는 같다.
→ A와 B의 절대 온도가 같으므로 평균 운동 에너지는 같다.
- ② 기체의 양은 C가 B보다 크다.
→ 기체의 양(n)은 $\frac{PV}{T}$ 에 비례하므로 C의 양은 $\frac{b}{a}$ 이고, B의 양도 $\frac{b}{a}$ 이다.
- ③ 분자량은 B가 A의 2배이다.
→ 기체의 양은 A가 $\frac{2b}{a}$ 이고, B가 $\frac{b}{a}$ 이다. 즉 같은 질량의 기체의 양은 A가 B의 2배이므로 분자량은 B가 A의 2배이다.
- ④ 0 °C, 1기압에서 밀도는 C가 A의 2배이다.
→ 같은 질량의 기체의 양은 A가 C의 2배이므로 분자량은 C가 A의 2배이고, 같은 온도와 압력에서 기체의 밀도는 분자량에 비례하므로 밀도도 C가 A의 2배이다.
- ⑤ 같은 온도에서 기체 분자의 평균 운동 속력은 A가 C보다 크다.
→ 분자량은 C가 A의 2배이므로 같은 온도에서 평균 운동 속력은 분자량이 작은 A가 C보다 크다.

- 02 (가)~(다)에서 기체의 양(n)이 일정하므로 $n = \frac{PV}{RT}$ 는 모두 같다. 이때 (나)와 (다)에서 부피가 같으므로 (나)에서 $\frac{x}{T_2}$ 와 (다)에서 $\frac{y}{T_1}$ 는 서로 같다.

03 | 자료 분석 |

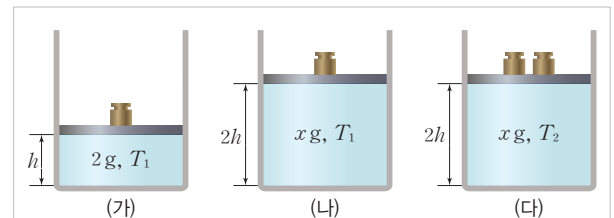


- A₂의 압력이 A₂B보다 0.5기압만큼 크다.
→ A₂B의 압력은 0.5기압이다.
- $PV=nRT$ 에서 온도가 같을 때 같은 부피에 들어 있는 기체의 압력은 양(mol)에 비례한다. → 몰비는 A₂ : A₂B = 2 : 1이다.

| 선택지 분석 |

- ✗ 기체의 양(mol)은 A₂가 A₂B의 $\frac{1.5}{2}$ 배이다.
→ A₂의 압력이 1기압이고, A₂B의 압력은 0.5기압이다. 일정한 온도에서 같은 부피에 들어 있는 기체의 양(mol)은 압력에 비례하므로 기체의 양(mol)은 A₂가 A₂B의 2배이다.
- ✗ 기체의 평균 운동 에너지는 A₂가 A₂B보다 크다.
→ 기체의 온도가 같으므로 평균 운동 에너지는 같다.
- ② B의 원자량 / A의 원자량 = 2이다.
→ 같은 질량의 기체의 양(mol)은 A₂가 A₂B의 2배이므로 분자량은 A₂B가 A₂의 2배이다. A와 B의 원자량을 각각 a, b라고 하면 $2a + b = 4a$ 이므로 $b = 2a$ 이다.

04 | 자료 분석 |



- (가)와 (나)는 온도와 압력이 같고 부피는 (나)가 (가)의 2배이다.
→ 기체의 양(n)은 (나)가 (가)의 2배이다.
- (나)와 (다)는 기체의 양과 부피가 같고, 온도와 압력이 다르다.
→ 압력비는 절대 온도비와 같다.
- (가)와 (나)에서 기체의 압력은 2기압이고, (다)에서는 3기압이다. → $T = \frac{PV}{nR}$ 이므로 T 는 $\frac{PV}{n}$ 에 비례한다.

| 선택지 분석 |

- ㉠ Ne(g)의 양은 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.
 ➡ 같은 온도와 압력에서 부피는 (나)가 (가)의 2배이므로 기체의 양(n)은 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.
- ✗ Ne(g)의 평균 운동 에너지는 (다)에서가 (가)에서의 2배이다.
 ➡ 기체의 절대 온도는 $\frac{PV}{n}$ 에 비례하고, (가)에서 $\frac{PV}{n}$ 를 $\frac{2 \times h}{2}$ 라고 하면 (다)에서는 $\frac{3 \times 2h}{2 \times 2}$ 이다. 따라서 절대 온도는 (다)에서가 (가)에서의 1.5배이므로 평균 운동 에너지는 (다)에서가 (가)에서의 1.5배이다.
- ㉡ Ne(g)의 분자 간 평균 거리는 (가)와 (다)에서 같다.
 ➡ 기체 분자 간 평균 거리는 $\frac{V}{n}$ 에 비례하므로 분자 간 평균 거리는 (가)와 (다)에서 같다.

05 | 선택지 분석 |

- ㉠ 분자량은 B가 A의 2배이다.
 ➡ (가)에서 일정한 압력에서 같은 질량의 기체의 부피는 A가 B의 2배이므로 기체의 분자량은 B가 A의 2배이다.
- ✗ $\frac{y}{x}$ 는 2이다.
 ➡ (나)에서 기체 A의 압력이 P_1 일 때 부피가 (가)에서의 $\frac{1}{2}$ 이므로 A의 양(mol)은 (가)에서가 (나)에서의 2배이다. 즉 $x=2y$ 이므로 $\frac{y}{x}=\frac{1}{2}$ 이다.
- ㉡ $\frac{P_1}{P_2}$ 은 2이다.
 ➡ (나)에서 일정한 온도에서 같은 양의 기체의 부피가 P_2 에서가 P_1 에서의 2배이다. 즉 P_1 은 P_2 의 2배이므로 $\frac{P_1}{P_2}=2$ 이다.

06 | 선택지 분석 |

- ✗ (나)에서 기체의 양(mol)은 1몰이다.
 ➡ 기체의 양(mol)은 $\frac{PV}{T}$ 에 비례한다. (가)와 (나)에서 기체의 부피와 압력이 같고, 절대 온도는 (나)가 (가)의 2배이므로 기체의 양(mol)은 (나)가 (가)의 $\frac{1}{2}$ 이다.
- ㉠ (다)에서 기체의 온도는 0°C 이다.
 ➡ (다)에서 기체의 양(mol)이 (가)의 2배이고, 압력도 2배이므로 온도가 같다. 따라서 (다)에서 기체의 온도는 0°C 이다.
- ✗ 고정 장치를 풀면 부피는 (다)에서가 (가)에서의 4배가 된다.
 ➡ (가)와 (다)에서 온도가 같고, 고정 장치를 풀면 (가)와 (다)의 압력은 모두 1기압이 된다. 즉 일정한 온도와 압력에서 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하므로 부피는 (다)에서가 (가)에서의 2배가 된다.

07 | 선택지 분석 |

- ㉠ $T_1 < T_2$ 이다.

➡ 기체 B에 대해 분자의 평균 운동 속력은 T_2 에서가 T_1 에서보다 크므로 온도는 $T_1 < T_2$ 이다.

- ✗ T_1 에서 평균 운동 에너지는 B가 A보다 크다.

➡ 기체의 평균 운동 에너지는 절대 온도에 비례하므로 T_1 에서 평균 운동 에너지는 A와 B가 같다.

- ㉡ 분자량은 $A > B$ 이다.

➡ 같은 온도에서 기체의 평균 운동 속력은 B가 A보다 크므로 분자량은 $A > B$ 이다.

08 | 선택지 분석 |

- ✗ 밀도는 Ne(g)이 He(g)의 5배이다.

➡ 기체의 양(n)은 $\frac{PV}{T}$ 에 비례하므로 (가)에서 He의 양이 $\frac{1 \times 1}{300}$ 일 때 (나)에서 Ne의 양은 $\frac{1 \times 1}{400}$ 이다. 이로부터 기체의 몰비는 He : Ne = 4 : 3이고, 기체의 부피가 같으므로 밀도비는 질량비와 같다. 따라서 밀도비는 He : Ne = $4 \times 4 : 3 \times 20 = 4 : 15$ 이다.

- ㉠ 기체의 평균 운동 에너지는 Ne(g)이 He(g)보다 크다.
 ➡ 기체의 평균 운동 에너지는 절대 온도에 비례하므로 Ne(g)이 He(g)보다 평균 운동 에너지가 크다.

- ✗ (가)에서 기체의 평균 운동 속력은 He(g)이 $\text{N}_2(\text{g})$ 의 3배보다 작다.

➡ 같은 온도에서 기체의 평균 운동 에너지는 같고, 기체의 평균 운동 에너지는 $\frac{1}{2}Mv^2$ 이므로 평균 운동 속력은 분자량의 제곱근에 반비례한다. 기체 분자량은 $\text{N}_2(\text{g})$ 가 He(g)의 7배이므로 평균 운동 속력은 He(g)이 $\text{N}_2(\text{g})$ 의 $\sqrt{7}$ 배이다. 따라서 (가)에서 기체의 평균 운동 속력은 He(g)이 $\text{N}_2(\text{g})$ 의 3배보다 작다.

09 | 선택지 분석 |

- ✗ x 는 3이다.

➡ 일정한 온도에서 기체의 양(n)은 PV 에 비례하고, (가)와 (나)에서 기체의 양(n)은 변하지 않으므로 $2 \times 1 + x \times 3 = 1 \times 2.5$ 이다. 따라서 $x = \frac{1}{6}$ 이다.

- ㉠ (가)에서 기체의 양(mol)은 He(g)이 Ne(g)의 4배이다.

➡ 기체의 양(n)은 He(g)이 2×1 일 때 Ne(g)은 $\frac{1}{6} \times 30$ 이므로 He(g)이 Ne(g)의 4배이다.

- ✗ (나)에서 He(g)의 부분 압력은 0.6기압이다.

➡ 기체의 몰비는 He : Ne = 4 : 1이므로 He(g)의 몰 분율은 $\frac{4}{5}$ 이다. (나)에서 기체의 전체 압력이 대기압과 같은 1기압이므로 He(g)의 부분 압력은 0.8기압이다.

10 | 선택지 분석 |

- ✗ 혼합 기체의 전체 압력은 3기압이다.

➡ 꼭지를 열어 기체가 혼합되어도 각 성분 기체의 양은 변하지

→ 않으므로 혼합 후 전체 기체의 압력을 x 기압이라고 하면
 $1 \times 2 + 2 \times 3 = x \times 5$ 이고, $x = 1.6$ 이다.

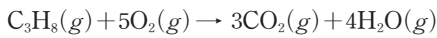
ㄹ $\text{Ne}(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{3}{4}$ 이다.

→ 기체의 몰비는 $\text{He} : \text{Ne} = 1 : 3$ 이므로 혼합 기체에서 $\text{Ne}(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{3}{4}$ 이다.

ㄷ $\text{He}(g)$ 의 부분 압력은 0.4기압이다.

→ $\text{He}(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{1}{4}$ 이고, 기체의 전체 압력은 1.6기압이므로 $\text{He}(g)$ 의 부분 압력은 0.4기압이다.

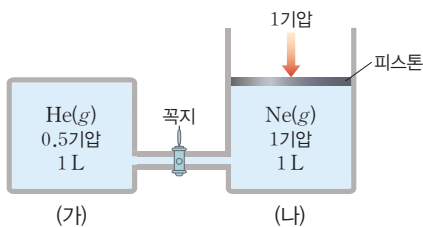
11 혼합 기체에서 각 성분 기체의 부분 압력은 각 성분 기체의 몰 분율에 비례하므로 반응 전 C_3H_8 의 양(mol)을 1몰이라고 하면 O_2 의 양(mol)은 9몰이다. 따라서 반응의 양적 관계는 다음과 같다.



반응 전(몰)	1	9	0	0
반응(몰)	-1	-5	+3	+4
반응 후(몰)	0	4	3	4

CO_2 의 몰 분율은 $\frac{3}{11}$ 이고, 반응 후 혼합 기체의 압력은 대기압과 같은 1기압이므로 CO_2 의 부분 압력은 $\frac{3}{11}$ 기압이다.

12 | 자료 분석 |



• 꼭지를 열기 전후 기체의 양은 변하지 않고, 꼭지를 연 후 혼합 기체의 압력은 대기압과 같은 1기압이다.

→ 혼합 전 $\text{He}(g)$ 의 양을 0.5×1 이라고 하면 $\text{Ne}(g)$ 의 양은 1×1 이다.

• 일정한 온도에서 기체의 양은 압력과 부피 곱에 비례한다.

| 선택지 분석 |

ㄱ $\text{He}(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{1}{3}$ 이다.

→ 일정한 온도에서 기체의 양(mol)은 압력과 부피의 곱에 비례하므로 기체의 몰비는 $\text{He} : \text{Ne} = 0.5 \times 1 : 1 \times 1 = 1 : 2$ 이다. 따라서 $\text{He}(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{1}{3}$ 이다.

ㄴ $\text{Ne}(g)$ 의 부분 압력은 $\frac{2}{3}$ 기압이다.

→ $\text{Ne}(g)$ 의 몰 분율은 $\frac{2}{3}$ 이고, 혼합 기체의 전체 압력은 1기압이므로 $\text{Ne}(g)$ 의 부분 압력은 $\frac{2}{3}$ 기압이다.

ㄷ 실린더의 부피는 0.5 L이다.

→ 꼭지를 연 후 실린더의 부피를 x 라고 하면

$0.5 \times 1 + 1 \times 1 = 1 \times (1 + x)$ 이므로 $x = 0.5(\text{L})$ 이다.

도전! 실력 올리기

032쪽~033쪽

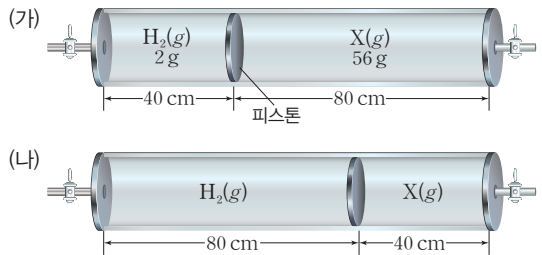
01 ㉔ 02 ㉔ 03 ㉔ 04 ㉔ 05 ㉔ 06 ㉔

07 $\text{H}_2 = \text{He} = \text{CH}_4$

08 | 모범 답안 | 일정한 온도에서 기체의 몰비는 압력과 부피의 곱에 비례하므로 기체의 몰비는 $X : Y = 3 \text{기압} \times 2 \text{L} : 2 \text{기압} \times 3 \text{L} = 1 : 1$ 이다. 즉 같은 양의 질량비가 $X : Y = 1 : 4$ 이므로 분자량비도 $X : Y = 1 : 4$ 이다.

09 | 모범 답안 | 일정한 온도에서 기체의 압력과 부피의 곱이 X와 Y에서 같으므로 반응 전 X와 Y의 양(mol)을 각각 $2k$ 몰이라고 하면 반응 후 Z의 양은 $2k$ 몰이고, 부피는 2L이므로 Z의 부분 압력은 1기압이다.

01 | 자료 분석 |



• (가)에서 두 기체의 온도와 압력이 같으므로 부피비는 기체의 몰비와 같다.

→ $\text{H}_2(g)$ 의 양(mol)이 1몰이므로 $\text{X}(g)$ 의 양(mol)은 2몰이다.

• (나)에서 $\text{H}_2(g)$ 의 양(mol)은 1몰이므로 $\text{X}(g)$ 의 양(mol)은 0.5몰이다.

| 선택지 분석 |

✗ X의 분자량은 56이다.

→ (가)에서 $\text{X}(g)$ 56g의 양(mol)이 2몰이므로 1몰의 질량은 28g이다.

ㄴ 빠져나간 $\text{X}(g)$ 의 양(mol)은 1.5몰이다.

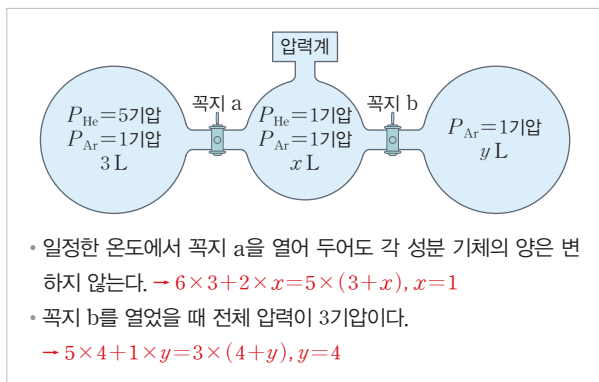
→ (나)에서 $\text{X}(g)$ 의 양(mol)이 0.5몰이므로 빠져나간 $\text{X}(g)$ 의 양(mol)은 1.5몰이다.

✗ (나)에서 기체 분자의 평균 운동 속력은 $\text{H}_2(g)$ 가 $\text{X}(g)$ 의 2배이다.

→ 기체의 분자량비는 $\text{H}_2 : \text{X} = 2 : 28 = 1 : 14$ 이다. 즉 분자량은 $\text{X}(g)$ 가 $\text{H}_2(g)$ 의 4배보다 크므로 같은 온도에서 기체 분자의 평균 운동 속력은 $\text{H}_2(g)$ 가 $\text{X}(g)$ 의 2배보다 크다.

02 $M = \frac{wRT}{PV}$ 에서 기체의 질량 $w = w_1 - w_2(g)$ 이고, 기체의 압력 $P = P_1 - P_2(\text{기압})$ 이다. 따라서 실험으로 구한 X의 분자량은 $\frac{(w_1 - w_2)RT}{(P_1 - P_2)V}$ 이다.

03 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

ㄱ x는 1이다.

→ 꼭지 a를 열어두어도 전체 기체의 양(mol)은 변하지 않고, 일정한 온도에서 기체의 양(mol)은 압력과 부피의 곱에 비례하므로 $6 \times 3 + 2 \times x = 5 \times (3 + x)$ 에서 $x = 1$ 이다.

ㄴ y는 4이다.

→ 꼭지 b를 열어 두어도 전체 기체의 양(mol)은 변하지 않으므로 $5 \times 4 + 1 \times y = 3 \times (4 + y)$ 에서 $y = 4$ 이다.

ㄷ (다)에서 P_{Ar} 은 1기압이다.

→ (다)에서 He(g)의 양(mol)은 $5 \times 3 + 1 \times 1 = 16$ 이고, Ar(g)의 양(mol)은 $1 \times 3 + 1 \times 1 + 1 \times 4 = 8$ 이다.

따라서 Ar(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{3}$ 이고, 전체 압력이 3기압이므로 P_{Ar} 은 1기압이다.

04 제시된 조건에서 O_2 30기압의 양(n)은 다음과 같다.

$$n = \frac{30 \text{ atm} \times 0.82 \text{ L}}{0.082 \text{ atm} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K}) \times 300 \text{ K}} = 1 \text{ mol이다.}$$

포도당($C_6H_{12}O_6$)의 연소 반응식은 다음과 같다.

$$C_6H_{12}O_6(s) + 6O_2(g) \rightarrow 6CO_2(g) + 6H_2O(l)$$

반응 전(몰)	0.1	1.0	0	0
반응 (몰)	-0.1	-0.6	+0.6	+0.6
반응 후(몰)	0	0.4	0.6	0.6

반응 후 CO_2 의 양(mol)은 0.6몰, 부피는 0.82 L, 온도는 300 K이므로 CO_2 의 압력은

$$P = \frac{0.6 \text{ mol} \times 0.082 \text{ atm} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K}) \times 300 \text{ K}}{0.82 \text{ L}} = 18 \text{ atm이다.}$$

05 | 선택지 분석 |

✗ Ne(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{2}$ 이다.

→ 꼭지를 열기 전 Ne(g)의 압력은 0.5기압이고, Ar(g)의 압력은 1.5기압이다. 일정한 온도와 부피에서 기체의 압력은 양(mol)에 비례하므로 Ar(g)의 양(mol)은 Ne(g)의 양(mol)의 3배이다. 따라서 Ne(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{4}$ 이다.

✗ 오른쪽 수은 기둥의 높이 차는 19 cm이다.

→ 혼합 기체에서 Ne(g)의 부분 압력을 P_{Ne} , Ar(g)의 부분 압력을 P_{Ar} 이라고 하면 다음 관계식이 성립한다.

$$0.5 \times 1 = P_{Ne} \times 2, P_{Ne} = \frac{1}{4} \quad 1.5 \times 1 = P_{Ar} \times 2, P_{Ar} = \frac{3}{4}$$

전체 압력은 $P_{Ne} + P_{Ar} = \frac{1}{4} + \frac{3}{4} = 1$ 이다.

기체의 전체 압력은 대기압과 같으므로 양쪽 수은 기둥의 높이 차는 0이다.

ㄷ Ar(g)의 부분 압력은 0.75기압이다.

→ 성분 기체의 부분 압력은 몰 분율에 비례하므로 Ar(g)의 부분 압력은 $\frac{3}{4}$ 기압, 즉 0.75기압이다.

06 | 자료 분석 |

피스톤	대기압	물질	부분 압력	
			반응 전	반응 후
C ₂ H ₆ (g) O ₂ (g) 10 L		C ₂ H ₆ (g)	$\frac{1}{5}$	0
		H ₂ O(g)	0	$\frac{2}{5}$

• 반응 전 혼합 기체의 전체 압력은 대기압과 같은 1기압이다.

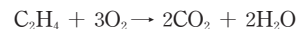
→ C₂H₆의 부분 압력은 0.2기압이고, O₂의 부분 압력은 0.8기압이다.

• 부분 압력비는 몰비와 같고, C₂H₆는 모두 반응하고 반응한

C₂H₆와 생성된 CO₂와 H₂O의 몰비는 1 : 2 : $\frac{n}{2}$ 이다.

→ 1 : $\frac{n}{2}$ = 1 : 2이므로 $n = 4$ 이다.

• C₂H₄의 연소 반응식은 다음과 같다.



| 선택지 분석 |

✗ 실린더에는 O₂(g)가 남아 있지 않다.

→ 반응 전 C₂H₆(g)와 O₂(g)의 몰비는 1 : 4이고, 반응 몰비는 C₂H₆ : O₂ = 1 : 3이므로 반응 후 실린더에는 O₂(g)가 남아 있다.

✗ CO₂(g)의 부분 압력은 $\frac{1}{5}$ 기압이다.

→ 부분 압력비는 몰비와 같으므로 반응 전 C₂H₄의 양(mol)을 0.2몰이라고 하면 O₂의 양(mol)은 0.8몰이고, 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

$$C_2H_4 + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 2H_2O$$

반응 전(몰)	0.2	0.8	0	0
반응(몰)	-0.2	-0.6	+0.4	+0.4
반응 후(몰)	0	0.2	0.4	0.4

반응 후 CO₂의 몰 분율은 $\frac{2}{5}$ 이고, 전체 압력은 1기압이므로 부분 압력은 $\frac{2}{5}$ 기압이다.

ㄷ 전체 기체의 부피는 10 L이다.

→ 반응 전후 기체의 전체 양(mol)이 같으므로 반응 후 전체 기체의 부피는 반응 전과 같은 10 L이다.

07 (가)에서 H₂(g)와 He(g)의 온도, 압력, 부피가 같으므로 두 기체의 양이 같다. (나)에서 일정한 온도와 압력에서 기체의 부피비가 H₂ : (He + CH₄) = 1 : 2이므로 (나)에서 넣어 준 CH₄(g)의 양(mol)은 He(g)의 양(mol)과 같다. 따라서 (나)에서 H₂(g), He(g), CH₄(g)의 양(mol)은 모두 같다.

08 추 1개가 피스톤에 작용하는 압력이 1기압이므로 (가)에서

$X(g)$ 의 압력은 3기압이고, (나)에서 $Y(g)$ 의 압력은 2기압이다. 일정한 온도에서 기체의 몰비는 압력과 부피의 곱에 비례하므로 기체의 몰비는 $X : Y = 3\text{기압} \times 2\text{L} : 2\text{기압} \times 3\text{L} = 1 : 1$ 이다. 이때 질량비는 $X : Y = 1 : 4$ 이다.

채점 기준	배점
제시된 조건에서 기체의 양이 같고, 질량비가 1 : 4이기 때문에 분자량비 $X : Y$ 가 1 : 4라고 서술한 경우	100%
분자량비가 1 : 4라고만 쓴 경우	40%

- 09** 일정한 온도에서 기체의 압력과 부피의 곱이 X 와 Y 에서 같으므로 반응 전 두 기체의 양(mol)은 같다. 이로부터 X 와 B 의 양(mol)을 각각 $2k$ 몰이라고 하면 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$X(g)$	$+ 2Y(g)$	$\rightarrow 2Z(g)$
반응 전(몰)	$2k$	$2k$	0
반응(몰)	$-k$	$-2k$	$+2k$
반응 후(몰)	k	0	$2k$

반응 후 Z 의 양(mol)이 $2k$ 몰이고, 부피가 2L 이므로 Z 의 부분 압력은 1기압이다.

채점 기준	배점
반응 후 기체의 양을 옳게 구한 후 Z 의 부분 압력을 1기압이라고 서술한 경우	100%
Z 의 부분 압력만이 1기압이라고만 쓴 경우	40%

실전! 수능 도전하기

035쪽~038쪽

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

01 | 선택지 분석

- ㉠ (가)에서 전체 기체의 압력 $P = 1.5$ 기압이다.
 ➔ (나)에서 전체 기체의 압력이 3기압이므로 전체 기체의 양(mol)은 3몰이다. 이로부터 (나)에서 B 의 양(mol)은 1몰이고, (가)에서도 B 의 양(mol)은 1몰이다. 이때 $X_B = \frac{2}{3}$ 이므로 전체 기체의 양(mol)은 1.5몰이다. 따라서 전체 기체의 압력은 1.5기압이다.
- ㉡ 첨가한 C 의 양(mol)은 1.5몰이다.
 ➔ 전체 기체의 양(mol)은 (가)에서가 1.5몰이고, (나)에서가 3몰이므로 첨가한 C 의 양(mol)은 1.5몰이다.
- ㉢ A 의 몰 분율은 (가)에서가 (나)에서의 2배이다.
 ➔ (가)와 (나)에서 A 의 양(mol)은 같고, 전체 기체의 양(mol)은 (나)에서가 (가)에서의 2배이므로 A 의 몰 분율은 (가)에서가 (나)에서의 2배이다.

- 02** 일정한 온도에서 기체의 양(mol)은 압력과 부피의 곱에 비례한다. 반응 전 $A \sim C$ 의 양(mol)을 각각 $2n$, Pn , n 이라고 하면 반응 후 혼합 기체의 부피가 4L 이므로 실린더 속 기체의 부피는 2L 가 되고, 꼭지 a를 열어 A 와 B

중 어느 한 기체가 모두 반응한 후 꼭지 b를 열면 반응이 일어나지 않으므로 꼭지 a를 열었을 때 혼합 기체의 부피는 1기압에서 3L 가 되어야 한다.

꼭지 a를 열어 반응이 완결되었을 때 A , B 중 어느 것을 모두 소모하였는지는 두 가지 경우로 나누어 생각할 수 있다. A 가 모두 반응한 경우 다음과 같은 양적 관계가 성립한다.

	$A(g)$	$+ 2B(g)$	$\rightarrow 2C(g)$
반응 전(몰)	$2n$	Pn	n
반응(몰)	$-2n$	$-4n$	$+4n$
반응 후(몰)	0	$(P-4)n$	$5n$

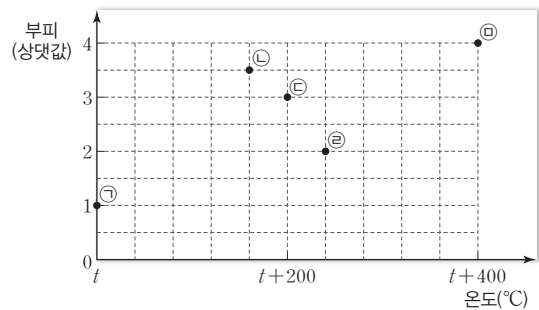
A 가 모두 반응한 경우 $(P+1)n = 4n$ 이 되어 $P = 3$ 이고, 반응 후 남은 B 의 양이 음수가 되므로 A 가 모두 반응하는 것은 모순이다.

B 가 모두 반응한 경우 다음과 같은 양적 관계가 성립한다.

	$A(g)$	$+ 2B(g)$	$\rightarrow 2C(g)$
반응 전(몰)	$2n$	Pn	n
반응(몰)	$-\frac{P}{2}n$	$-Pn$	$+Pn$
반응 후(몰)	$(2-\frac{P}{2})n$	0	$(1+P)n$

반응 후 전체 기체의 양(mol)은 $(3+\frac{P}{2})n = 4n$ 이므로 $P = 2$ 이다. 반응 후 전체 기체의 양(mol)을 $4n$ 몰이라고 할 때, C 의 양(mol)은 $3n$ 몰이므로 C 의 몰 분율(x)은 $\frac{3}{4}$ 이다.

03 | 자료 분석



- 이상 기체 방정식 $PV = nRT = \frac{w}{M}RT$ 에서 P 와 w 가 일정하므로 $V \propto \frac{T}{M}$ 가 성립한다. 기체의 부피는 ㉤에서가 ㉠에서의 4배이고, 분자량은 ㉠이 $2M$, ㉤이 M 이므로 ㉤에서의 절대 온도를 T 라고 하면 ㉤에서의 절대 온도 x 는 다음과 같다.
 $1 : 4 = \frac{T}{2M} : \frac{x}{M}$, $x = 2T$ 이다. 즉 절대 온도는 ㉤에서가 ㉠에서의 2배이다.
- 기체의 양(n)은 $n = \frac{PV}{RT}$ 이므로 제시된 조건에서 기체의 양(n)은 $\frac{V}{T}$ 에 비례한다.

선택지 분석

㉠ t 는 127이다.

⇒ $2(t+273) = (t+400+273)$ 이므로 $t=1270$ 이다.

✗ 기체의 양(n)이 가장 큰 기체는 ㉡에 해당하는 기체이다.

⇒ ㉠~㉡에서 기체의 $\frac{V}{T}$ 는 다음과 같다.

기체	㉠	㉡	㉢	㉣	㉤
$\frac{V}{T}$	$\frac{1}{400}$	$\frac{3.5}{560}$	$\frac{3}{600}$	$\frac{2}{640}$	$\frac{4}{800}$

기체의 양(n)은 $\frac{V}{T}$ 에 비례하므로 기체의 양(n)이 가장 큰 기체는 ㉡에 해당하는 기체이다.

✗ 분자량이 M 보다 큰 기체는 3가지이다.

⇒ ㉡에 해당하는 분자의 분자량이 M 이고, 각 기체의 질량이 같으므로 분자량이 M 보다 큰 기체의 양은 ㉡보다 작다. ㉠, ㉣에 해당하는 기체의 분자량은 M 보다 크다.

- 04 기체의 부피는 절대 온도에 비례하고, 압력에 반비례한다. 또한 기체의 밀도는 부피에 반비례하므로 A~D의 조건을 200 K, 2기압으로 해주었을 때 밀도의 상댓값은 다음과 같다.

기체	온도(K)	압력(기압)	밀도(상댓값)
A	100 → 200	1 → 2	3 → 3
B	200	1 → 2	2 → 4
C	100 → 200	2	2 → 1
D	200	2	1

따라서 200 K, 2기압에서 A~D의 밀도는 $C=D < A < B$ 이다.

- 05 용기 I에서 기체 A의 압력은 기체 B의 압력과 같은 1기압이다. 용기 II에서 부피가 10 L인 A 16 g의 압력이 2기압이므로 같은 온도에서 압력이 1기압인 A의 질량 $x=8$ g이다.

일정한 온도에서 A와 B의 압력과 부피가 같으므로 기체의 양(mol)이 같고, A와 B의 양(mol)을 각각 $10n$ 몰이라고 하면 용기 I의 피스톤을 제거하여 반응시킬 때 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$2A(g)$	$+ B(g)$	$\longrightarrow C(g)$
반응 전(몰)	10n	10n	0
반응(몰)	-10n	-5n	+5n
반응 후(몰)	0	5n	5n

반응 후 전체 기체의 양(mol)이 $10n$ 몰이고 부피가 피스톤을 제거하기 전의 2배이므로, 압력 P_1 은 $\frac{1}{2}$ 기압이다.

꼭지를 열어 반응시킬 때 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$2A(g)$	$+ B(g)$	$\longrightarrow C(g)$
반응 전(몰)	20n	5n	5n
반응(몰)	-10n	-5n	+5n
반응 후(몰)	10n	0	10n

반응 후 전체 기체의 양(mol)이 $20n$ 몰이고 부피가 30 L

이므로, 압력 P_2 는 $\frac{2}{3}$ 기압이다.

따라서 $\frac{P_1}{P_2} \times x = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{2}{3}} \times 8 = 6$ 이다.

- 06 분자량은 B가 A의 2배이고, (가)에서 A와 B의 질량이 같으므로 기체의 양(mol)은 A가 B의 2배이다. (가)에서 A의 양(mol)을 $2n$ 몰이라고 하면 B의 양(mol)은 n 몰이고, 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g)$	$+ 3B(g)$	$\longrightarrow xC(g)$
반응 전(몰)	2n	n	0
반응(몰)	$-\frac{n}{3}$	-n	$+\frac{xn}{3}$
반응 후(몰)	$\frac{5n}{3}$	0	$\frac{xn}{3}$

이로부터 (나)에서 C의 몰 분율은 $\frac{x}{5+x} = \frac{2}{7}$ 이므로 $x=2$ 이다. A의 분자량을 M 이라고 하면 B의 분자량은 $2M$ 이고, 화학 반응 전후 질량은 보존되므로 다음 관계식이 성립한다.

$M + 3 \times 2M = 2 \times C$ 의 분자량

이로부터 C의 분자량은 $3.5M$ 이다.

따라서 $\frac{C \text{의 분자량}}{B \text{의 분자량}} \times x = \frac{3.5M}{2M} \times 2 = \frac{7}{2}$ 이다.

- 07 (나) 과정 후 A가 남아 있지 않으므로 A는 모두 반응하였고, 반응 후 부분 압력은 B와 He이 같으므로 반응 후 남은 B의 양은 He의 양과 같다. 또한 (나) 과정 후 혼합 기체의 온도와 부피가 400 K, 10 L이므로 이를 300 K로 환산하면 7.5 L이고, 전체 기체의 압력은 1기압이므로 혼합 기체의 전체 양(mol)은 7.5x몰이라고 할 수 있다. 기체의 양은 압력과 부피의 곱에 비례하므로 (가)에서 A의 양(mol)은 $2.5x$ 몰, He의 양(mol)은 $2x$ 몰이라고 할 수 있다. (나)에서 A가 모두 소모되었으므로 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$aA(g)$	$+ B(g)$	$\longrightarrow 3C(g)$	$+ 4D(g)$
반응 전(몰)	2.5x	n_B	0	0
반응(몰)	$-2.5x$	$-\frac{2.5x}{a}$	$+\frac{7.5x}{a}$	$+\frac{10x}{a}$
반응 후(몰)	0	$n_B - \frac{2.5x}{a}$	$\frac{7.5x}{a}$	$\frac{10x}{a}$

반응 후 남은 B의 양(mol)은 He의 양(mol)과 같은 2x몰이고, 반응 후 전체 기체의 양(mol)은 He을 포함하여 7.5x몰이므로 $n_B - \frac{2.5x}{a} = 2x$, $2x + 2x + \frac{17.5x}{a} = 7.5x$

이 성립한다. $a=5$, $n_B=2.5x$ 이므로 $\frac{n_A}{n_B}=1$ 이다.

08 | 선택지 분석 |

㉠ 용기 속 기체의 양(mol)은 C가 A의 $\frac{9}{4}$ 배이다.

→ $n = \frac{PV}{RT}$ 이므로 A~C의 양의 상댓값은 각각 $\frac{4}{273}, \frac{2}{546}, \frac{9}{273}$ 이다. 따라서 기체의 몰비는 A : C = 4 : 9이다.

✗ 용기 속 기체의 질량은 B가 C의 $\frac{9}{11}$ 배이다.

→ 기체의 질량비는 B : C = $\frac{2}{546} \times 44 : \frac{9}{273} \times 4 = 11 : 9$ 이다.

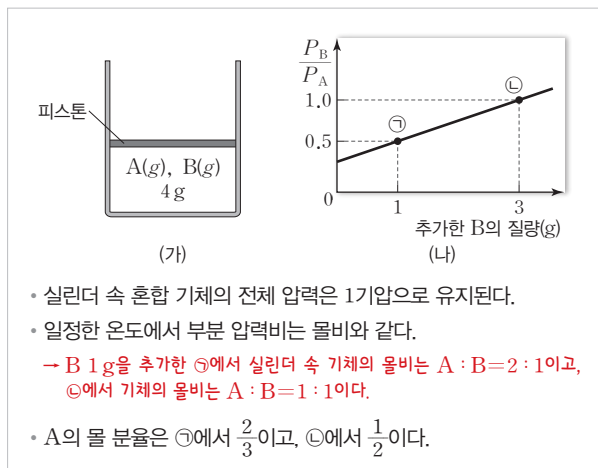
㉡ $\frac{B \text{의 밀도}}{A \text{의 밀도}} = 1.1$ 이다.

→ A와 B의 몰비는 4 : 1이므로 질량비는

A : B = $4 \times 20 : 1 \times 44$ 이다. 이때 부피비는 A : B = 2 : 1이므로 밀도비는 A : B = 40 : 44이다.

09 (가)와 (나)에서 각 성분 기체의 양은 같고, 절대 온도는 (나)가 (가)의 2배이므로 (나)의 온도를 T K로 유지하면 혼합 기체의 부피는 2.5 L가 된다. A에 대해 압력과 부피의 곱은 일정하므로 $x \times 2 = \frac{1}{5} \times 2.5$ 이고, $x = \frac{1}{4}$ 이다. 또한 (나)에서 B의 부분 압력을 P_B 라고 하면 B에 대해서는 $\frac{1}{2} \times 2 = P_B \times 2.5$, $P_B = \frac{2}{5}$ 이고, 전체 기체의 압력이 1기압이므로 $P_C = \frac{2}{5}$ 이다. 따라서 $\frac{x}{y} = \frac{5}{8}$ 이다.

10 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

㉠ (가)에서 실린더에 들어 있는 A의 질량은 3g이다.

→ ㉠에서 A의 양(mol)을 $2n$ 몰이라고 하면 B의 양(mol)은 n 몰이고, ㉡에서 A의 양(mol)은 변하지 않으므로 A의 양(mol)은 $2n$ 몰, B의 양(mol)도 $2n$ 몰이다. 따라서 B 2g은 n 몰이고, B 1g은 $\frac{n}{2}$ 몰이다. (가)에다 B 1g($=\frac{n}{2}$ 몰)을 추가했을 때 B의 양(mol)이 n 몰이 되었으므로 (가)에서 B의 양(mol)은 $\frac{n}{2}$ 몰($=1g$)이다. 따라서 A의 질량은 3g이다.

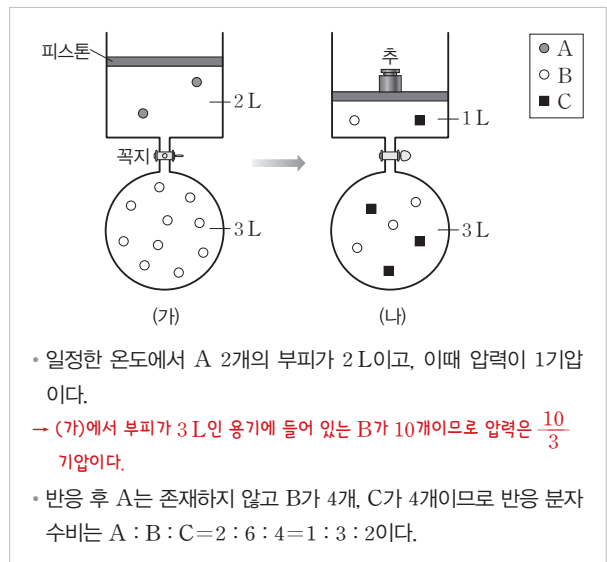
✗ A의 몰 분율은 ㉠에서가 ㉡에서의 $\frac{5}{2}$ 배이다.

→ A의 몰 분율은 ㉠에서 $\frac{2}{3}$, ㉡에서 $\frac{1}{2}$ 이므로 ㉠에서가 ㉡에서의 $\frac{4}{3}$ 배이다.

✗ $\frac{A \text{의 분자량}}{B \text{의 분자량}} = \frac{3}{4}$ 이다.

→ A 3g의 양(mol)이 $2n$ 몰일 때 B 1g의 양(mol)이 $\frac{n}{2}$ 몰이므로 같은 양의 질량비는 A : B = 3 : 4이다.

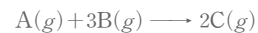
11 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

㉠ 분자량은 C가 B보다 크다.

→ 반응 분자 수비로부터 화학 반응식을 완성하면 다음과 같다.



화학 반응 전후에 질량이 보존되므로 각 기체의 분자량 사이에는 다음 관계식이 성립한다.

$$A \text{의 분자량} + 3 \times B \text{의 분자량} = 2 \times C \text{의 분자량}$$

따라서 분자량은 C가 B보다 크다.

✗ (가)에서 용기 속 B의 압력은 $\frac{10}{3}$ 기압이다.

→ (가)에서 용기 속 B의 압력은 $\frac{10}{3}$ 기압이다.

✗ (나)에서 추를 제거하면 실린더의 부피는 $\frac{2}{5}$ L가 된다.

→ (가)와 (나)에서 실린더 속 기체 분자 수가 같고 부피는 (나)가 (가)의 $\frac{1}{2}$ 이므로 압력은 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.

추 1개가 피스톤에 작용하는 압력은 대기압과 같은 1기압이므로 (나)에서 추를 제거하면 기체의 압력이 1기압이 되어 기체의 부피는 8 L가 된다. 이때 용기의 부피가 3 L이므로 실린더의 부피는 5 L가 된다.

- 12 $PV=nRT$ 에서 부피가 일정한 용기에 들어 있는 기체의 압력(P)은 절대 온도(T)와 기체의 양(n)에 비례한다. 가장 왼쪽부터 차례로 각 기체의 압력을 P_1 기압, P_2 기압, P_3 기압이라고 하면 다음 관계식이 성립한다.

$$P_1=P_2+0.5, P_3=P_2+0.5 \text{ 따라서 } P_1=P_3 \text{이다.}$$

이때 $n=\frac{PV}{RT}$ 이므로 기체의 양(n)은 $A:B=4:3$ 이다.

$$\frac{4w}{A \text{의 분자량}} : \frac{2w}{B \text{의 분자량}} = 4:3 \text{이므로}$$

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

- 13 (가)에서 B가 모두 반응하고, 반응 후 혼합 기체의 전체 압력이 1기압이므로 A의 부분 압력은 0.6기압이다. 이때 B w g의 양(mol)을 $2n$ 몰이라고 하면 생성된 C의 양(mol)은 $2n$ 몰이고, $2n$ 몰이 나타내는 압력은 0.4기압이므로 반응 후 0.6기압을 나타내는 A의 양(mol)은 $3n$ 몰이다. 따라서 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g) + 2B(g) \longrightarrow 2C(g)$		
반응 전(몰)	$4n$	$2n$	0
반응(몰)	$-n$	$-2n$	$+2n$
반응 후(몰)	$3n$	0	$2n$

(가) 과정 후 전체 기체의 양(mol)은 $5n$ 몰이다.

(나)에서 B w g, 즉 $2n$ 몰을 추가할 때 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g) + 2B(g) \longrightarrow 2C(g)$		
반응 전(몰)	$3n$	$2n$	$2n$
반응(몰)	$-n$	$-2n$	$+2n$
반응 후(몰)	$2n$	0	$4n$

(나) 과정 후 전체 기체의 양(mol)이 $6n$ 몰이고, C의 몰분율이 $\frac{2}{3}$ 이므로 부분 압력은 $\frac{2}{3}$ 기압이다.

$$\text{따라서 } \frac{V_1}{V_2} \times x = \frac{5}{6} \times \frac{2}{3} = \frac{5}{9} \text{이다.}$$

- 14 $n=\frac{PV}{RT}$ 이므로 반응 전 CH_4 , O_2 , He의 양(mol)은 각각 $\frac{2}{33}$ 몰, $\frac{6}{33}$ 몰, $\frac{2}{33}$ 몰이며, $CH_4(g)$ 의 연소 반응식과 양적 관계는 다음과 같다.

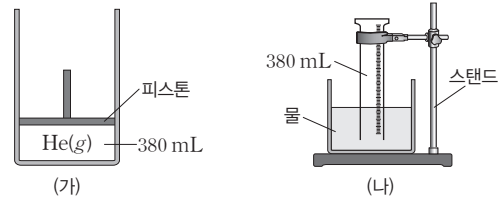
	$CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$			
반응 전(몰)	$\frac{2}{33}$	$\frac{6}{33}$	0	0
반응(몰)	$-\frac{2}{33}$	$-\frac{4}{33}$	$+\frac{2}{33}$	$+\frac{4}{33}$
반응 후(몰)	0	$\frac{2}{33}$	$\frac{2}{33}$	$\frac{4}{33}$

이로부터 반응 후 O_2 , CO_2 , H_2O , He의 양(mol)은 각각

$\frac{2}{33}$ 몰, $\frac{2}{33}$ 몰, $\frac{4}{33}$ 몰, $\frac{2}{33}$ 몰이므로 전체 기체의 양(mol)은 $\frac{10}{33}$ 몰이고, 혼합 기체의 전체 압력이 1기압이므로 부피

는 10 L이다. 즉 실린더의 부피가 6 L가 되므로 $CO_2(g)$ $\frac{2}{33}$ 몰 중 $\frac{3}{5}$ 에 해당하는 양이 실린더에 들어 있다. 따라서 $\frac{2}{55}$ 몰이 실린더 속에 존재한다.

15 | 자료 분석 |



• (가)와 (나)에서 기체의 압력은 대기압과 같다.

• $n=\frac{PV}{RT}$ 이고, (가)와 (나)에서 기체의 온도, 압력, 부피가 같으므로 기체의 양은 (가)와 (나)에서 같다.

✗ 기체의 양(mol)은 (나)에서가 (가)에서보다 크다.
(가)와 (나)에서 같다

⇒ (가)와 (나)에서 온도, 압력, 부피가 같으므로 기체의 양은 서로 같다.

○ He(g)의 부분 압력은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

⇒ (나)에서 실린더 속에 들어 있는 수증기의 부분 압력이 30 mmHg이므로 He(g)의 부분 압력은 730 mmHg이다. 따라서 He(g)의 부분 압력은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

✗ (나)에서 온도를 높이면 He(g)의 부분 압력은 커진다.
작아

⇒ (나)에서 온도를 높이면 물의 증기 압력이 커지므로 He(g)의 부분 압력은 작아진다.

- 16 실험에서 측정한 기체의 질량(w)은 0.09 g이고, 기체의 부피는 0.05 L, 온도는 300 K, 기체의 압력은 0.96 atm이므로 이 값들을 식에 대입하여 분자량(M)을 구하면

$$M = \frac{wRT}{PV} = \frac{0.09 \text{ g} \times 0.08 \text{ atm} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K}) \times 300 \text{ K}}{0.96 \text{ atm} \times 0.05 \text{ L}} = 45 \text{ g/mol이다.}$$



2 >>> 물질의 세 가지 상태 (2)

01 ~ 분자 간 상호 작용

개념 POOL

043쪽

01 (1) × (2) ○ (3) ○ 02 $O_2 < NO$

01 (1) HF가 HCl보다 기준 끓는점이 높은 주된 요인은 수소 결합이다.

02 O_2 와 NO는 분자량이 비슷하지만, O_2 는 무극성 분자, NO는 극성 분자이므로 NO가 O_2 보다 기준 끓는점이 높다.

꼭꼭! 개념 확인하기

044쪽

✓ 잠깐 확인!

1 쌍극자 2 극성, 쌍극자 모멘트 3 편극 4 분산력 5 분자량, 표면적 6 수소 결합, H

01 (1) × (2) × (3) ○ 02 NH_3, SO_2, PH_3 03 (1) ○ (2) ○ (3) × 04 $SnH_4 > GeH_4 > SiH_4 > CH_4$ 05 (1) × (2) ○ 06 ④

01 (1) 쌍극자·쌍극자 힘은 분자 내에 쌍극자를 가진 분자, 즉 극성 분자 사이에 존재하는 분자 간 힘이다.

(2) 분자량이 클수록 분산력이 크다.

02 극성 분자에는 쌍극자·쌍극자 힘이 존재한다.

03 (3) 분산력은 분자 내에서 편극에 의해 생성된 순간 쌍극자 사이에 작용하는 힘으로, 모든 분자에 존재하는 분자 간 힘이다.

04 14족 원소의 수소 화합물은 무극성 분자로, 분산력만 작용하므로 분자량이 클수록 분자 간 힘이 크고, 끓는점이 높다.

05 (1) 수소 결합은 H 원자가 전기 음성도가 큰 F, O, N 원자에 결합하고 있는 분자에서 작용한다.

탄탄! 내신 다지기

045쪽~047쪽

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

01 | 선택지 분석 |

제시된 모형은 쌍극자·쌍극자 힘이다.

① 편극이 클수록 크다.

→ 쌍극자·쌍극자 힘은 분자의 쌍극자 모멘트가 클수록 크다.

② 모든 분자 사이에 작용한다.

→ 쌍극자·쌍극자 힘은 극성 분자 사이에 작용하는 힘이다.

③ 분자 간 힘 중 세기가 가장 큰 힘이다.

→ 분자량이 비슷할 경우 분자 간 힘 중 세기가 가장 큰 힘은 수소 결합이다.

④ 분자의 쌍극자 모멘트가 클수록 크다.

→ 분자의 쌍극자 모멘트가 클수록 결합의 극성이 커서 쌍극자·쌍극자 힘이 크다.

⑤ 결합하는 두 원자의 원자량 차가 클수록 크다.

→ 쌍극자·쌍극자 힘은 결합하는 두 원자의 전기 음성도 차이가 커서 결합의 극성이 클수록 크다.

02 | 선택지 분석 |

㉠ (가)의 쌍극자 모멘트는 0이다.

→ (가)는 전자의 치우침이 없는 무극성 분자이므로 쌍극자 모멘트는 0이다.

㉡ A는 쌍극자·쌍극자 힘이다.

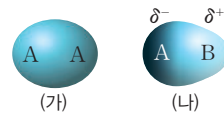
분산력

→ 분자 간 힘 A는 순간 쌍극자 사이의 힘인 분산력이다.

㉢ 분자량이 클수록 A의 크기는 크다.

→ 분자량이 클수록 편극이 일어나기 쉬우므로 분산력이 커진다.

03 | 자료 분석 |



(가)는 무극성 분자이다. → 분산력만 존재한다.

(나)는 극성 분자이다. → 분산력과 쌍극자·쌍극자 힘이 작용한다.

| 선택지 분석 |

㉠ 분산력은 (가)에서만 작용한다.

→ 분산력은 모든 분자에 존재하는 힘이다.

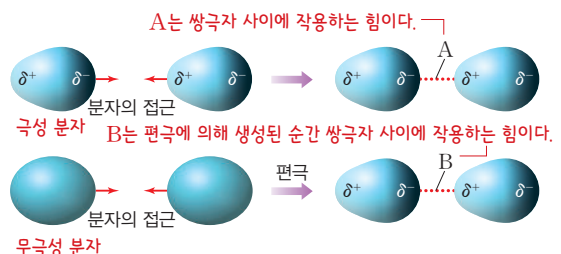
㉡ 끓는점은 (나)가 (가)보다 높다.

→ (가)와 (나)의 분자량이 비슷하므로 분산력의 크기는 비슷하고, (나)에는 쌍극자·쌍극자 힘이 작용하므로 분자 간 힘은 (나)가 (가)보다 크다. 따라서 끓는점은 (나)가 (가)보다 높다.

㉢ (가)와 (나)에서 모두 쌍극자·쌍극자 힘이 작용한다.

→ 쌍극자·쌍극자 힘은 극성 분자인 (나)에서만 작용한다.

04 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

㉠ 분자 간 힘 A의 세기는 HCl이 C_2H_6 보다 크다.

→ A는 극성 분자 사이에 작용하는 쌍극자·쌍극자 힘이므로 쌍

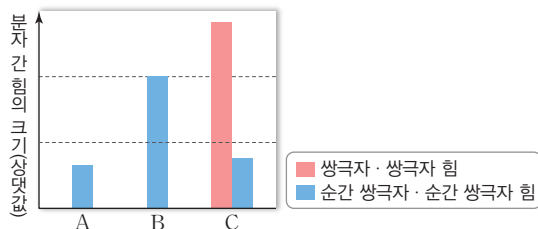
극자·쌍극자 힘의 세기는 극성 분자인 HCl이 무극성 분자인 C₂H₆보다 크다.

- ㄱ 분자 간 힘 B의 세기는 C₂H₆이 CH₄보다 크다.
 → B는 분산력이므로 분자량이 큰 C₂H₆이 CH₄보다 크다.
- ✗ 분자 간 힘 B가 작용하는 물질은 2가지이다.
 → 분산력은 모든 분자에 존재하는 힘이다.

05 | 선택지 분석 |

- ㄱ 분자 간 힘은 Br₂이 가장 크다.
 → 물질의 분자 간 힘이 클수록 기준 끓는점이 높다.
- ㄴ Cl₂는 N₂보다 편극이 일어나기 쉽다.
 → Cl₂는 N₂보다 분자량이 크므로 편극이 일어나기 쉽다.
- ㄷ 3가지 물질 모두 분산력이 작용한다.
 → 분산력은 모든 분자에 존재하는 힘이다.

06 | 자료 분석 |



- A, B에는 순간 쌍극자·순간 쌍극자 힘만 존재한다.
 → A, B는 무극성 분자이다.
- 분자 간 힘이 B > A이다. → 분자량은 B > A이다.
- C에는 쌍극자·쌍극자 힘이 존재한다. → C는 극성 분자이다.

- ㄱ 분자량은 B가 A보다 크다.
 → 순간 쌍극자·순간 쌍극자 힘이 큰 B가 A보다 분자량이 크다.
- ㄴ 끓는점은 C가 B보다 높다.
 → 분자 간 힘은 C가 B보다 크므로 끓는점은 C가 B보다 높다.
- ㄷ 분자의 쌍극자 모멘트는 C가 B보다 크다.
 → B는 무극성 분자이고, C는 극성 분자이므로 분자의 쌍극자 모멘트는 C가 B보다 크다.

07 | 자료 분석 |

화합물	(가)	(나)	(다)	(라)
끓는점(°C)	-161	-112	-88	-33

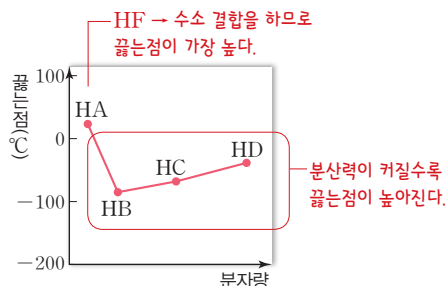
- CH₄과 SiH₄은 14족 수소 화합물이다.
 → 무극성 물질이므로 분산력만 작용하고, 분자량이 클수록 분자 간 힘이 크고 끓는점이 높다. → 끓는점: SiH₄ > CH₄
- NH₃와 PH₃은 15족 수소 화합물이다. → 극성 분자이다.
 NH₃는 매우 강한 분자 간 힘인 수소 결합이 작용한다.
 → 끓는점: NH₃ > PH₃
- 분자량이 비슷한 SiH₄과 PH₃에서 쌍극자·쌍극자 힘이 작용하는 PH₃이 분산력만 작용하는 SiH₄보다 끓는점이 높다.
 → 끓는점: PH₃ > SiH₄
- 끓는점은 NH₃ > PH₃ > SiH₄ > CH₄이다.

- ㄱ (가)는 무극성 분자이다.
 → 끓는점이 가장 낮은 (가)는 CH₄으로 무극성 분자이다.
- ✗ (다)가 (나)보다 끓는점이 높은 주된 요인은 분산력
 쌍극자·쌍극자 힘
 이다.
 → (나)는 SiH₄이다. (나)와 (다)는 분자량이 비슷하여 분산력도 비슷하지만, 극성 분자인 (다)에서는 쌍극자·쌍극자 힘이 작용하므로 (다)가 (나)보다 끓는점이 높다. 즉 (다)가 (나)보다 끓는점이 높은 주된 요인은 쌍극자·쌍극자 힘이다.
- ✗ 분자량은 (라)가 (다)보다 크다.
 작
 → (라)는 NH₃이고, (다)는 PH₃으로 분자량은 (다) > (라)이다.

08 | 선택지 분석 |

- ㄱ 분자 간 힘은 (가)가 가장 크다.
 → 분자 간 힘은 기준 끓는점이 가장 높은 (가)가 가장 크다.
- ✗ 액체 상태의 (나)에는 수소 결합이 존재한다.
 하지 않는
 → (나)에서 수소 원자가 탄소 원자에 결합하고 있으므로 수소 결합이 존재하지 않는다.
- ✗ (나)가 (다)보다 기준 끓는점이 높은 주된 요인은 분산력
 쌍극자·쌍극자 힘
 이다.
 → (나)와 (다)는 분자량이 같지만, (나)는 극성 분자, (다)는 무극성 분자이므로 (나)가 (다)보다 기준 끓는점이 높은 주된 요인은 쌍극자·쌍극자 힘이다.

09 | 자료 분석 |



- 17족 원소에서 분자량이 HA < HB < HC < HD이므로 원자량은 A < B < C < D이다.
 → A ~ D는 차례로 F, Cl, Br, I이다.

- ✗ HC가 HB보다 기준 끓는점이 높은 주된 요인은 쌍극자·쌍극자 힘이다.
 분산력
 → 분자의 쌍극자 모멘트는 두 원자의 전기 음성도 차가 큰 HB가 HC보다 크다. 즉 쌍극자·쌍극자 힘은 HB가 HC보다 클 때도 기준 끓는점이 HC가 HB보다 높은 까닭은 분산력 때문이다.
- ㄱ 액체 상태에서 수소 결합이 존재하는 것은 1가지이다.
 → 수소 결합이 존재하는 것은 HA(HF) 1가지이다.
- ㄷ 분산력이 가장 큰 것은 HD이다.
 → 분산력은 분자량이 가장 큰 HD(HI)가 가장 크다.

10 | 선택지 분석 |

- ㄱ 분자 간 힘은 PH₃이 가장 작다.

→ 분자 간 힘은 기준 끓는점이 가장 낮은 PH_3 이 가장 작다.

❌ 수소 결합이 존재하는 것은 2가지이다.

→ 수소 결합은 전기 음성도가 큰 F, O, N 원자와 H 원자가 결합한 분자 사이에 작용하는 힘이다. 따라서 수소 결합이 존재하는 것은 NH_3 1가지이다.

❌ SbH_3 가 AsH_3 보다 끓는점이 높은 주된 요인은 쌍극자-쌍극자 힘이다.

→ 같은 족에서 원자 번호가 클수록 전기 음성도가 작다. 따라서 분자의 쌍극자 모멘트는 AsH_3 이 SbH_3 보다 크다. 그런데 기준 끓는점은 SbH_3 가 AsH_3 보다 높으므로 분산력이 더 큰 영향을 미침을 알 수 있다.

11 | 선택지 분석 |

❌ $x < -112$ 이다.

→ SiH_4 과 PH_3 은 분자량이 비슷하므로 분산력의 크기도 비슷하다. SiH_4 은 무극성 분자이므로 분산력만 존재하고, PH_3 은 극성 분자이므로 쌍극자-쌍극자 힘이 존재한다. 따라서 PH_3 이 SiH_4 보다 분자 간 힘이 크고, 끓는점도 높다.

㉠ 분산력은 SiH_4 이 CH_4 보다 크다.

→ 분산력은 분자량이 큰 SiH_4 이 CH_4 보다 크다.

㉡ (가)~(라) 중 수소 결합이 존재하는 것은 1가지이다.

→ (가)~(라) 중 수소 결합이 존재하는 것은 H_2O 1가지이다.

12 | 자료 분석 |

- A_2 , B_2 , C_2 중 기준 끓는점은 A_2 가 가장 낮다.
- 기준 끓는점은 AB가 AC보다 높다.

- H_2 , F_2 , Cl_2 는 무극성 분자로 분산력만 존재하고, 분자량이 클수록 분산력이 커서 끓는점이 높다. → A는 H이다.
- AB와 AC는 각각 HF와 HCl 중 하나이고, 기준 끓는점은 수소 결합이 작용하는 HF가 더 높다. → B는 F, C는 Cl이다.

㉠ 기준 끓는점은 C_2 가 B_2 보다 높다.

→ 분자량은 $\text{C}_2 > \text{B}_2$ 이므로 분산력도 $\text{C}_2 > \text{B}_2$ 이다. 따라서 기준 끓는점은 $\text{C}_2 > \text{B}_2$ 이다.

❌ 분산력은 AB가 AC보다 작다.

→ 분자량은 AC가 AB보다 크므로 분산력도 AC가 AB보다 크다.

❌ 액체 상태의 AC에는 수소 결합이 존재한다.

→ AC는 HCl이므로 수소 결합이 존재하지 않는다.

13 | 선택지 분석 |

㉠ 분자 간 힘은 D_2 가 가장 크다.

→ 분자 간 힘은 기준 끓는점이 가장 높은 D_2 가 가장 크다.

㉡ HA에는 수소 결합이 존재한다.

→ HA는 수소 결합을 하므로 분자량이 작음에도 끓는점이 높다.

❌ B_2 와 HB 의 끓는점 차이는 쌍극자-쌍극자 힘으로 설명할 수 있다.

→ 무극성 물질인 B_2 가 극성 물질인 HB 보다 끓는점이 높은 요인은 분산력이다.

도전! 실력 올리기

048쪽~049쪽

01 ② 02 ③ 03 ② 04 ④ 05 ③ 06 ③

07 | 모범 답안 | (1) 영역 I 과 영역 II 의 물질은 모두 무극성 물질이므로 분산력만 작용한다. 분산력은 분자량이 클수록 크므로 기준 끓는점이 높은 영역 I 의 물질이 영역 II 의 물질보다 분자량이 크다.

(2) 분자의 쌍극자 모멘트는 영역 III 의 물질이 영역 IV 의 물질보다 작음에도 기준 끓는점이 높은 것으로 보아 분자 간 힘이 크다. 이로부터 영역 III 의 물질에는 수소 결합이 존재한다고 추론할 수 있다.

08 | 모범 답안 | 분자량이 같은 경우 분자의 모양이 분산력에 영향을 준다. 분자의 표면적이 클수록 분자 간 상호 작용이 커지므로 분산력이 크다. 분산력은 (나)가 (가)보다 크므로 기준 끓는점은 (나)가 (가)보다 높다.

01 | 선택지 분석 |

❌ ㉠은 H_2S 이다.

→ 제시된 물질 중 액체 상태에서 수소 결합이 존재하는 것은 CH_3OH 이므로 ㉠은 CH_3OH 이고, ㉡은 H_2S 이다.

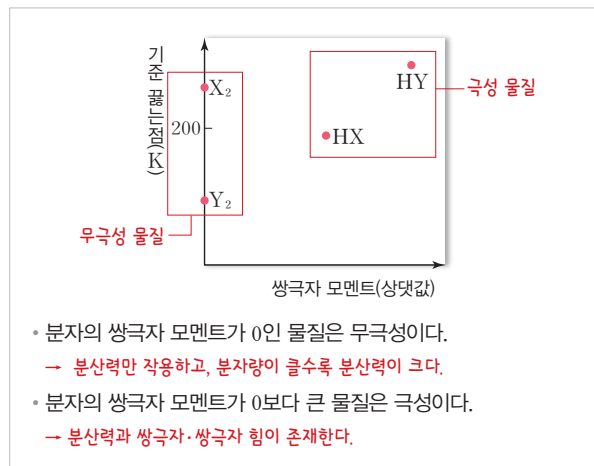
㉠ 기준 끓는점은 ㉡이 ㉠보다 높다.

→ ㉠과 ㉡은 분자량이 비슷하고 ㉠에만 수소 결합이 작용하므로 기준 끓는점은 ㉡이 ㉠보다 높다.

❌ A로 '분산력이 작용하는가?'가 적절하다.

→ 분산력은 모든 분자 사이에 작용하는 힘이므로 두 물질을 분류하는 기준으로 '분산력이 작용하는가?'는 적절하지 않다.

02 | 자료 분석 |



㉠ 분산력은 X_2 가 Y_2 보다 높다.

→ 무극성 물질은 분산력이 클수록 기준 끓는점이 높다.

㉔ 분자 간 힘은 X_2 가 HX 보다 크다.

→ 기준 끓는점이 높을수록 분자 간 힘이 크다.

✗ HY 가 X_2 보다 기준 끓는점이 높은 주된 요인은 분산 수소 결합 력이다.

→ Y 는 F 이므로 HY 는 HF 이고, X_2 는 Cl_2 이다. 따라서 HY 가 X_2 보다 기준 끓는점이 높은 주된 요인은 수소 결합이다.

03 | 자료 분석

✗ 분자의 쌍극자 모멘트가 0이 아니다.

→ 3가지 물질 중 분자의 쌍극자 모멘트가 0인 분자는 무극성 분자인 C_2H_6 뿐이다.

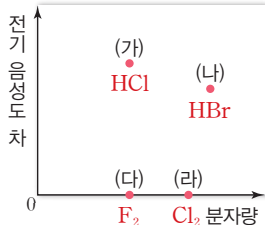
✗ 수소 결합이 존재한다.

→ 3가지 물질 중 수소 결합이 존재하는 것은 CH_3NH_2 뿐이다.

㉔ 분산력이 작용한다.

→ 분산력은 모든 분자에서 작용하는 힘이다.

04 | 자료 분석 |



- F_2 , Cl_2 은 두 원자 사이의 전기 음성도 차이가 0이므로 무극성 분자이고, 분자량은 $F_2 < Cl_2$ 이다. → (다)는 F_2 , (라)는 Cl_2 이다.
- 전기 음성도는 $Cl > Br$ 이다. → (가)는 HCl , (나)는 HBr 이다.

✗ 액체 상태에서 (가)에는 수소 결합이 존재한다. 하지 않는

→ (가)는 HCl 이므로 액체 상태에서 HCl 분자에는 수소 결합이 존재하지 않는다.

㉔ 분자의 쌍극자 모멘트는 (나)가 (라)보다 크다.

→ (나)는 극성 분자, (라)는 무극성 분자이므로 쌍극자 모멘트는 (나)가 (라)보다 크다.

㉔ 기준 끓는점은 (라)가 (다)보다 높다.

→ 무극성 분자에 작용하는 분산력은 분자량이 클수록 크므로 기준 끓는점은 (라) > (다)이다.

05 | 선택지 분석 |

㉔ 분자의 쌍극자 모멘트는 A가 B보다 크다.

→ A와 B는 모두 극성 분자이고, 분자량은 A가 B보다 작음에도 불구하고 기준 끓는점이 높은 것으로 보아 쌍극자·쌍극자 힘이 크다. 따라서 분자의 쌍극자 모멘트는 A가 B보다 크다.

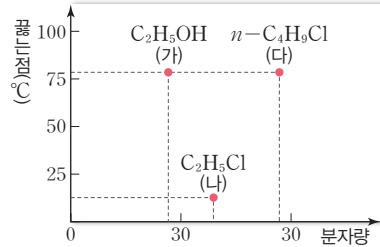
㉔ 분자 간 힘은 D가 B보다 크다.

→ 기준 끓는점은 D가 B보다 높으므로 분자 간 힘은 D가 B보다 크다.

✗ 분산력은 A가 D보다 크다. 작

→ 분자량은 D가 A보다 크므로 분산력은 A가 D보다 작다.

06 | 자료 분석 |



• 분산력은 모든 분자에 작용하고 분자량이 클수록 크다.

→ 분산력의 크기: (가) < (나) < (다)

• 분자에 $-OH$ 를 가진 분자는 수소 결합을 한다.

| 선택지 분석 |

㉔ 액체 상태의 (가)에는 수소 결합이 존재한다.

→ (가)에는 $-OH$ 가 있어 액체 상태에서 수소 결합이 존재한다.

✗ 분산력은 (가)가 (나)보다 크다. 작

→ 분자량은 (나) > (가)이므로 분산력은 (가)가 (나)보다 작다.

㉔ 분자 간 힘은 (다)가 (나)보다 크다.

→ 분자 간 힘은 기준 끓는점이 높은 (다)가 (나)보다 크다.

07 (1) 영역 I 과 영역 II 의 물질은 쌍극자 모멘트가 0이므로 모두 무극성 분자이다. 따라서 분자 간 힘에 영향을 미치는 요인은 분산력 뿐이며, 분자량이 클수록 분산력이 크다.

(2) 분자량이 비슷한 경우 수소 결합은 분산력이나 쌍극자·쌍극자 힘보다 훨씬 강하다. 영역 III 과 영역 IV 의 물질은 분자량이 비슷하고, 쌍극자 모멘트는 영역 IV 의 물질이 더 크므로 끓는점은 영역 III 의 물질이 더 높으므로 영역 III 의 물질에는 수소 결합이 존재한다고 추론할 수 있다.

채점 기준		배점
(1)	I 과 II 의 물질이 모두 무극성 물질이고, 분산력은 분자량이 클수록 크다고 서술한 경우	50 %
	I 과 II 의 분자량만 옳게 비교한 경우	20 %
(2)	III 과 IV 의 쌍극자 모멘트를 비교하고, 수소 결합을 주된 요인으로 서술한 경우	50 %
	수소 결합을 한다고만 쓴 경우	20 %

08 분자량이 비슷한 경우 분자의 모양이 넓게 퍼진 것일수록 분자의 표면적이 커서 편극이 쉽게 일어난다. (가) 네오펜테인과 (나) 노말펜테인은 분자식이 같으므로 분자량이 같지만, 긴 사슬 모양의 (나) 노말펜테인이 둥근 모양인 (가) 네오펜테인보다 편극이 일어나기 쉬우므로 분산력이 크다.

채점 기준		배점
분자의 모양을 비교하고, 분산력을 분자의 모양과 관련지어 옳게 서술한 경우		100 %
(나)가 (가)보다 분산력이 커서 기준 끓는점이 높다고만 서술한 경우		40 %

02~ 액체

개념POOL

054쪽

01 (1) 다이에틸 에테르 (2) 아세트산 (3) 다이에틸 에테르 = 아세트산 02 (1) × (2) ×

01 (1) 같은 온도에서 증기 압력이 큰 물질일수록 증발되기 쉽다.
(3) 기준 끓는점에서 증기 압력은 모두 외부 압력과 같은 760 mmHg이다.

02 (1) 분자 간 힘이 작을수록 증발하기 쉬우므로 같은 온도에서 증기 압력이 크다.
(2) 같은 온도에서 증기 압력이 클수록 분자 간 힘이 작으므로 기준 끓는점이 낮다.

꼭꼭! 개념 확인하기

055쪽

✓ 잠깐 확인!

1 수소 결합, 작 2 열용량, 열용량 3 표면 장력 4 증기 압력 5 크, 크

01 (1) × (2) ○ (3) ○ 02 ㉠ 수소 결합, ㉡ 공유 결합, ㉢ B, ㉣ A, ㉤ A 03 (1) ○ (2) × (3) × 04 (1) A (2) C (3) C

01 (3) 모세관 현상은 액체에 가는 관을 넣을 때 액체가 관을 따라 올라가는 현상으로, 액체 분자 사이에 작용하는 응집력과 액체와 다른 입자 사이에 작용하는 부착력에 의해 나타난다. 물은 수소 결합을 하므로 응집력이 크다. 또한 극성 물질이므로 극성인 유리와의 인력도 커서 모세관 현상이 잘 일어난다.

02 결합 A는 분자 간 힘인 수소 결합이고, B는 물 분자를 구성하는 H 원자와 O 원자 사이의 공유 결합이다. 물을 전기 분해하면 수소와 산소 사이의 공유 결합인 결합 B가 끊어지고, 물이 수증기로 기화할 때는 물 분자의 배열이 달라지므로 결합 B는 끊어지지 않고 결합 A가 끊어진다.

03 (2) 온도가 높을수록 분자 운동이 활발해져 평균 운동 에너지가 커지므로 증발하기 쉽다.
(3) 분자 간 힘이 작을수록 증발이 잘 일어나므로 같은 온도에서 증기 압력이 크다.

04 (1) 20 °C에서 증기 압력이 가장 큰 A의 증발 속도가 가장 빠르다.
(2) 증기 압력이 작은 액체일수록 분자 간 힘이 크다.
(3) 기준 끓는점은 액체의 증기 압력이 1기압(760mmHg) 일 때의 온도이므로 C가 가장 높다.

탄탄! 내신 다지기

056쪽~057쪽

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

01 | 선택지 분석 |

- ① 물이 얼면 부피가 증가한다.
→ 물이 얼 때 수소 결합에 의해 빈 공간이 많은 육각형 구조를 이루기 때문에 액체 상태인 물보다 부피가 커진다.
- ② 해안 지방은 내륙 지방보다 일교차가 작다.
→ 물은 수소 결합을 하여 분자 간 힘이 커서 열용량이 크므로 온도 변화가 크지 않다. 따라서 바닷물은 천천히 데워지고, 천천히 식으므로 해안 지방은 내륙 지방보다 일교차가 작다.
- ③ 풀잎에 맺힌 이슬 방울의 모양이 동그랗다.
→ 물은 수소 결합을 하므로 다른 물질에 비해 표면 장력이 크다.
- ④ 물은 소금과 같은 이온 결합 물질을 잘 녹인다.
→ 물이 소금과 같은 이온 결합 물질을 잘 녹이는 까닭은 물이 극성을 띠기 때문이다.
- ⑤ 나무 뿌리에서 흡수된 물이 나무 꼭대기까지 올라간다.
→ 물은 수소 결합에 의해 응집력과 모세관과의 부착력이 커서 모세관 현상이 잘 일어난다.

02 | 선택지 분석 |

- ㉠ 얼음이 녹으면 결합 a의 평균 수는 감소한다.
→ 얼음이 녹으면 분자 간 힘인 수소 결합의 일부가 끊어진다.
- ㉡ 물이 전기 분해될 때 결합 b가 끊어진다.
→ 물이 전기 분해될 때 물 분자를 형성하는 수소 원자와 산소 원자의 결합이 끊어지므로 공유 결합인 결합 b가 끊어진다.
- ㉢ 얼음이 물에 뜨는 까닭은 물이 얼 때 결합 a를 최대한 하기 위해 결정 내에 빈 공간이 생기기 때문이다.
→ 물이 얼 때 수소 결합(결합 a)을 최대한 하기 위해 결정 내에 빈 공간이 생겨 부피가 증가하므로 밀도가 감소한다.

03 | 자료 분석 |



- 액체 방울의 모양이 둥글수록 표면 장력이 크다.
→ 표면 장력은 $A > B > C$ 이다.
- 표면 장력은 분자 간 힘이 클수록 크다.
→ 분자 간 힘은 $A > B > C$ 이다.

| 선택지 분석 |

- ㉠ A는 B보다 표면 장력이 크다.
→ 같은 온도에서 액체 방울의 모양이 더 둥근 A의 표면 장력이 B보다 크다.
- ㉡ 액체 상태에서 분자 간 힘은 B가 C보다 크다.
→ 표면 장력은 $B > C$ 이므로 분자 간 힘도 B가 C보다 크다.

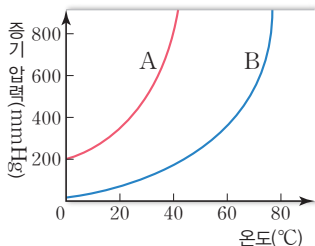
- ✗ 50 °C에서 A로 실험하면 액체 방울의 모양이 더 **둥글**
납작하다.
- 온도가 높을수록 분자 간 힘이 작아지므로 50 °C에서 실험하면 액체 방울의 모양이 납작해진다.

04 | 선택지 분석 |

- ① 얼음의 온도가 높아지면 부피가 **감소**한다.
→ -4 °C ~ 0 °C에서 온도가 높아질 때 밀도가 감소하는 것으로 보아 부피가 증가한다.
- ② a → b로 될 때 결합 A의 평균 수가 **감소**한다.
→ 얼음이 녹아 물로 상태가 변해도 물 분자를 형성하는 공유 결합인 결합 A의 수는 변하지 않는다.
- ③ a → b로 될 때 물 분자 배열의 규칙성이 **증가**한다.
→ a → b로 될 때 얼음이 녹아 물로 되므로 물 분자의 배열이 다소 불규칙하게 된다.
- ④ b → c로 될 때 1g의 부피는 **증가**한다.
→ b → c로 될 때 물의 밀도가 증가하므로 1g의 부피는 감소한다.
- ✓ b → c로 될 때 결합 B의 평균 수가 감소한다.
→ b → c로 될 때 수소 결합의 일부가 끊어지면서 부피가 감소하는 효과가 온도 증가에 따른 물의 부피 증가 효과보다 크므로 밀도가 증가한다.

05 물보다 밀도가 큰 금속 바늘을 물 위에 띄울 수 있는 까닭은 물의 표면 장력이 크기 때문이다. 물은 수소 결합을 하므로 다른 액체 물질에 비해 표면 장력이 크다.

06 | 자료 분석 |

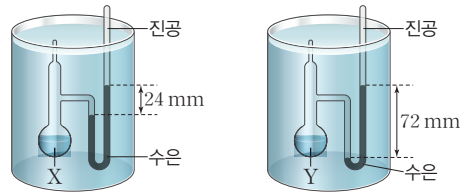


- 같은 온도에서 증기 압력의 크기: $A > B$
→ 동적 평형 상태에서 증기 분자 수는 $A > B$ 이다.
→ 증발 속도는 $A > B$ 이다.
- 증기 압력이 클수록 증발하기 쉽다.
→ 분자 간 힘이 작다. → 기준 끓는점이 낮다.

| 선택지 분석 |

- ㉠ 20 °C에서 증발 속도
→ 20 °C에서 증기 압력이 큰 A가 B보다 증발 속도가 빠르다.
- ✗ 분자 간 힘
→ 증기 압력이 작은 B가 A보다 분자 간 힘이 크다.
- ✗ 기준 끓는점
→ 분자 간 힘이 큰 B가 A보다 기준 끓는점이 높다.

07 | 자료 분석 |

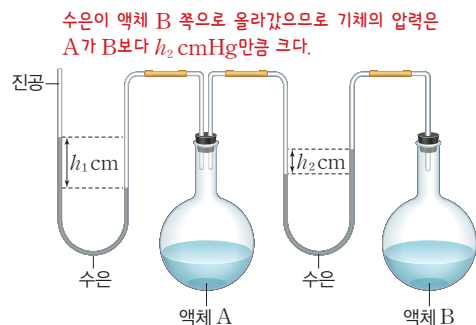


- 25 °C에서 X의 증기 압력은 24 mmHg이고, Y의 증기 압력은 72 mmHg이다.
- 액체의 증기 압력이 외부 압력과 같을 때 액체 내부에서도 기화가 일어나 끓는다.

| 선택지 분석 |

- ㉠ 25 °C에서 X의 증기 압력은 24 mmHg이다.
→ 25 °C에서 동적 평형에 도달했을 때 X의 증기가 나타내는 압력은 X의 증기 압력이므로 X의 증기 압력은 24 mmHg이다.
- ㉡ 외부 압력이 72 mmHg일 때 Y의 끓는점은 25 °C이다.
→ 25 °C에서 Y의 증기 압력이 72 mmHg이므로 외부 압력이 72 mmHg일 때 25 °C에서 Y가 끓는다.
- ✗ 기준 끓는점은 Y가 X보다 **낮**다.
→ 증기 압력은 Y가 X보다 크므로 분자 간 힘은 X가 Y보다 크고, 기준 끓는점도 X가 Y보다 높다.

08 | 자료 분석 |



- t °C에서 A의 증기 압력은 h_1 cmHg이다.
- A의 증기 압력 = B의 증기 압력 + h_2 cmHg

| 선택지 분석 |

- ㉠ t °C에서 B의 증기 압력은 $(h_1 - h_2)$ cmHg이다.
→ B의 증기 압력 = A의 증기 압력 - h_2 cmHg이고, A의 증기 압력은 h_1 cmHg이므로 B의 증기 압력은 $(h_1 - h_2)$ cmHg이다.
- ㉡ 증발 속도는 A가 B보다 빠르다.
→ 증기 압력은 A가 B보다 크므로 동적 평형 상태에서 용기 내에 더 많은 A의 증기 분자가 있다. 따라서 증발 속도는 A가 B보다 빠르다.
- ✗ 기준 끓는점은 A가 B보다 **낮**다.
→ 증기 압력은 A가 B보다 크므로 기준 끓는점은 A가 B보다 낮다.

09 | 선택지 분석 |

X 기준 끓는점은 A가 B보다 ^높다.

⇒ 증기 압력 측정 장치에서 수은 기둥의 높이 h 가 클수록 증기 압력이 크다. 즉 증기 압력은 A가 B보다 크므로 분자 간 힘은 B가 A보다 크고, 기준 끓는점은 B가 A보다 높다.

X A(g)의 응축 속도는 t_1 에서와 t_2 에서 ^{t_1 에서 더 작}같다.

⇒ 일정한 온도에서 증발 속도는 일정하고, 응축 속도는 증기 분자 수에 비례한다. 따라서 응축 속도는 t_1 에서와 t_2 에서보다 느리다.

㉠ A 30 mL를 넣고 실험해도 t_2 에서 측정되는 h 는 a이다.

⇒ 액체의 증기 압력은 액체의 양에 관계없이 온도에 의해서만 결정되므로 A 30 mL를 넣고 실험해도 측정되는 h 는 a이다.

도전! 실력 올리기

058쪽~059쪽

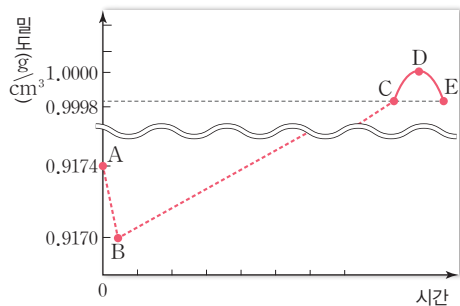
01 ⑤ 02 ③ 03 ④ 04 ② 05 ① 06 ②

07 (1) (가) 물, (나) 얼음

(2) | **모범 답안** | 0 °C 얼음에서는 물 분자들이 수소 결합에 의해 빈 공간이 있는 육각형으로 배열한다. 얼음이 녹아 0 °C의 물이 될 때 수소 결합의 일부가 끊어지면서 빈 공간을 채우므로 부피가 감소하여 밀도가 증가한다.

08 | **모범 답안** | $B > A$, A의 증기 압력 + h_1 cmHg = 76 cmHg, B의 증기 압력 + h_2 cmHg = 76 cmHg이다. 이때 $h_1 < h_2$ 이므로 증기 압력은 A가 B보다 크다. 증기 압력이 클수록 분자 간 힘이 작으므로 기준 끓는점이 낮다.

01 | 자료 분석 |



- A → B에서는 온도가 증가하므로 부피가 증가한다.
- B → C에서는 얼음이 녹으면서 수소 결합의 일부가 끊어지고 이에 따라 부피가 감소한다.
- C → D에서는 수소 결합이 끊어지면서 부피가 감소하는 효과가 온도 증가에 따른 부피 증가 효과보다 크므로 밀도가 증가한다.
- D → E에서는 온도가 증가하여 부피가 증가한다.

| 선택지 분석 |

㉠ 분자당 평균 수소 결합 수는 $B > C$ 이다.

⇒ B는 0 °C 얼음이고, C는 0 °C 물이므로 분자당 수소 결합 수는 $B > C$ 이다.

㉠ 1g의 부피는 $A > D$ 이다.

⇒ 밀도는 부피에 반비례하므로 1g의 부피는 $A > D$ 이다.

㉠ 표면 장력은 $D > E$ 이다.

⇒ 표면 장력은 분자 간 힘에 의해 나타나는 성질이다. 온도가 높을수록 분자 간 힘이 작아지므로 표면 장력은 $D > E$ 이다.

02 | 선택지 분석 |

㉠ 부피가 증가한다.

⇒ 물이 얼면 수소 결합에 의해 육각형 모양으로 분자들이 배열하여 결정 내에 빈 공간이 커지므로 부피가 증가한다.

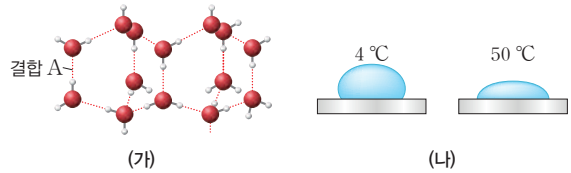
X 결합 A의 수가 ^{일정하다}감소한다.

⇒ 물이 얼어도 물 분자 수는 일정하므로 물 분자를 형성하는 공유 결합인 결합 A의 수는 일정하다.

㉠ 결합 B의 수가 증가한다.

⇒ 물이 얼면 분자 당 수소 결합 수가 증가한다.

03 | 자료 분석 |



- 결합 A는 분자 간 힘인 수소 결합이다.
- 물 방울의 모양이 둥글수록 표면 장력이 크다.
→ 표면 장력은 4 °C 물이 50 °C 물보다 크다.

| 선택지 분석 |

X 얼음이 녹을 때 결합 A가 ^{일부가}모두 끊어진다.

⇒ 얼음이 녹을 때 수소 결합의 일부가 끊어진다. 물이 기화할 때 수소 결합이 모두 끊어진다.

㉠ 1g의 부피는 0 °C 얼음이 4 °C 물보다 크다.

⇒ 밀도는 얼음이 물보다 작으므로 1g의 부피는 0 °C 얼음이 4 °C 물보다 크다.

㉠ 표면 장력은 4 °C 물이 50 °C 물보다 크다.

⇒ 물방울이 모양이 더 둥근 4 °C 물이 50 °C 물보다 표면 장력이 크다.

04 | 선택지 분석 |

X A는 ^물얼음이다.

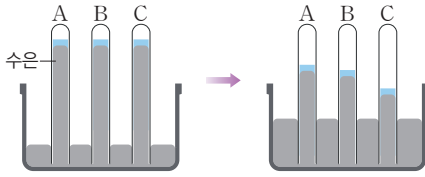
⇒ 일정한 질량의 물의 부피는 기체 > 고체 > 액체이다. A는 물, B는 얼음, C는 수증기이다.

X 밀도는 ^AB가 가장 크다.

⇒ 밀도는 단위 질량의 부피가 가장 작은 A가 가장 크다.

㉠ A → B 과정에서 분자당 수소 결합의 평균 수가 증가한다.

⇒ A → B는 물이 얼어 얼음이 되는 과정이므로 분자당 수소 결합 수가 증가한다.



- 수은이 가득 들어 있는 유리관에 액체를 소량 넣으면 액체가 수은 기둥 위로 올라간다.
→ 액체의 밀도가 수은보다 작기 때문이다.
- 각 액체가 증발하고 충분한 시간이 지난 후 동적 평형에 도달하여 일정한 증기 압력을 갖는다.
- 대기압이 일정하므로 각 유리관에서는 '증기 압력+수은 기둥의 높이 차에 의한 압력=대기압'이다. → 증기 압력의 크기: $C > B > A$

| 선택지 분석 |

- ✗ 25 °C에서 증기 압력은 A가 가장 크다.
→ 증기 압력은 수은 기둥이 가장 많이 밀려난 C가 가장 크다.
- 분자 간 힘은 B가 C보다 크다.
→ 증기 압력은 $B < C$ 이므로 분자 간 힘은 B가 C보다 크다.
- ✗ 기준 끓는점은 C가 가장 높다.
→ 기준 끓는점은 증기 압력이 가장 작은 A가 가장 높다.

06 | 선택지 분석 |

- ✗ (가)에서 물의 증기 압력은 1기압이다.
→ (가)는 열린 용기에 물이 들어 있으므로 동적 평형에 도달하지 않는다. 따라서 물의 증기 압력을 측정할 수 없다.
- ✗ (나)에서 물의 증기 압력은 1기압보다 작다.
→ (나)에서 H_2O 의 온도는 90 °C이고, 90 °C에서 끓고 있으므로 물의 증기 압력은 1기압보다 작다.
- (다)에서 H_2O 의 증발 속도와 응축 속도는 같다.
→ (나)에서는 물이 끓고 있으므로 증발과 응축이 동적 평형을 이루고 있다. 따라서 H_2O 의 증발 속도와 응축 속도는 같다.

- 07 (1) 물 분자의 배열이 규칙적인 (나)는 고체 상태인 얼음이고, (가)는 액체 상태인 물이다.
(2) 얼음은 수소 결합에 의해 빈 공간이 많은 육각형 구조를 이루므로 부피가 크다. 얼음이 녹아 물로 될 때는 수소 결합의 일부가 끊어져 빈 공간을 채우므로 부피가 감소한다.

채점 기준	배점
0 °C 얼음에서는 물 분자가 수소 결합에 의해 빈 공간이 있는 육각형으로 배열하고, 0 °C 물이 될 때 수소 결합의 일부가 끊어져 부피가 감소한다고 서술한 경우	100 %
0 °C 얼음에서 0 °C 물이 될 때 부피가 감소한다고 서술한 경우	50 %

- 08 각 측정 장치에서 대기압은 1기압으로 같으므로 유리관 속 압력은 대기압과 같다. 따라서 '대기압=수은 기둥의 높이 차에 의한 압력+증기 압력'이므로 수은 기둥의 높이 차가 클수록 증기 압력이 작다. 증기 압력이 작을수록 분자 간 힘이 크고, 기준 끓는점이 높다.

채점 기준	배점
기준 끓는점을 옮겨 비교하고, 각 실험에서 A와 B의 증기 압력 식을 써서 증기 압력이 A가 B보다 크고, 이로부터 분자 간 힘이 A가 B보다 작다고 서술한 경우	100 %
기준 끓는점이 B가 A보다 크다고만 쓴 경우	50 %

03 ~ 고체

개념 POOL

062쪽

01 (1) × (2) ○ (3) ○

- 01 (1) A는 체심 입방 구조이다.

꼭꼭! 개념 확인하기

063쪽

✓ 잠깐 확인

1 결정성 2 이온, 높 3 분자, 낮 4 공유(원자), 높 5 금속, 낮 6 단순 입방, 1 7 체심 입방, 2 8 면심 입방, 4

01 (1) ○ (2) ○ (3) × 02 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) ×

03 (1) (다) (2) (가) (3) (나) 04 (1) 체심 입방 구조 (2) 2

- 01 (3) 결정성 고체는 입자 간 힘이 균일하므로 녹는점이 일정하고, 비결정성 고체는 입자 간 힘이 균일하지 않으므로 녹는점이 일정하지 않다.

- 02 (1) (가)와 (나)의 구성 원소는 같으므로 화학식은 SiO_2 로 같다.

- (2) (가)는 구성 입자의 배열이 규칙적이므로 결정성 고체이고, (나)는 구성 입자의 배열이 불규칙적이므로 비결정성 고체이다.

- (3) (가)는 구성 입자의 배열이 규칙적이므로 입자 간 거리가 모두 같다.

- (4) (가)는 구성 입자 간 결합력이 일정하므로 녹는점이 일정하고, (나)는 구성 입자 간 결합력이 다르므로 녹는점이 일정하지 않다.

- 03 (가)~(다)는 순서대로 금속 결정, 공유(원자) 결정, 이온 결정이다.

- (1) 각 결정에 힘을 가하면 (가)는 전성이 있어 변형되고, (나)는 원자 사이의 결합력이 매우 커서 부서지지 않는다. 반면 (다)는 이온 결정으로 힘을 받은 이온 층이 밀려 같은 전하를 띤 이온 사이의 반발력이 작용하여 부서진다.
- (2) 고체 상태에서 전기 전도성이 있는 것은 금속 결정인 (가)이다.
- (3) 공유(원자) 결정은 입자 간 결합력이 (가)~(다) 중 가장 커서 녹는점이 가장 높다.

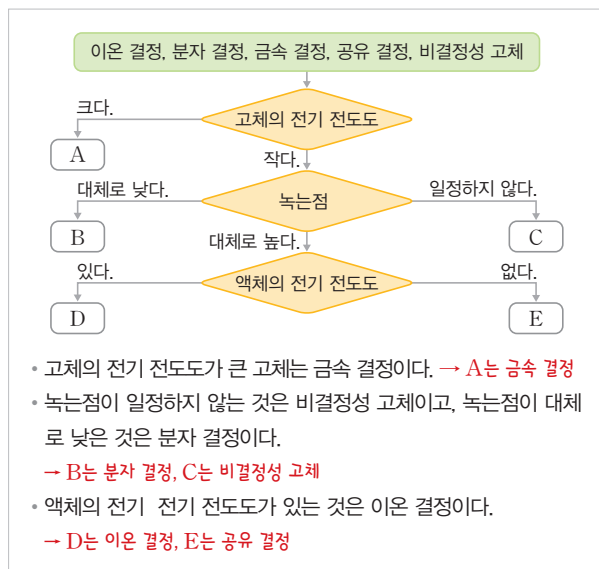
- 04 (2) $\frac{1}{8}$ 입자가 8개의 꼭짓점에 있고, 중심에 입자 1개가 있다.

01 ⑤ 02 ② 03 ⑤ 04 ③

01 | 선택지 분석 |

- ① 석영 유리는 결정성 고체이다.
 → 석영 유리는 구성 입자의 배열이 불규칙하므로 비결정성 고체이다.
- ② 석영 유리는 공유 결정이다.
 → 석영 유리는 결정이 아니다.
- ③ 다이아몬드는 분자 결정이다.
 → 다이아몬드는 구성 입자가 원자이므로 공유 결정이다.
- ④ 얼음은 공유 결정이다.
 → 얼음은 분자로 이루어진 분자 결정이다.
- ⑤ 녹는점은 다이아몬드가 얼음보다 높다.
 → 공유 결정이 분자 결정보다 입자 간 힘이 더 크므로 녹는점은 다이아몬드가 얼음보다 높다.

02 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- ① A에는 자유 전자가 있다.
 → A는 금속 결정으로 자유 전자가 있다.
- ② C는 입자 사이의 거리가 일정하다.
 → C는 비결정성 고체이므로 입자 사이의 거리가 일정하지 않다.
- ③ D는 양이온과 음이온으로 구성된다.
 → D는 이온 결정으로 양이온과 음이온으로 구성된다.
- ④ 외부에서 힘을 가하면 D는 A보다 부서지기 쉽다.
 → 이온 결정인 D에 힘을 가하면 힘을 받는 이온 층이 밀려 같은 전하를 띤 이온 사이에 반발력이 작용하므로 쉽게 부서진다. 금속 결정인 A에 힘을 가하면 변형만 일어나고 부서지지 않는다.
- ⑤ B와 E의 화학 결합의 종류는 같다.
 → B와 E는 모두 공유 결합 물질이다.

03 | 선택지 분석 |

- ㉠ (가)는 단순 입방 구조이다.
 → (가)는 입자가 정육면체의 꼭짓점에 위치하므로 단순 입방 구조이다.
- ㉡ (나)에서 단위 세포에 포함된 입자 수는 2이다.
 → (나)에서 각 꼭짓점에 위치한 입자 수는 $\frac{1}{8} \times 8$ 이고, 중심에 입자 1개가 위치하므로 단위 세포에 포함된 입자 수는 2이다.
- ㉢ 단위 세포에 포함된 입자 수는 (다)가 (가)의 4배이다.
 → (다)는 면심 입방 구조로 단위 세포에 포함된 입자 수는 $\frac{1}{8} \times 8 + \frac{1}{2} \times 6 = 4$ 이다. 또한 (가)의 단위 세포에 포함된 입자 수는 $\frac{1}{8} \times 8 = 1$ 이다.

04 | 선택지 분석 |

- ㉠ (가)는 이온 결정이다.
 → (가)는 양이온과 음이온으로 이루어진 이온 결정이다.
- ㉡ (나)는 공유(원자) 결정이다.
 → (나)는 구성 입자가 원자인 공유(원자) 결정이다.
- ㉢ 힘을 가하면 (가)와 (나)는 모두 잘 부서지지 않는다.
 → (가)는 힘을 받으면 쉽게 부서지지만, (나)는 매우 단단하여 잘 부서지지 않는다.

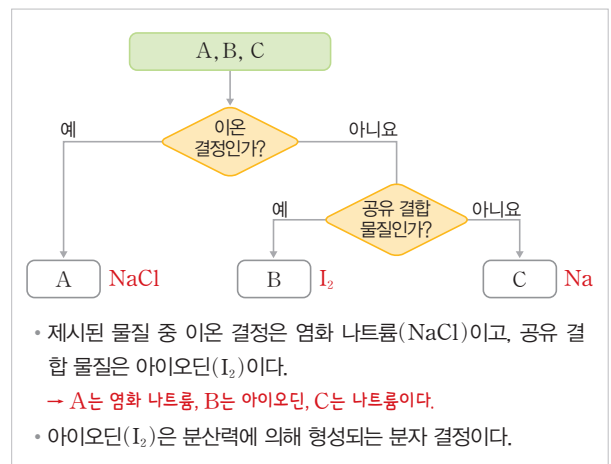
도전! 실력 올리기

065쪽

01 ⑤ 02 ① 03 ③

- 04 | 모범 답안 | (가)는 결정성 고체이고, (나)는 비결정성 고체이다. 결정성 고체는 녹는점이 일정하고, 비결정성 고체는 녹는점이 일정하지 않다. (다)에서 고체를 가열하면 녹는점에서 부피가 증가하여 밀도가 감소하는데, A의 경우 밀도가 감소하는 온도가 일정하고 B의 경우는 일정하지 않다. 따라서 A는 결정성 고체인 (가)이고, B는 비결정성 고체인 (나)이다.

01 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- ㉠ 녹는점은 A가 B보다 높다.

→ 녹는점은 이온 결정인 A가 분자 결정인 B보다 높다.

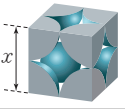
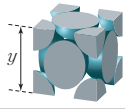
ㄴ 연성이 있는 것은 C이다.

→ 금속인 C는 연성이 있다.

ㄷ 전기 전도도는 C가 A보다 크다.

→ 전기 전도도는 금속 결정인 C가 이온 결정인 A보다 크다.

02 | 자료 분석 |

원자	A	B
단위 세포의 질량 (상댓값)	1	8
단위 세포		

• A는 단순 입방 구조이다.

→ 단위 세포에 포함된 원자 수는 $\frac{1}{8} \times 8 = 1$ 이다. 한 원자에 가장 인접한 원자 수는 6이다.

• B는 면심 입방 구조이다.

→ 단위 세포에 포함된 원자 수는 $\frac{1}{8} \times 8 + \frac{1}{2} \times 6 = 4$ 이다.
한 원자에 가장 인접한 원자 수는 12이다.

| 선택지 분석 |

ㄱ B의 단위 세포에서 한 원자에 가장 인접한 원자 수는 12이다.

→ B에서 각 원자 1개에 가장 인접한 원자 수는 12이다.

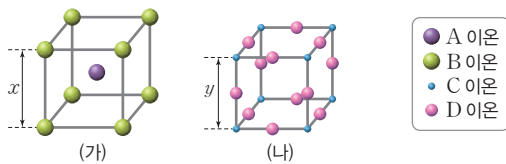
✗ 단위 세포에 포함된 원자 수는 B가 A의 2배이다.

→ 단위 세포에 포함된 원자 수는 B가 4이고, A가 1이다.

✗ 원자량은 B가 A의 4배이다.

→ 단위 세포에 포함된 A 원자 수는 1이고, B 원자 수는 4이며, 단위 세포의 질량이 A에서 1일 때 B에서 8이다. 각 원자 1개의 질량의 상대값은 A가 1일 때 B가 2이므로 원자량은 B가 A의 2배이다.

03 | 자료 분석 |



• (가)에서 단위 세포에 포함된 A 이온 수는 1이고, B 이온 수는 $\frac{1}{8} \times 8 = 1$ 이다.

• (나)에서 C 이온은 정육면체의 각 꼭짓점에 위치하므로 단위 세포에 포함된 이온 수는 $\frac{1}{8} \times 8 = 1$ 이다. D 이온은 정육면체의 각 모서리에 위치하므로 단위 세포에 포함된 이온 수는 $\frac{1}{4} \times 12 = 3$ 이다.

| 선택지 분석 |

ㄱ (가)의 단위 세포에 포함된 이온 수는 2이다.

→ (가)의 단위 세포에 포함된 이온 수는 2이다.

ㄴ (가)에서 양이온의 전하의 절댓값은 음이온의 전하의 절댓값과 같다.

→ (가)에서 양이온인 A 이온과 음이온인 B 이온이 1 : 1의 개수 비로 포함되어 있으므로 각 이온의 전하량은 같다.

✗ (나)의 화학식은 CD_3 이다.

→ (나)에서 양이온인 C 이온 수는 1이고, 음이온인 D 이온 수는 3이므로 화학식은 CD_3 이다.

04 (가)는 구성 입자들의 배열이 규칙적인 결정성 고체, (나)는 구성 입자들의 배열이 불규칙적인 비결정성 고체이다. 결정성 고체는 구성 입자 간 결합력이 일정하므로 녹는점이 일정하고, 비결정성 고체는 구성 입자 간 결합력이 다르므로 녹는점이 일정하지 않다. 녹는점에서는 가열하여도 온도가 일정하게 유지된다.

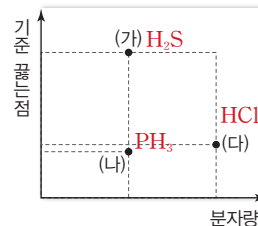
채점 기준	배점
온도에 따른 밀도 변화와 고체의 녹는점을 언급하고 A, B를 각각 (가)와 (나)로 옮겨 연결하여 서술한 경우	100%
A, B를 각각 (가)와 (나)로 연결하였으나 녹는점에 대한 서술이 누락된 경우	40%

실전! 수능 도전하기

067쪽~070쪽

01 ㉔ 02 ㉔ 03 ㉔ 04 ㉔ 05 ㉔ 06 ㉔ 07 ㉔ 08 ㉔
09 ㉔ 10 ㉔ 11 ㉔ 12 ㉔ 13 ㉔ 14 ㉔ 15 ㉔ 16 ㉔

01 | 자료 분석 |



• P, S, Cl의 수소 화합물의 분자식은 각각 PH_3 , H_2S , HCl 이다.

→ 각 화합물의 분자량은 $PH_3 = H_2S < HCl$ 이다.

• 전기 음성도는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 크므로 $P < S$ 이고, 분자의 쌍극자 모멘트는 $H_2S > PH_3$ 이다.

• (가)와 (나)는 분자량이 같으므로 기준 끓는점 차이는 쌍극자·쌍극자 힘으로 설명할 수 있다. → (가)는 H_2S , (나)는 PH_3 이다.

| 선택지 분석 |

✗ 분자 사이의 힘은 (타)가 가장 크다.

→ 분자 사이의 힘은 기준 끓는점이 가장 높은 (가)가 가장 크다.

ㄴ HF의 기준 끓는점은 (다)보다 높다.

→ (다)는 HCl 이다. HF는 수소 결합이 존재하므로 기준 끓는점은 (다)보다 높다.

ㄷ 쌍극자·쌍극자 힘은 (가)가 (나)보다 크다.

→ (가)와 (나)는 극성 분자이고 분자량이 같아 분산력은 비슷한데, 기준 끓는점은 (가)가 (나)보다 높으므로 쌍극자·쌍극자 힘은 (가)가 (나)보다 크다.

02 | 선택지 분석 |

㉠ X는 F이다.

→ HF와 HCl 중 분자 간 힘은 수소 결합이 존재하는 HF가 HCl보다 더 크므로 기준 끓는점이 높은 HX가 HF이다.

㉡ $a < -34$ 이다.

→ 분자량은 $X_2 < Y_2$ 이므로 분자 간 힘은 $X_2 < Y_2$ 이다. 따라서 $a < -34$ 이다.

㉢ 액체 상태에서 HX 분자 사이에 분산력이 존재한다.

→ 분산력은 모든 분자에 작용하는 힘이므로 HX에도 분산력이 존재한다.

03 | 선택지 분석 |

㉠ $t < 16.6$ 이다.

→ (가)는 (다)보다 분자량이 작으므로 분산력은 (다)가 (가)보다 크다. 또한 (다)는 분자 간 수소 결합이 작용하므로 (가)의 기준 끓는점은 (다)보다 낮다.

❌ 액체 분자 사이의 분산력은 (가)가 (라)보다 ~~크다~~.

→ 분자량은 (라)가 (가)보다 크므로 분산력은 (가)가 (라)보다 작다.

㉢ 액체 분자 사이의 인력은 (다)가 (나)보다 크다.

→ 액체 분자 사이의 인력은 기준 끓는점이 높은 (다)가 (나)보다 크다.

04 C, N, O, Si, P의 수소 화합물의 분자식은 각각 CH_4 , NH_3 , H_2O , SiH_4 , PH_3 이다. 분자를 구성하는 수소 원자 수가 가장 작은 것은 H_2O 이다. 분자당 원자 수는 (CH_4 , SiH_4)이 (NH_3 , PH_3)보다 크다. (나)인 H_2O 와 중심 원자가 같은 주기 원소인 것은 CH_4 , NH_3 이다. 따라서 (가)는 SiH_4 , (나)는 H_2O , (다)는 CH_4 , (라)는 NH_3 , (마)는 PH_3 이다.

| 선택지 분석 |

㉠ 액체 상태에서 (나)는 수소 결합을 한다.

→ (나)는 H_2O 이므로 수소 결합을 한다.

㉡ 분산력은 (가)가 (다)보다 크다.

→ 분자량은 SiH_4 이 CH_4 보다 크므로 분산력은 (가)가 (다)보다 크다.

㉢ 기준 끓는점은 (라)가 (마)보다 높다.

→ NH_3 는 수소 결합이 존재하므로 PH_3 보다 기준 끓는점이 높다.

05 | 선택지 분석 |

㉠ $x > -42$ 이다.

→ (가)와 (나)는 분자량이 비슷하므로 분산력의 크기도 비슷하다. 그러나 (가)는 무극성 분자로 분산력만 존재하고, (나)는 극성 분자로 분산력과 쌍극자·쌍극자 힘이 존재한다. 따라서 분자 간 힘은 (나)가 (가)보다 크므로 기준 끓는점은 (나)가 (가)보다 높다.

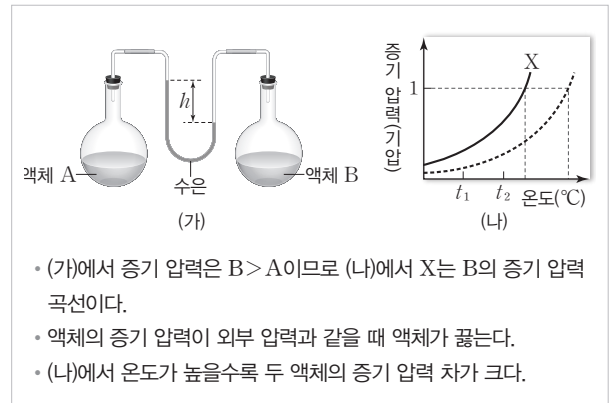
❌ 분산력이 작용하는 것은 ~~1~~ ³가지이다.

→ 분산력이 작용하는 것은 (가)~(다) 3가지이다.

㉢ 액체 상태에서 (다)는 수소 결합이 존재한다.

→ (다)에는 $-OH$ 부분이 있으므로 수소 결합이 존재한다.

06 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

❌ X는 A의 증기 압력 곡선이다.

→ (나)에서 X는 B의 증기 압력 곡선이다.

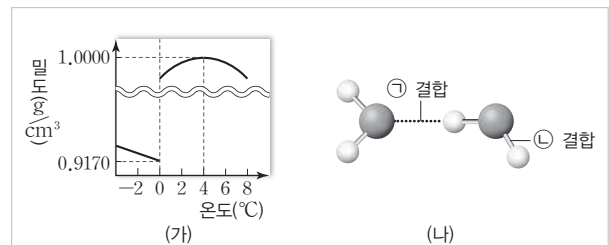
❌ B의 기준 끓는점은 t_2 °C이다.

→ B의 기준 끓는점은 B의 증기 압력이 1기압일 때의 온도이므로 t_2 °C보다 높다.

㉢ (가)에서 t_1 °C 대신 t_2 °C에서 실험하면 h가 증가한다.

→ 온도가 높을수록 두 액체의 증기 압력 차가 크므로 t_1 °C 대신 t_2 °C에서 실험하면 h가 증가한다.

07 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

㉠ 0 °C에서 $H_2O(s)$ 의 밀도가 $H_2O(l)$ 의 밀도보다 작은 것은 ㉠ 결합과 관련있다.

→ 0 °C에서 얼음의 부피가 물보다 큰 것은 수소 결합, 즉 ㉠ 결합과 관련있다.

❌ 0 °C에서 ㉡ 결합 수는 $H_2O(l)$ 1g에서가 $H_2O(s)$ 1g에서보다 ~~크다~~.

→ 물의 상태가 변해도 공유 결합 수는 변하지 않는다.

㉢ $H_2O(l)$ 1g의 부피는 0 °C에서가 4 °C에서보다 크다.

→ 밀도가 클수록 같은 질량의 부피가 작다. (가)에서 밀도는 4 °C에서가 0 °C에서보다 크므로 1g의 부피는 0 °C에서가 4 °C에서보다 크다.

08 | 선택지 분석 |

✗ (나)에서 얼음이 물 위에 떠 있는 것은 (가)의 결합 a와 b 관련있다.

→ (나)에서 얼음이 물 위에 떠 있는 것은 물이 얼 때 수소 결합에 의해 부피가 팽창하기 때문이다. 즉 결합 b와 관련있다.

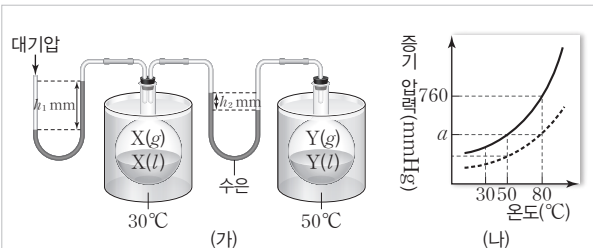
ㄴ (다)에서 물이 끓어 수증기로 될 때 결합 b가 끊어진다.

→ 물이 기화하여 수증기로 될 때 분자 간 결합인 결합 b가 끊어진다.

✗ 0 °C, 1기압에서 단위 부피당 H₂O 분자 수는 고체에서 액체에서보다 크다.

→ 밀도는 0 °C 얼음이 0 °C 물보다 작으므로 단위 부피당 질량은 0 °C 얼음이 0 °C 물보다 작다.

09 | 자료 분석 |



• 30 °C에서 X의 증기 압력은 대기압보다 수은 기둥의 높이 차에 해당하는 압력만큼 작다.

→ 30 °C에서 X의 증기 압력 = (760 - h₁) mmHg이다.

• 50 °C에서 Y의 증기 압력은 X보다 수은 기둥의 높이 차에 해당하는 압력만큼 크다.

→ 50 °C에서 Y의 증기 압력 = 30 °C X의 증기 압력 + h₂ mmHg
= 760 - h₁ + h₂ mmHg

• (가)에서 30 °C에서 X의 증기 압력이 50 °C에서 Y의 증기 압력보다 작다. → (나)에서 위쪽 그래프는 Y의 증기 압력 곡선이다.

✗ 30 °C에서 X의 증기 압력은 h₁ mmHg이다.

→ 30 °C에서 X의 증기 압력은 (760 - h₁) mmHg이다.

ㄴ (나)에서 a = 760 - h₁ + h₂이다.

→ (나)에서 위쪽 그래프는 Y의 증기 압력 곡선이다. a는 50 °C에서 Y의 증기 압력이므로 a = 760 - h₁ + h₂이다.

ㄷ Y의 기준 끓는점은 80 °C이다.

→ Y의 증기 압력이 760 mmHg일 때의 온도가 Y의 기준 끓는점이다.

10 | 선택지 분석 |

✗ 분자 간 힘은 A가 가장 크다.

→ 분자 간 힘은 같은 온도에서 증기 압력이 가장 작은 C가 가장 크다.

ㄴ 기준 끓는점은 C가 가장 높다.

→ 액체의 증기 압력이 1기압일 때의 온도가 기준 끓는점이므로 기준 끓는점은 C가 가장 높다.

ㄷ ㉠의 온도와 압력에서 액체 상태로 존재하는 것은 2가지이다.

→ 증기 압력은 일정한 온도에서 액체의 증발 속도와 증기의 응축 속도가 동적 평형을 이룰 때 증기가 나타내는 압력이므로, 증기 압력 곡선 상에서는 액체와 기체가 함께 존재하고 증기 압력보다

낮은 압력에서는 기체 상태로, 증기 압력보다 높은 압력에서는 액체 상태로 존재한다.

11 | 자료 분석 |



• NH₃는 수소 결합이 존재하고 N₂는 무극성 분자이므로 분자 간 힘은 NH₃가 N₂보다 크다. → 기준 끓는점이 높은 B가 NH₃이다.

| 선택지 분석 |

ㄱ A는 N₂이다.

→ A의 기준 끓는점이 B보다 낮으므로 A는 N₂이다.

ㄴ 액체 상태에서 NO 분자 사이에 쌍극자-쌍극자 힘이 존재한다.

→ NO는 극성 분자이므로 분자 사이에 쌍극자-쌍극자 힘이 존재한다.

ㄷ 액체 상태에서 B 분자 사이에 분산력이 존재한다.

→ 분산력은 모든 분자에 존재하므로 B 분자 사이에도 분산력이 존재한다.

12 제시된 3가지 고체 물질 중 양이온이 존재하는 고체는 이온 결정인 염화 나트륨이고, 구성 입자가 분자인 것은 분자 결정인 아이오딘이다. 따라서 (가)는 염화 나트륨, (나)는 아이오딘, (다)는 흑연이다.

| 선택지 분석 |

ㄱ (가)는 힘을 받으면 부서지기 쉽다.

→ (가)는 이온 결정으로, 힘을 받으면 부서지기 쉽다.

ㄴ (다)의 구성 입자는 원자이다.

→ (다)는 공유(원자) 결정이므로, 구성 입자는 원자이다.

ㄷ 녹는점은 (다)가 (나)보다 높다.

→ 구성 입자 간 인력은 (나)가 분산력, (다)가 공유 결합력이므로 녹는점은 (다)가 (나)보다 높다.

13 | 선택지 분석 |

ㄱ A는 공유 결합 물질이다.

→ 분자 결정인 A의 구성 입자는 공유 결합으로 이루어진 분자이다.

ㄴ 녹는점은 B가 A보다 크다.

→ 분자 결정을 제외한 공유 결합 물질은 구성 원자가 공유 결합으로 형성된 공유(원자) 결정이다. 따라서 녹는점은 공유(원자) 결정인 B가 분자 결정인 A보다 높다.

ㄷ '구리'는 C로 적절하다.

→ C는 원자 결정과 분자 결정을 제외한 이온 결정, 금속 결정 등의 결정성 고체이므로 '구리'가 적절하다.

14 | 선택지 분석 |

✗ (다)는 (가)의 단면이다.

→ (다)는 단위 세포의 중심을 지나는 면이고, 면의 가운데에 원자가 존재하지 않으므로 (나)에 해당한다.

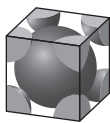
㉠ 단위 세포에 포함된 원자 수는 (나)가 (가)의 2배이다.

→ (가)는 체심 입방 구조이므로 단위 세포에 포함된 원자 수는 $\frac{1}{8} \times 8 + 1 = 2$ 이다. 또한 (나)는 면심 입방 구조이므로 단위 세포에 포함된 원자 수는 $\frac{1}{8} \times 8 + \frac{1}{2} \times 6 = 4$ 이다.

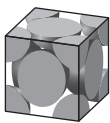
✗ 한 원자에 가장 인접한 원자 수는 (나)에서가 (가)에서의 2배이다.

1.5
→ 한 원자에 가장 인접한 원자 수는 (가)에서 8이고, (나)에서 12이다.

15 | 자료 분석 |



(가)



(나)

금속	원자량 (상댓값)	단위 세포에 포함된 원자 수
A	4	x
B	5	2

• (가)에서 원자는 정육면체의 꼭짓점과 중심에 위치한다.

→ 체심 입방 구조

• (나)에서 원자는 정육면체의 꼭짓점과 면에 위치한다.

→ 면심 입방 구조

• 단위 세포에 포함된 원자 수는 (가)에서 $\frac{1}{8} \times 8 + 1 = 2$ 이고,

(나)에서 $\frac{1}{8} \times 8 + \frac{1}{2} \times 6 = 4$ 이다.

→ A는 (나)이고, B는 (가)이다.

| 선택지 분석 |

㉠ x 는 4이다.

→ A의 결정 구조는 (나)에 해당하므로 $x=4$ 이다.

✗ B 결정에서 한 원자에 가장 인접한 원자 수는 12이다.

8
→ B의 결정 구조는 (가)에 해당하므로 한 원자에 가장 인접한 원자 수는 8이다.

✗ 단위 세포의 질량비는 A : B = 5 : 8이다.

8 : 5
→ 단위 세포에 포함된 원자 수는 A가 4, B가 2이므로 단위 세포의 질량비는 A : B = $4 \times 4 : 2 \times 5 = 8 : 5$ 이다.

16 | 선택지 분석 |

㉠ (나)에서 Cl^- 은 단순 입방 구조를 이룬다.

→ (나)에서 A 이온과 Cl^- 은 각각 단순 입방 구조를 이룬다.

㉡ (나)에서 A 이온의 전하는 +1이다.

→ (나)에서 단위 세포에 포함된 A 이온과 Cl^- 의 개수비가 1 : 1이고, 화합물은 전기적으로 중성이므로 A 이온의 전하는 +1이다.

㉢ (나)의 단위 세포에 포함된 A 이온 수 = $\frac{1}{2}$ 이다.
(가)의 단위 세포에 포함된 A 원자 수 = $\frac{1}{2}$ 이다.

→ (가)에서 A의 결정 구조는 체심 입방 구조이므로 단위 세포에 포함된 A 원자 수는 2이다. 또한 (나)의 단위 세포에서 A 이온은 정육면체의 꼭짓점에 위치하므로 단위 세포에 포함된 A 이온 수는 $\frac{1}{8} \times 8 = 1$ 이다.



I. 물질의 세 가지 상태와 용액

3 >>> 용액

01~ 용액의 농도

개념 POOL

076쪽

01 ㉠ 1.84, ㉡ 1840, ㉢ 1803.2, ㉣ 18.4 02 ㄱ, ㄷ

01 용액 1 L의 질량은 용액의 부피 1000 mL에 용액의 밀도를 곱하여 구한다. 즉 용액 1 L의 질량은

$1000 \text{ mL} \times 1.84 \text{ g/mL} = 1840 \text{ g}$ 이다.

용액의 퍼센트 농도가 98 %이고, 이는 용액 100 속에 용질이 98 g이 녹아 있는 용액이므로 용액 1840 g 속에 녹아

있는 용질의 질량은 $1840 \times \frac{98}{100} = 1803.2 \text{ (g)}$ 이다. 황산

의 분자량이 98이므로 용액 속 용질의 양(mol)은

$\frac{1803.2}{98} = 18.4 \text{ (몰)}$ 이다.

02 물 농도는 용액 1 L 속에 녹아 있는 용질의 양(mol)을 나타낸 것이고, 몰랄 농도는 용매 1 kg에 녹아 있는 용질의 양(mol)을 나타낸 것이다. 즉 용액 1 L가 있다고 가정하고 용액 1 L 속 용매의 질량을 알아야 하므로 용액의 질량에서 용질의 질량을 빼서 용매의 질량을 구한다. 이때 용액의 질량을 구하기 위해 용액의 밀도가 필요하고, 용질의 질량을 구하기 위해 용질의 화학식량이 필요하다.

탐구 POOL

077쪽

01 (1) ○ (2) ○ (3) ×

01 (1) 1 M 요소 수용액 0.5 L에 들어 있는 용질의 양(mol)은 0.5몰이다. 요소의 몰 질량은 60 g/mol이므로 0.5 몰의 질량은 30 g이다.

(2) 0.5 m 수용액은 용매 1 kg에 용질 0.5몰이 녹아 있는 용액이다.

(3) 0.5 m 요소 수용액은 물 1 kg에 요소 0.5몰, 즉 요소 30 g이 녹아 있는 용액이므로 0.5 m 요소 수용액 500 g에 들어 있는 요소의 질량(x)은 다음과 같은 비례식으로 구할 수 있다.

$1030 : 30 = 500 : x, x = \frac{1500}{103} \text{ (g)}$ 이다.

따라서 이 수용액에 물 500 g을 첨가했을 때 수용액 중 용매의 질량이 물을 첨가하기 전의 2배보다 커지므로 용액의 몰랄 농도는 0.25 m보다 작다.

✓ 잠깐 확인!

1 용해 2 용액 3 퍼센트 4 ppm 5 몰, M 6 몰랄, m

01 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○ 02 (1) × (2) × (3) ○

03 (1) $\frac{10}{3}\%$ (2) 1 M (3) 0.862 m

04 (1) 6 (2) $\frac{1}{30}$ (3) 0.094 (4) $\frac{50}{141}$

01 (1) 용액은 용매와 용질이 균일하게 섞인 균일한 혼합물이므로 오랫동안 두어도 분리되지 않는다.

(3) 액체와 고체가 용액을 형성할 때 액체가 용매, 고체가 용질이 된다.

02 (1) 용질의 양(mol)을 알려면 화학식량을 알아야 한다.

(2) 용액의 온도가 변하면 부피가 변하기 때문에 용액의 몰 농도는 변한다.

03 (1) 용액의 밀도가 1.2 g/mL이므로 용액 500 mL의 질량은 $500 \text{ mL} \times 1.2 \text{ g/mL} = 600 \text{ g}$ 이다.

따라서 퍼센트 농도 = $\frac{20}{600} \times 100 = \frac{10}{3}(\%)$ 이다.

(2) NaOH의 화학식량이 40이므로 20 g은 0.5몰이다.

따라서 용액의 몰 농도는 $\frac{0.5 \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = 1 \text{ M}$ 이다.

(3) 용액 600 g 속 용질의 질량이 20 g이므로 용매의 질량은 580 g이다.

따라서 용액의 몰랄 농도는 $\frac{0.5}{0.58} = 0.862(m)$ 이다.

04 (1) 6 % 포도당 수용액 100 g 속에 녹아 있는 포도당의 질량은 6 g이다.

(2) 포도당의 분자량이 180이므로 6 g의 양(mol)은 $\frac{1}{30}$ 몰이다.

(3) 용액 100 g 속 용질의 질량이 6 g이므로 물의 질량은 94 g, 0.094 kg이다.

(4) 몰랄 농도는 $\frac{\frac{1}{30}}{0.094} = \frac{50}{141}(m)$ 이다.

01 ① 02 ④ 03 ② 04 ① 05 ㉠ a, ㉡ b, ㉢ c 06 ②

07 ① 08 ② 09 ④ 10 ① 11 ③ 12 ④ 13 ③ 14 ②

01 | 선택지 분석 |

㉠ A는 이온 결합 물질이다.

⇒ 용액에서 물 분자가 양이온과 음이온을 둘러싸고 있으므로 A는 이온 결합 물질이다.

✗ B는 무극성 물질이다.

⇒ B는 극성 물질인 물과 잘 섞이므로 극성 물질이다.

✗ 용액의 몰 농도는 A 수용액이 B 수용액보다 크다.

⇒ 이온 결합 물질은 용액에서 양이온과 음이온으로 나누어지므로 A 수용액에서 녹인 용질의 양이 3일 때 B 수용액에서는 4이다.

02 이온 결합 물질인 수산화 나트륨(NaOH)과 극성 물질인 포도당($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), 메탄올(CH_3OH)은 물에 녹아 용액을 형성한다. 그러나 무극성 물질인 벤젠(C_6H_6)은 물에 녹지 않고 물과 층을 이루므로 용액을 형성하지 않는다.

03 10 % 수용액은 용액 100 g에 용질 10 g이 녹아 있는 용액이므로 용질 5 g이 녹아 있을 때 용액의 질량은 50 g이어야 한다. 따라서 증류수의 질량 $x = 45(g)$ 이다.

0.1 M 수용액은 용액 1 L에 용질이 0.1몰 녹아 있는 용액이고, 포도당 9 g의 양은 0.05몰이므로 용액의 부피가 0.5 L가 되어야 한다. 따라서 y는 500(mL)이다.

04 | 선택지 분석 |

㉠ 퍼센트 농도는 (가)와 (나)가 같다.

⇒ (가)~(다)에서 용매의 질량과 용질의 질량이 같으므로 퍼센트 농도는 (가)~(다)에서 같다.

✗ 몰랄 농도는 (나)가 (가)의 1.5배이다.

⇒ 용질의 양은 (나)가 (가)의 $\frac{6}{5}$ 배이므로 몰랄 농도는 (나)가 (가)의 $\frac{6}{5}$ 배이다.

✗ 화학식량은 $B > C$ 이다.

⇒ 같은 질량의 용질의 양은 $B > C$ 이므로 화학식량은 $B < C$ 이다.

05 수용액의 부피를 정확하게 측정할 때 사용하는 실험 기구는 피펫이고, 피펫은 a이다. 용액을 담거나 용액을 만들 때 사용하는 실험 기구는 비커이고, 비커는 b이다. 일정한 몰 농도의 용액을 만들 때 사용하는 실험 기구는 부피 플라스크이고, 부피 플라스크는 c이다.

06 | 선택지 분석 |

✗ (가)에 녹아 있는 A의 질량은 10 g이다.

⇒ (가)의 몰랄 농도가 1 m이고, A의 화학식량이 100이므로 용매 1000 g에 녹아 있는 용질의 질량은 100 g이다. 용액 100 g에 녹아 있는 용질 A의 질량을 x라고 하면 $1100 : 100 = 100 : x$ 이므로 $x \approx 9.1$ 이다.

㉠ (나)에 녹아 있는 A의 양(mol)은 0.1몰이다.

⇒ 1 M 용액은 용액 1 L에 녹아 있는 용질의 양(mol)이 1몰이므로 용액 0.1 L에 녹아 있는 용질 A의 양(mol)은 0.1몰이다.

✗ (나)의 퍼센트 농도는 10 %이다.

⇒ (나)의 밀도가 1.05 g/mL이므로 용액의 질량은 $100 \text{ mL} \times 1.05 \text{ g/mL} = 105 \text{ g}$ 이다.

따라서 (나)의 퍼센트 농도는 $\frac{10}{105} \times 100 \approx 9.52(\%)$ 이다.

07 NaOH의 화학식량이 40이므로 4 g의 양(mol)은 0.1몰이다. NaOH 0.1몰이 용액 1 L에 녹아 있으므로 (나)에서 만든 NaOH 수용액의 몰 농도 x 는 0.1(M)이다.
0.1 M NaOH 수용액 200 mL에 들어 있는 NaOH의 양(mol)은 0.02몰이므로 500 mL에 0.02몰이 녹아 있는 수용액의 몰 농도는 0.04 M이다.

08 10 % 수용액은 용액 100 g에 용질이 10 g 녹아 있는 용액이므로 NaOH 10 g을 물 90(w_1) g에 넣어 녹여야 한다. 20 % NaOH 수용액은 용액 100 g에 용질 20 g이 녹아 있는 용액이므로 10 %로 만들려면 용액의 질량을 200 g으로 만들어 주어야 한다. 따라서 w_2 는 100(g)이다.
5 % NaOH 수용액 100 g에는 용질이 5 g 녹아 있으므로 NaOH w_3 g을 더 넣어 주었을 때 $\frac{5+w_3}{100+w_3} \times 100 = 10$ 이 성립한다. 이식을 풀면 $w_3 = \frac{50}{9}$ (g)이다.
따라서 $\frac{w_1 \times w_3}{w_2} = 5$ 이다.

09 | 선택지 분석 |

X 몰 농도

→ (가)와 (나)에서 같은 질량의 용액에 녹아 있는 용질의 질량이 같다. 그러나 두 수용액의 온도가 달라 부피가 다르므로 두 수용액의 몰 농도는 같지 않다.

ㄴ 몰랄 농도

→ (가)와 (나)에서 물 100 g에 녹아 있는 같은 종류의 용질의 질량이 같으므로 두 수용액의 몰랄 농도는 같다.

ㄷ 물의 몰 분율

→ 물 100 g에 녹아 있는 같은 종류의 용질의 질량이 같으므로 두 수용액에서 용매와 용질의 몰 분율이 같다.

10 (가)의 퍼센트 농도가 10 %이므로 용액에 녹아 있는 용질의 질량은 18 g이고, 용액의 질량은 180 g이다. A의 화학식량이 180이므로 A 18 g은 0.1몰이다. (나)의 몰랄 농도가 1 m이므로 A 18 g이 용매 100 g에 녹아 있다. 따라서 (나)의 질량은 118 g이다.
또한 (다)의 몰 농도가 1 M이고, 용액에 녹아 있는 A의 양(mol)이 0.1몰이므로 용액의 부피는 0.1 L, 즉 100 mL이다. 이때 (다)의 밀도가 1.05 g/mL이므로 (다) 100 mL의 질량은 105 g(=100 mL × 1.05 g/mL)이다. 따라서 용액의 질량은 (가) > (나) > (다)이다.

11 | 선택지 분석 |

ㄱ (나)의 퍼센트 농도는 2 %보다 작다.

→ 0.2 m 수용액은 용매 1000 g에 용질 0.2몰이 녹아 있는 용액이고, NaOH 0.2몰의 질량이 8 g이므로 용액 1008 g에 들어 있는 용질의 질량은 8 g이다. (나)의 퍼센트 농도(%)는

$$\frac{8 \text{ g}}{1008 \text{ g}} \times 100 \approx 0.79 \% \text{이므로 } 2 \% \text{보다 작다.}$$

X (나)에 물 100 g을 추가하면 용액의 몰랄 농도는 0.1 m이다.
보다 작

→ (나)에서 용매인 물의 질량이 100 g보다 작으므로 (나)에 물 100 g을 추가하면 용매의 질량이 넣기 전의 2배보다 커진다. 따라서 물 100 g을 추가하면 용액의 몰랄 농도는 0.1 m보다 작다.

ㄷ 용액 속 용질의 양(mol)은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

→ (나)의 퍼센트 농도는 2 %보다 작고, 용액의 질량이 (가)와 (나)가 같으므로 용액 속 용질의 질량은 (가)에서가 (나)에서보다 크다. 따라서 용액 속 용질의 양은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

12 | 자료 분석 |

수용액	(가)	(나)	(다)
용질	A	B	A
용질의 질량(g)	w_1	w_3	9
물의 질량(g)	w_2	100	25
농도	10 %	1 m	2 m

• (가)의 퍼센트 농도가 10 %이므로 용액 100 g 속에 용질 A 10 g이 녹아 있다.

→ 물의 질량이 90 g일 때 용질 A의 질량은 10 g이다.

• A의 분자량을 a 라고 하면 물 25 g에 A 9 g이 녹아 있는 용액의

$$\text{몰랄 농도가 } 2 \text{ m이므로 } \frac{\frac{9}{a}}{0.025} = 20 \text{이다. 따라서 } a = 180 \text{이다.}$$

| 선택지 분석 |

X $\frac{w_2}{w_1} = \frac{10}{9}$ 이다.

→ (가)의 퍼센트 농도가 10 %이므로 물 90 g에 A 10 g의 비율로 섞여 있다. 따라서 $\frac{w_2}{w_1} = 90$ 이다.

ㄴ A의 분자량은 180이다.

→ (다)의 몰랄 농도가 2 m이므로 A의 분자량은 180이다.

ㄷ $w_3 = 6$ 이다.

→ B의 분자량은 60이고, (나)의 몰랄 농도가 1 m이므로 물 100 g에 녹아 있는 B의 양(mol)은 0.1몰, 즉 6 g이다.

13 | 선택지 분석 |

ㄱ $x = 2.4$ 이다.

→ (가)의 밀도가 1.2 g/mL이므로 200 mL의 질량은 1.2 g/mL × 200 mL = 240 g이다. 또한 20 % 수용액 240 g에 녹아 있는 NaOH의 질량은 240 × 0.2 = 48(g)이다. (나)에서 용액의 부피는 500 mL이고, 용질의 양(mol)은 $\frac{48}{40} = 1.2$ (몰)이므로 (나)의 몰 농도는 2.4 M이다. 따라서 $x = 2.4$ 이다.

ㄴ (가)의 몰랄 농도는 6.25 m이다.

→ (가)에서 용액 240 g에 녹아 있는 용질의 질량이 48 g이므로 용매의 질량은 192 g이다.

$$\text{따라서 몰랄 농도는 } \frac{1.2 \text{ mol}}{0.192 \text{ kg}} = 6.25 \text{ m이다.}$$

X (나)의 퍼센트 농도는 8 %이다.
보다 크

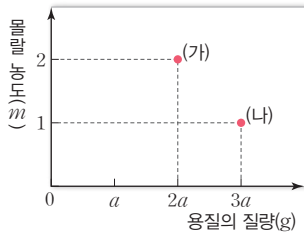
→ (나)의 밀도가 1.05 g/mL이므로 500 mL의 질량은 525 g이다. 여기에 녹아 있는 용질의 질량이 48 g이므로 퍼센트 농도는 $\frac{48}{525} \times 100 \approx 9.14(\%)$ 이다.

- 몰랄 농도는 (가)가 (나)의 2배이다.

→ 용매 1 kg에 녹아 있는 용질의 질량은 (가)에서 (나)에서의 2배이다.

- (가)와 (나)에서 용질의 질량비가 (가) : (나) = 2 : 3이므로 용질의 몰비도 (가) : (나) = 2 : 3이다. (가)와 (나)에서 용매의 질량을 각각 x , y 라고 하면 다음 관계식이 성립한다.

$$\frac{2}{x} : \frac{3}{y} = 2 : 1 \rightarrow x : y = 1 : 3$$



| 선택지 분석 |

- ~~X~~ 퍼센트 농도는 (가)가 (나)의 2배이다.
가 아니

→ 용매 1000 g에 녹아 있는 용질의 몰비가 (가) : (나) = 2 : 1이므로 퍼센트 농도는 (가)가 (나)의 2배가 되지 않는다.

- ~~X~~ 용액의 질량은 (나)가 (가)의 1.5배이다.
가 아니

→ (가)와 (나)에 녹아 있는 용질의 질량비가 (가) : (나) = 2 : 3이고, 용매의 질량비는 (가) : (나) = 1 : 3이므로 용액의 질량은 (나)가 (가)의 1.5배가 아니다.

- ☒ (가)와 (나)를 혼합한 용액의 몰랄 농도는 1.5 m이다.

→ (가)는 용매 1 kg에 녹아 있는 용질의 양(mol)이 2몰이고, (나)는 용매 1 kg에 녹아 있는 용질의 양(mol)이 1몰이다. 두 수용액을 혼합하면 용매 2 kg에 녹아 있는 용질의 양(mol)이 3몰이므로 몰랄 농도는 1.5 m이다.

도전! 실력 올리기

082쪽~083쪽

01 ① 02 ③ 03 ③ 04 ② 05 ⑤ 06 ⑤

07 | 모범 답안 | (가)에서 용액 속 용질의 질량은

$$\frac{100 \times 20}{100} = 20(\text{g}) \text{이므로 (나)에 녹아 있는 용질의 질량도}$$

20 g이다. 용액의 부피가 1 L이므로 몰 농도는

$$\frac{20}{100} \frac{\text{mol}}{\text{L}} = 0.2 \text{ M이다. 또한 (나)에서 용액 1 L의 질량은}$$

1000 g이고, 용질의 질량이 20 g이므로 퍼센트 농도는

$$\frac{20}{1000} \times 100 = 2(\%) \text{이다.}$$

08 | 모범 답안 | (1) (가)에서 용매의 질량이 45 g, 용질의 질량이 5 g이다. (나)에서 용매의 질량이 45 g, 용질의 질량이 10 g이다. 즉 용매의 질량은 같고, 용질의 질량은 (나)에서 (가)에서의 2배이므로 몰랄 농도는 (나)가 (가)의 2배이다.

(2) (가) 20 g에 들어 있는 용질 NaOH의 질량은 2 g이고, 증류를 가한 전체 부피가 100 mL가 되었으므로 (다)의 몰

$$\text{농도는 } \frac{2}{\frac{40}{0.1}} = 0.5(\text{M}) \text{이다.}$$

01 | 선택지 분석 |

- ☒ (가)의 퍼센트 농도는 $\frac{50}{3} \%$ 이다.

→ 1 m 수용액 (가)는 용매 1000 g에 용질이 1몰 녹아 있는 용액이고, A의 화학식량이 200이므로 용액 1200 g에 용질이 200 g 녹아 있는 용액이다.

따라서 (가)의 퍼센트 농도는 $\frac{200}{1200} \times 100 = \frac{50}{3}(\%)$ 이다.

- ~~X~~ x는 0.5이다.
가 아니

→ 1 m A 수용액은 용액 1200 g에 용질이 200 g 녹아 있으므로 용액 60 g에 녹아 있는 용질의 질량은 10 g이다. (가)에 물을 추가하여 용액의 질량이 120 g이 되었으므로 (나)에서 물의 질량은 110 g이고, 용질의 질량은 10 g이다. 따라서 (나)의 몰랄 농도는

$$\frac{1}{\frac{20}{0.11}} = \frac{5}{11}(\text{m}) \text{이다.}$$

- ~~X~~ 물의 몰 분율은 (나)에서 (가)에서의 2배이다.
가 아니

→ (가)와 (나)에서 용질의 양(mol)은 같고, 물의 질량은 (가)에서 50 g이고 (나)에서 110 g이므로, 물의 몰 분율은 (나)에서 (가)에서의 2배가 아니다.

02 | 선택지 분석 |

- ☒ (가)의 퍼센트 농도는 25 %이다.

→ (가)의 질량은 96 g이고, 용액 96 g 속 용질의 질량이 24 g이므로 퍼센트 농도는 $\frac{24}{96} \times 100 = 25 \%$ 이다.

- ~~X~~ (나)의 몰랄 농도는 3 m이다.
보다 크

→ (나)에서 용매의 질량은 90 g이고, B 20 g의 양(mol)은 $\frac{1}{3}$ 몰이므로 (나)의 몰랄 농도는 3 m보다 크다.

- ☒ 몰 농도는 (가) > (나)이다.

→ (나)의 밀도가 1.1 g/mL이므로 (나)의 부피는 100 mL이다.

수용액 속 용질의 양(mol)은 (가)에서 $\frac{1}{2}$ 보다 크고, (나)에서 $\frac{1}{3}$ 이므로 몰 농도는 (가) > (나)이다.

03 일정 몰 농도의 용액을 만들 때 사용하는 실험 기구는 부피 플라스크(ㄴ)이다.

(라)에서 만든 황산의 몰 농도는 0.1 M이고, 용액의 부피가 1 L이므로 용액 속 황산의 양은 0.1몰, 즉 9.8 g이다. 50 % 황산 수용액의 밀도가 1.4 g/mL이므로 50 % 황산 x mL의 질량은 1.4x g이다. 농도가 50 % 인 용액 100 g에는 용질이 50 g이 녹아 있으므로 $100 : 50 = 1.4x : 9.8$ 이다. 따라서 $x = 14$ 이다.

04 (가)와 (나)의 질량은 각각 $(50 + a)$ g, $(200 + 2a)$ g이고, (가)와 (나)의 밀도가 1 g/mL이므로 수용액의 부피는 각각 $(50 + a)$ mL, $(200 + 2a)$ mL이다. 이때 A의 화학식량을 x라고 하면 두 수용액의 몰 농도비가 (가) : (나) = 5 : 3

$$\text{이므로 } \frac{\frac{a}{(50+a)}}{\frac{2a}{(200+2a)}} = 5 : 3 \text{이다.}$$

따라서 $a = 25$ 이다.

05 | 선택지 분석

ㄱ 첨가한 물의 질량은 (가) 속 A의 질량과 같다.

→ (가)의 질량을 100 g이라고 하면 용액 100 g에 녹아 있는 용질 A의 질량이 25 g이다. 여기에 첨가한 물의 질량을 x g이라고 하면 (나)의 퍼센트 농도가 20 %이므로

$$\frac{25}{100+x} \times 100 = 20 \text{이고, } x = 25 \text{이다.}$$

따라서 첨가한 물의 질량은 (가) 속 A의 질량과 같다.

ㄴ (나)의 몰 농도는 $\frac{200d}{x}$ M이다.

→ (나)의 질량을 100 g이라고 하면 부피는 $\frac{1}{10d}$ L이다. 또한

용액 속 용질의 질량은 20 g이고, 이 양(mol)은 $\frac{20}{x}$ 몰이다.

따라서 (나)의 몰 농도는 $\frac{200d}{x}$ M이다.

ㄷ 몰랄 농도는 (가)가 (나)의 $\frac{4}{3}$ 배이다.

→ 용질의 양은 (가)와 (나)에서 같고 용매의 질량비는

(가) : (나) = 3 : 4이므로 몰랄 농도는 (가)가 (나)의 $\frac{4}{3}$ 배이다.

06 | 선택지 분석

ㄱ $a = 2b$ 이다.

→ (가)와 (나)에서 용질의 종류가 같고, 용매 1 kg에 녹아 있는 용질의 질량은 (가)에서가 (나)에서의 2배이므로 몰랄 농도는 (가)가 (나)의 2배이다. 따라서 $a = 2b$ 이다.

ㄴ 퍼센트 농도는 (가)와 (다)가 같다.

→ (가)와 (다)에서 용액의 질량과 용액 속 용질의 질량이 같으므로 퍼센트 농도는 같다.

ㄷ 용질의 몰 분율은 (나)와 (다)에서 같다.

→ (나)와 (다)의 몰랄 농도가 같으므로 용매 1 kg에 녹아 있는 용질의 양(mol)이 같고, 용매의 종류가 물로 같으므로 (나)와 (다)에서 용질의 몰 분율은 같다.

07 (가)에서 수용액의 질량이 100 g이고, 퍼센트 농도가 20 %이므로 용액 속 용질의 질량은 20 g이다. (나)에 녹아 있는 용질의 질량도 20 g이고, 용질 Y의 분자량이 100이므로 20 g의 양(mol)은 0.2몰이며, 용액의 부피가 1 L이므로 몰 농도는 0.2 M이다. 또한 (나)의 밀도가 1 g/mL이므로 1 L의 질량은 1000 g이고, 용질의 질량이 20 g이므로 퍼센트 농도는 $\frac{20}{1000} \times 100 = 2(\%)$ 이다.

채점 기준	배점
㉠과 ㉡의 풀이 과정과 답을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
㉠과 ㉡ 중 한 가지의 풀이 과정과 답을 옳게 서술한 경우	50 %

08 (1) (가)와 (나)에서 용매의 질량이 같고, 용질의 질량이 (나)에서가 (가)에서의 2배이므로 몰랄 농도는 (나)가 (가)의 2배이다.

(2) (가) 50 g 속 NaOH의 질량이 5 g이므로 20 g에 들어 있는 NaOH의 질량은 2 g이다. 따라서 (다)에 들어 있는

NaOH의 양(mol)은 $\frac{2}{40} (= \frac{1}{20})$ 몰이다.

따라서 (다)의 몰 농도는 $\frac{\frac{2}{40}}{0.1} = 0.5(\text{M})$ 이다.

채점 기준		배점
(1)	(가)와 (나)의 용질과 용매의 질량을 옳게 비교하여 몰랄 농도를 옳게 비교한 경우	100 %
	몰랄 농도비만을 옳게 비교한 경우	30 %
(2)	(다) 용액 속 용질의 양을 구하여 몰 농도를 옳게 구한 경우	100 %
	몰 농도 값만을 옳게 쓴 경우	20 %

02~ 묶은 용액의 성질 (1)

탐구POOL

088쪽

01 100,255 °C 02 (1) × (2) ○

01 용액의 몰랄 농도가 0.5 m이므로 끓는점 오름은 0.255 °C이다.

02 (2) 물 100 g에 A 9 g을 녹인 용액의 어는점 내림이 0.93 °C이므로 A 18 g을 녹인 용액의 어는점 내림은 1.86 °C이다.

꼭꼭! 개념 확인하기

089쪽

✓ 잠깐 확인!

1 증기 압력 내림 2 라울, 용매 3 끓는점 오름, 높 4 어는점 내림, 낮 5 몰랄 농도

01 (1) × (2) × (3) × 02 (1) ○ (2) × (3) ○ 03 (1) × (2) ○ (3) × 04 L—Γ—C 05 60

01 (1) 용액의 표면에는 증발하는 용매 분자 수가 순수한 용매에 비해 작다. 따라서 순수한 용매보다 증발 속도가 느리다.
(3) 용액의 증기 압력 내림은 용매의 종류가 같으면 용질의 종류에 관계없이 용질의 몰 분율에 비례한다.

02 (1) 수는 방울이 설탕물 B 쪽으로 이동하므로 증기 압력은 설탕물 A가 설탕물 B보다 크다.
(2) 용액의 농도가 클수록 증기 압력 내림이 커지므로 B의 몰랄 농도는 0.1 m보다 크다.

03 (2) 용매의 종류가 같으면 용질의 종류에 관계없이 용액의 어는점 내림은 용액의 몰랄 농도에 비례하므로 0.1 m 포도당 수용액과 0.1 m 요소 수용액의 어는점은 같다.

(3) 용액의 몰랄 농도가 같더라도 용매의 종류가 다르면 용매의 특성인 몰랄 내림 상수가 다르므로 어는점 내림이 다르다.

04 용매가 모두 물로 같으므로 끓는점 오름은 용액의 몰랄 농도에 비례한다. 6% 요소 수용액 100g이 있다고 가정하면 물 94g에 요소 6g이 녹아 있다. 요소의 분자량이 60이므로 요소 6g의 양(mol)은 0.1몰이고, 6% 요소 수용액의 몰랄 농도는 1m보다 크다. 또한 설탕의 분자량이 342이므로 30g의 양(mol)은 1몰보다 작다. 물 100g에 설탕 30g을 녹인 용액의 몰랄 농도는 1m보다 작으므로 용액의 끓는점은 $\text{L} - \text{G} - \text{C}$ 순으로 높다.

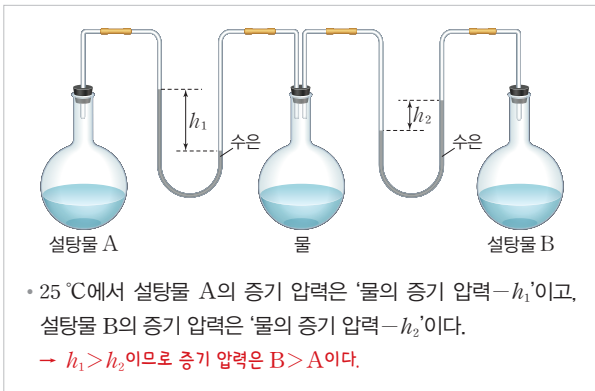
05 용액의 어는점 내림이 -0.93°C 이므로 용액의 몰랄 농도는 0.5m이다. 이때 용매의 질량이 100g이므로 용액에 녹인 용질의 양(mol)은 0.05몰이고, 용질의 질량이 3g이므로 용질 1몰의 질량은 60g이다.

탄탄! 내신 다지기

090쪽~091쪽

- 01 ④ 02 ㉠ 크, ㉡ 설탕물, ㉢ 위 03 ③ 04 ② 05 ③
06 ② 07 ② 08 ③

01 | 자료 분석 |

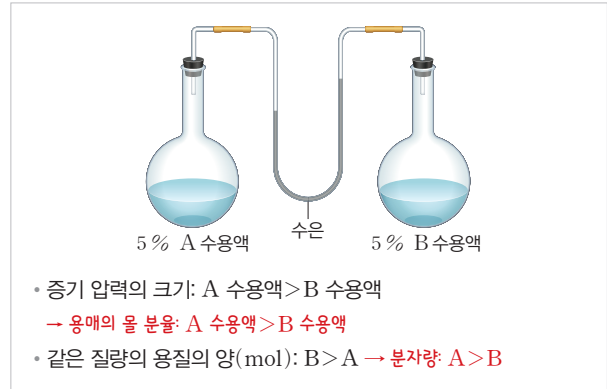


| 선택지 분석 |

- ① A의 증기 압력은 h_1 이다.
→ A의 증기 압력은 '물의 증기 압력- h_1 '이다.
- ② B의 증기 압력은 h_2 이다.
→ B의 증기 압력은 '물의 증기 압력- h_2 '이다.
- ③ 물의 몰 분율은 A가 B보다 크다.
→ 증기 압력은 $A < B$ 이므로 용매의 몰 분율은 $B > A$ 이다.
- ④ 설탕물의 몰랄 농도는 A가 B보다 크다.
→ 증기 압력은 $A < B$ 이므로 용매의 몰 분율은 $B > A$ 이고, 설탕물의 몰랄 농도는 A가 B보다 크다.
- ⑤ 용매의 증발 속도는 A에서 B에서보다 빠르다.
→ 증기 압력은 $A < B$ 이므로 용매의 증발 속도는 B에서 A에서보다 빠르다.

02 3% 요소 수용액 100g이 있다고 가정하면 용매 97g에 요소 3g이 녹아 있는 용액이다. 요소 3g의 양(mol)은 $\frac{3}{60} = \frac{1}{20}$ (몰)이므로 요소 수용액의 몰랄 농도는 0.5m보다 크다. 즉 요소 수용액의 몰랄 농도는 설탕물의 몰랄 농도보다 크므로 증기 압력은 설탕물이 더 크다. 따라서 시간이 지나면 X점이 위쪽으로 이동한다.

03 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- ㉠ 증기 압력은 A 수용액이 B 수용액보다 크다.
→ 수은 기둥이 B 수용액 쪽으로 들어 올려졌으므로 증기 압력은 A 수용액이 B 수용액보다 크다.
- ㉡ 용질의 몰 분율은 A 수용액이 B 수용액보다 ~~크다~~.
→ 용질의 몰 분율은 증기 압력이 큰 A 수용액이 B 수용액보다 작다.
- ㉢ 분자량은 A가 B보다 크다.
→ 동일한 질량의 용질의 양(mol)은 B가 A보다 크므로 분자량은 A가 B보다 크다.

04 $t_1^\circ\text{C}$ 에서 물의 증기 압력이 30 mmHg이고, A 수용액의 증기 압력이 27 mmHg이므로 용액의 증기 압력 내림은 $(30 - 27)$ mmHg이다. 이로부터 $3 = 30 \times X_{\text{용질}}$ 이므로

$$X_{\text{용질}} = \frac{1}{10} \text{이고, } X_{\text{용매}} = \frac{9}{10} \text{이다.}$$

$t_2^\circ\text{C}$ 에서 $X_{\text{용매}} = \frac{9}{10}$ 인 용액의 증기 압력이 30 mmHg이고,

$$P_{\text{용액}} = P_{\text{용매}}^\circ \times X_{\text{용매}} \text{이므로}$$

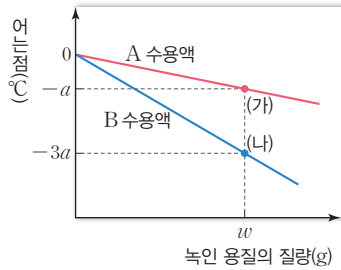
$$P_{\text{용매}}^\circ = 30 \times \frac{10}{9} = \frac{100}{3} \text{이다.}$$

05 | 선택지 분석 |

- ㉠ 실온에서 증기 압력은 (가)가 (나)보다 크다.
→ 용액의 몰랄 농도가 작은 (가)가 (나)보다 증기 압력이 크다.
- ㉡ X의 분자량은 100w이다.
→ 물의 몰랄 오름 상수가 $0.5^\circ\text{C}/m$ 이고, (가)의 끓는점 오름이 0.05°C 이므로 (가)의 몰랄 농도는 0.1m이다. (가)에서 용매의 질량이 100g이므로 (가)에 녹아 있는 X의 양(mol)은 0.01몰이고, 이때 질량이 wg이므로 1몰의 질량은 100wg이다.

- ✗ 용액의 어는점은 (나)가 (가)보다 ^낮다.
 → 용액의 몰랄 농도는 (가) < (나)이므로 어는점 내림은 (가) < (나)이다. 따라서 용액의 어는점은 (가)가 (나)보다 높다.

06 | 자료 분석 |



- (가)의 어는점 내림은 $a^{\circ}\text{C}$ 이고, (나)의 어는점 내림은 $3a^{\circ}\text{C}$ 이다.
 → 몰랄 농도는 (나)가 (가)의 3배이다.
 → 같은 질량의 양(mol)은 B가 A의 3배이므로 분자량은 A가 B의 3배이다.
- A의 분자량이 $10w$ 이므로 $w\text{ g}$ 은 A 0.1 몰이다.
 → 물 100 g 에 A 0.1 몰이 녹아 있는 (가)의 몰랄 농도는 1 m 이다.

| 선택지 분석 |

- ✗ (가)의 몰랄 농도는 0.1 m 이다.
 → A의 분자량이 $10w$ 이므로 $10w\text{ g}$ 은 A 0.1 몰이다. 따라서 (가)의 몰랄 농도는 1 m 이다.
- ✗ B의 분자량은 $30w$ 이다.
 → B의 분자량은 A의 $\frac{10}{3}$ 이므로 $\frac{10}{3}w$ 이다.
- ㉠ 물의 몰랄 내림 상수는 $a^{\circ}\text{C}/\text{m}$ 이다.
 → 몰랄 농도가 1 m 인 수용액의 어는점 내림이 $a^{\circ}\text{C}$ 이므로 물의 몰랄 내림 상수는 $a^{\circ}\text{C}/\text{m}$ 이다.

07 | 선택지 분석 |

- ✗ A의 분자량은 $10w$ 이다.
 → A 수용액의 끓는점 오름은 0.25°C 이므로 A 수용액의 몰랄 농도는 0.5 m 이다. A 수용액의 몰랄 농도가 0.5 m 이고, 용매의 질량이 100 g 이므로 A $w\text{ g}$ 의 양(mol)은 0.05 몰이다. 따라서 분자량은 $20w$ 이다.
- ✗ 수용액의 증기 압력은 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 ^{와 같}크다.
 → t_1 일 때와 t_2 일 때 모두 끓고 있으므로 수용액의 증기 압력은 모두 외부 압력과 같은 1 기압 이다.
- ㉠ 용액의 몰랄 농도는 t_2 일 때가 t_1 일 때의 3배이다.
 → t_2 일 때의 끓는점 오름은 0.75°C 이므로 끓는점 오름은 t_2 일 때가 t_1 일 때의 3배이다. 따라서 용액의 몰랄 농도는 t_2 일 때가 t_1 일 때의 3배이다.

- 08 (가)의 끓는점 오름은 0.5°C 이므로 (가)의 몰랄 농도는 1 m 이고, (나)의 끓는점 오름은 0.25°C 이므로 (나)의 몰랄 농도는 0.5 m 이다. 이때 (가)에서 용매의 질량이 100 g 이므로 용액 속 A의 양(mol)은 0.1 몰이고, 분자량은 60 이다.

(나)에서 용매의 질량이 200 g 이므로 용액 속 B의 양(mol)은 0.1 몰이다. B의 분자량이 180 이므로 $w=18$ 이다.

따라서 $\frac{a}{w} = \frac{60}{18} = \frac{10}{3}$ 이다.

도전! 실력 올리기

092쪽~093쪽

01 ③ 02 ④ 03 ④ 04 ③ 05 ⑤ 06 ②

07 | 모범 답안 | 용액의 증기 압력은 몰랄 농도가 작을수록 크다. 용매의 증발 속도는 농도가 작은 용액이 농도가 큰 용액보다 크므로 농도가 작은 용액의 질량은 감소하고, 농도가 큰 용액의 질량은 증가한다. 따라서 (가)에는 농도가 큰 0.2 m 포도당 수용액이 들어 있다.

08 | 모범 답안 | (1) 용매의 증기 압력은 P_B 가 P_A 보다 $5h$ 만큼 크고, X 용액의 증기 압력은 용매 B보다 $2h$ 만큼 작다. X 용액이 용매 A에 용질 X를 녹인 용액이라고 하면 X 용액의 증기 압력은 순수한 용매의 증기 압력보다 작아야 하므로 $5h$ 보다 커야 한다. 따라서 X 용액은 용매 B에 용질 X를 녹인 용액이다.

(2) X 용액에서 용질 X의 몰 분율이 $\frac{1}{20}$ 이며, X 용액의 증기 압력 내림이 $2h$ 이므로 $\Delta P = P_B \times X_{\text{용질}}, 2h = P_B \times \frac{1}{20}$, $P_B = 40h$ 이고, $P_B = P_A + 5h$ 이므로 $P_A = 35h$ 이다. 따라서 $P_A : P_B = 35h : 40h = 7 : 8$ 이다.

01 | 선택지 분석 |

- ㉠ $x > 0.1$ 이다.
 → 몰랄 오름 상수가 $0.5^{\circ}\text{C}/\text{m}$ 이고, 용액이 끓기 시작하는 온도가 100.05°C 보다 높으므로 X 수용액의 몰랄 농도는 0.1 m 보다 크다.
- ✗ t_1 일 때 수용액의 증기 압력은 1 기압 보다 작다.
 → t_1 일 때 수용액이 끓고 있으므로 증기 압력은 대기압과 같은 1 기압 이다.
- ㉠ X의 몰 분율은 t_2 일 때가 t_1 일 때보다 크다.
 → 수용액의 끓는점은 t_2 일 때가 t_1 일 때보다 높으므로 몰랄 농도는 t_2 일 때가 t_1 일 때보다 크다.

02 | 선택지 분석 |

- ✗ 용매의 기준 끓는점은 A가 B보다 ^낮다.
 → 몰랄 농도가 0 일 때의 증기 압력은 용매의 증기 압력이다. 25°C 에서 증기 압력은 A가 B보다 크므로 분자 간 힘은 B가 A보다 크고, 기준 끓는점도 B가 A보다 높다.
- ㉠ 외부 압력이 P_1 일 때 몰랄 농도가 m_2 인 용액 (가)의 끓는점은 25°C 이다.
 → 몰랄 농도가 m_2 인 용액 (가)의 증기 압력이 25°C 에서 P_1 이므로 외부 압력이 P_1 일 때 끓는점은 25°C 이다.
- ㉠ 외부 압력이 1 기압 일 때, 몰랄 농도가 m_1 인 두 용액의 끓는점에서 증기 압력은 (가)와 (나)가 같다.

→ 끓는점에서 증기 압력은 외부 압력과 같다.

03 | 선택지 분석 |

X 기준 끓는점은 A가 B보다 ^낮다.

→ 용매의 증기 압력은 $A > B$ 이므로 분자 간 힘은 $A < B$ 이고, 기준 끓는점은 B가 A보다 높다.

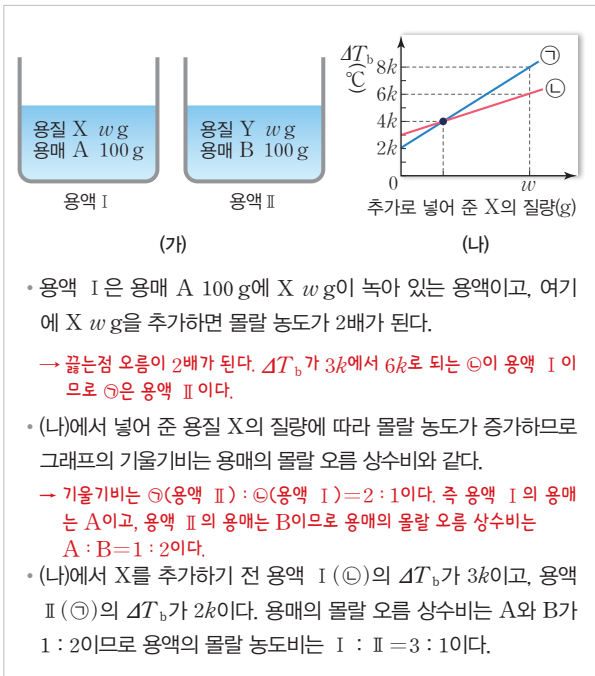
㉠ A의 증기 압력은 Y의 증기 압력보다 크다.

→ A의 증기 압력은 B의 증기 압력보다 크고, B에 용질 C를 녹인 용액 Y의 증기 압력은 B의 증기 압력보다 작다. 따라서 A의 증기 압력은 Y의 증기 압력보다 크다.

㉡ $\frac{h_1}{h_2} > 1$ 이다.

→ h_1 은 용매 A와 B의 증기 압력 차이이고, h_2 는 각 용매에 같은 종류의 용질을 녹인 용액의 증기 압력 차이이다. 이때 용매의 분자량이 같고 녹인 용질의 질량이 같으므로 용액의 증기 압력 내림 정도는 각 용액에서 같다. h_2 는 h_1 보다 작으므로 $\frac{h_1}{h_2} > 1$ 이다.

04 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

㉠ ㉠은 용액 II이다.

→ ㉠은 용액 II이다.

㉡ 용매의 몰랄 오름 상수는 B가 A의 2배이다.

→ 용매의 몰랄 오름 상수는 B가 A의 2배이다.

X 용질의 분자량은 Y가 X의 ³1.5배이다.

→ 용액의 몰랄 농도비는 I : II = 3 : 1이고, 용매의 질량이 같으므로 용액 속 용질의 양(mol)은 X가 Y의 3배이다. 이때 용질의 질량이 같으므로 분자량은 Y가 X의 3배이다.

05 | 선택지 분석 |

㉠ 25 °C에서 증기 압력은 (나)가 (가)보다 크다.

→ 용액의 끓는점 오름은 용액의 몰랄 농도에 비례하므로 몰랄 농

도는 (가)가 (나)보다 크다. 즉 용매의 몰 분율은 (나) > (가)이므로 25 °C에서 증기 압력은 (나)가 (가)보다 크다.

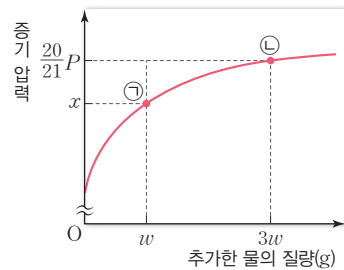
㉡ 물의 몰랄 오름 상수(K_b)는 k °C/m이다.

→ (나)에서 용매 0.1 kg에 녹아 있는 용질의 양(mol)이 0.1몰이므로 몰랄 농도는 1 m이다. 이때 (나)의 끓는점 오름이 k °C이므로 물의 몰랄 오름 상수는 k °C/m이다.

㉢ A의 분자량은 180이다.

→ (나)의 몰랄 농도가 1 m이므로 (가)의 몰랄 농도는 5 m이다. 따라서 물 50 g에 녹아 있는 용질 A 45 g의 양(mol)은 0.25몰이다. 1몰의 질량이 180 g이므로 A의 분자량은 180이다.

06 | 자료 분석 |



• ㉡은 물 4w g에 용질 A가 a g 녹아 있는 용액이고, 이때 용액의 증기 압력 내림이 $\frac{1}{21}P$ 이다.

→ $\Delta P = P \times X_{\text{용질}}$ 이므로 $X_{\text{용질}} = \frac{1}{21}$ 이다.

• ㉡에서 용매 4w g의 양(mol)을 20몰이라고 하면 용질 A의 양(mol)은 1몰이다.

• ㉠에서 용매의 질량이 2w g이다.

→ 용매의 양(mol)은 10몰, 용질 A의 양(mol)은 1몰이다.

| 선택지 분석 |

X A의 몰 분율은 ㉠에서가 ㉡에서의 2배이다. ^{가 아니}

→ A의 몰 분율은 ㉠에서 $\frac{1}{11}$ 이고, ㉡에서 $\frac{1}{21}$ 이므로 2배가 되지 않는다.

㉠ $x = \frac{10}{11}P$ 이다.

→ ㉠에서 용매의 몰 분율이 $\frac{10}{11}$ 이므로 용액의 증기 압력은 $\frac{10}{11}P$ 이다.

X 용액의 끓는점 오름은 ㉠에서가 ㉡에서의 3배이다. ²

→ ㉠과 ㉡에서 용질의 양은 같고, 용매의 양은 ㉡에서가 ㉠에서의 2배이므로 몰랄 농도는 ㉠이 ㉡의 2배이다. 따라서 용액의 끓는점 오름은 ㉠에서가 ㉡에서의 2배이다.

07 일정한 온도에서 농도가 다른 포도당 수용액이 각각 담긴 플라스크를 유리관으로 연결하고 일정 시간 동안 놓아두면 농도가 작은 포도당 수용액에서 증발이 더 활발하게 일어나므로 두 용액의 농도가 같아질 때까지 농도가 작은 용액 쪽의 물 분자가 농도가 큰 포도당 수용액 쪽으로 이동한다. 따라서 농도가 큰 포도당 수용액의 질량이 증가한다.

채점 기준	배점
용액의 농도에 따른 증기 압력(용매의 증발 속도)을 비교하여 서술한 경우	100%
(가)에 농도가 큰 용액이 들어 있다고만 쓴 경우	40%

- 08** (1) 증기 압력은 $P_B > X > P_A$ 이며, A에 X를 녹인 용액의 증기 압력은 P_A 보다 작아야 하므로 X 용액은 용매 B에 용질 X를 녹인 용액이다.
- (2) 용액의 증기 압력 내림(ΔP)은 순수한 용매의 증기 압력에 용질의 몰 분율을 곱한 값과 같다. 또한 B와 X의 수는 기둥의 높이 차가 용액 X의 증기 압력 내림이다.

채점 기준	배점
(1) 두 용매의 증기 압력과 B와 X 용액의 증기 압력 크기를 비교하여 서술한 경우	50%
용매 B라고만 쓴 경우	20%
(2) X 용액에서 용질의 몰 분율로부터 B의 증기 압력을 구하고, A와 B의 증기 압력 차로 A의 증기 압력을 구하여 그 비를 옳게 비교한 경우	50%
A와 B의 증기 압력비만을 옳게 쓴 경우	20%

03~ 묶은 용액의 성질 (2)

탐구POOL

096쪽

01 1 M보다 작다. 02 (1) ○ (2) × (3) ○

- 01** 무의 질량이 감소한 것으로 보아 무의 세포액의 물이 빠져나갔다. 반투막을 경계로 저농도 용액의 용매가 고농도 용액 쪽으로 이동하므로 세포액의 농도는 소금물의 농도인 1 M보다 작다.

- 02** (3) 채소의 세포액의 농도는 일정하다. 따라서 고농도 용액인 소금물의 농도가 클수록 삼투 현상이 잘 일어나므로 채소에서 빠져나간 물의 질량이 크다.

꼭꼭! 개념 확인하기

097쪽

✓ 잠깐 확인!

1 반투막 2 삼투 3 삼투압 4 반트호프, 몰 5 총괄성, 양(mol)

01 (1) × (2) ○ (3) × 02 (1) (다) (2) (가) 30R, (나) 60R, (다) 90R (3) 커진다. 03 A < B 04 (1) × (2) ○ (3) ○

- 01** (3) 수화된 이온에서 이온 주위를 물 분자가 둘러싸고 있어 물 분자보다 크기가 크다. 따라서 소금물에서 수화된 이온은 반투막을 통과하지 못하므로 삼투 현상이 일어난다.

- 02** (2) (가)의 몰 농도가 0.1 M이고, 절대 온도가 300 K이므로 (가)의 삼투압은 $\pi = CRT = 0.1 \times R \times 300 = 30R(\text{atm})$, (나)의 삼투압은 $\pi = 0.2 \times R \times 300 = 60R(\text{atm})$, (다)의 삼투압은 $\pi = 0.3 \times R \times 300 = 90R(\text{atm})$ 이다.
- (3) 삼투압은 용액의 절대 온도에 비례하므로 온도를 50 °C로 높이면 삼투압이 커진다.

- 03** 반투막을 경계로 저농도 용액의 용매가 고농도 용액 쪽으로 이동하므로 수용액의 농도는 A < B이다.

- 04** (1) 끓는점 오름 등과 같은 묶은 용액의 성질은 같은 용매에서 용질의 종류에 관계없이 용질의 양에만 관련되므로 0.1 m 포도당 수용액과 0.1 m 요소 수용액에서 같다.

탄탄! 내신 다지기

098쪽~099쪽

01 ⑤ 02 ④ 03 ④ 04 ④ 05 0.24 atm 06 ③ 07 ③
08 ②

01 | 선택지 분석 |

- ① 셀로판 종이는 A로 사용할 수 있다.
→ 셀로판 종이는 반투막이므로 A로 사용할 수 있다.
- ② 충분한 시간이 지나면 (가) 쪽의 액면이 높아진다.
→ 반투막을 통해 물 분자가 용액 쪽으로 이동하므로 (가) 쪽의 액면이 높아진다.
- ③ A막의 미세한 구멍의 크기는 설탕 분자의 크기보다 작다.
→ A는 반투막으로 용매 입자는 통과할 수 있지만 용질 입자는 통과하지 못하는 미세한 크기의 구멍을 갖는 막이다.
- ④ A로 물 분자는 통과하지만 설탕 분자는 통과하지 못한다.
→ A는 반투막으로 물 분자는 통과할 수 있지만 설탕 분자는 통과하지 못한다.
- ⑤ 충분한 시간이 지나면 설탕물의 농도는 처음보다 커진다.
→ 설탕물 쪽으로 물 분자가 이동하므로 설탕물의 농도는 작아진다.

02 | 선택지 분석 |

- ① (가)에서 온도를 높이면 h 는 커진다.
→ (가)에서 포도당 수용액의 삼투압은 액면의 높이 차에 해당하는 압력과 같다. 온도를 높이면 삼투압이 증가하므로 h 가 커진다.
- ② (나)에서 가해 준 압력은 300R기압이다.
→ 0.1 M 포도당 수용액의 삼투압 $\pi = CRT = 1 \times R \times 300 = 300R$ 기압이다. 따라서 (나)에서 삼투 현상이 일어나지 않도록 가해준 압력은 300R기압이다.
- ③ 포도당 수용액의 농도는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.
→ 반투막으로 용매만 이동하므로 포도당 수용액 속 용매의 양은 (가)에서가 (나)에서보다 많다. 따라서 포도당 수용액의 농도는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

④ (나)에서 반투막을 통해 포도당 분자가 물 쪽으로 이동한다.

⇒ (나)에서 반투막을 통해 용질 입자는 통과하지 못하고, 용매 입자만 통과한다.

⑤ 1 M 포도당 수용액 대신 0.5 M 포도당 수용액으로 실험하면 h 는 작아진다.

⇒ 일정한 온도에 묽은 용액의 삼투압은 용액의 몰 농도에 비례하므로 수용액의 농도가 작아지면 h 는 작아진다.

03 | 선택지 분석 |

✗ 반투막으로 B 입자는 통과하고, A 입자는 통과하지 못한다.

⇒ 용질 A, B는 모두 반투막을 통과하지 못한다.

ㄴ 수용액의 몰 농도는 (나)가 (가)의 2배이다.

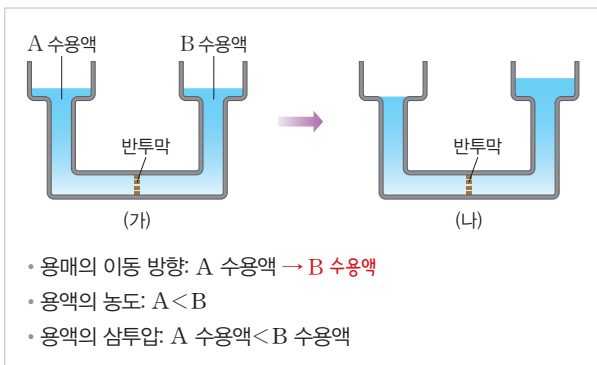
⇒ 온도가 같으므로 삼투압은 몰 농도에 비례한다. 삼투압은 수용액 (나)가 (가)의 2배이므로 몰 농도는 (나)가 (가)의 2배이다.

ㄷ 물질의 화학식량은 B가 A의 2배이다.

⇒ 수용액의 부피가 같고, 수용액의 몰 농도는 (나)가 (가)의 2배이므로 용액 속 용질의 양은 (나)가 (가)의 2배이다. A와 B의 화학식량을 각각 a , b 라고 하면 $\frac{0.1}{a} : \frac{0.4}{b} = 1 : 2$ 이므로

$a : b = 1 : 2$ 이다.

04 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

✗ (가)에서 몰 농도는 A 수용액이 B 수용액보다 크다.

⇒ 용매 입자는 농도가 묽은 용액 쪽에서 농도가 진한 용액 쪽으로 이동하므로 수면의 높이가 낮아진 A 수용액의 농도가 B 수용액보다 작다.

ㄴ B 수용액의 몰 농도는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

⇒ (가)와 (나)에서 용액 속 용질 B의 양은 같고, 용매의 양은 (나)에서가 (가)에서보다 크므로 B 수용액의 몰 농도는 (가) > (나)이다.

ㄷ 온도를 높여 50 °C에서 실험하면 (나)에서 수용액의 높이 차이가 커진다.

⇒ 용액의 삼투압은 절대 온도에 비례하므로, 온도가 높아지면 두 수용액의 삼투압 차는 커진다. 따라서 (나)에서 수용액의 높이 차이가 커진다.

05 분자량이 40000이므로 40 g의 양(mol)은 0.001몰이고, 수용액의 부피가 100 mL이므로 수용액의 몰 농도는

0.01 M이다. 또한 온도가 $27 + 273 = 300(K)$ 이므로 이 수용액의 삼투압(π)은 다음과 같다.

$$\pi = CRT = 0.01 \text{ mol/L} \times 0.08 \text{ atm} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K}) \times 300 \text{ K} = 0.24 \text{ atm}$$

06 | 선택지 분석 |

ㄱ A 수용액의 몰 농도는 0.02 M이다.

⇒ 실험 결과 각 수용액의 밀도가 같으므로 액면의 높이 차는 삼투압에 비례한다. 일정한 온도에서 0.01 M 설탕 수용액의 삼투압이 h 일 때 A 수용액의 삼투압이 $2h$ 이므로 A 수용액의 몰 농도는 0.02 M이다.

ㄴ B 수용액의 삼투압은 설탕 수용액보다 크다.

⇒ 실험 결과 B 수용액의 액면의 높이가 설탕물보다 높으므로 B 수용액의 삼투압은 설탕 수용액보다 크다.

✗ 분자량은 B가 A의 1.5배이다.

⇒ 수용액의 삼투압은 B 수용액이 A 수용액의 1.5배이므로 수용액의 몰 농도도 B 수용액이 A 수용액의 1.5배이다. 따라서 A 수용액과 B 수용액 속 용질의 양(mol)은 B 수용액이 A 수용액의 1.5배이고, 이때 용질의 질량이 같으므로 분자량은 A가 B의 1.5배이다.

07 | 선택지 분석 |

ㄱ 분자량은 A가 B보다 크다.

⇒ 수용액의 농도는 B(aq)가 A(aq)보다 크고, 같은 부피의 용액에 녹아 있는 용질의 질량이 같으므로 분자량은 A가 B보다 크다.

✗ 몰 농도는 A(aq)가 B(aq)보다 작다.

⇒ (나)에서 B(aq) 쪽 액면이 높아진 것으로 보아 반투막을 통해 용매가 A(aq)에서 B(aq) 쪽으로 이동한다. 따라서 몰 농도는 B(aq)가 A(aq)보다 크다.

ㄷ (나)에서 수용액의 삼투압은 B(aq)가 A(aq)보다 크다.

⇒ (나)에서 수용액의 삼투압은 B(aq)이 액면의 높이 차에 해당하는 압력만큼 A(aq)보다 더 크다.

08 | 자료 분석 |

수용액	(가)	(나)	(다)
물의 질량(g)	100	50	150
용질의 종류와 양	요소 6 g	포도당 9 g	포도당 18 g

• 용질의 양(mol): (가) 0.1몰, (나) 0.05몰, (다) 0.1몰

• 수용액의 몰랄 농도: (가) 1 m, (나) 1 m, (다) 약 0.67 m

• 묽은 용액의 증기 압력 내림, 끓는점 오름, 어는점 내림은 용질의 종류에 관계없이 용질의 양에만 관련있다.

| 선택지 분석 |

✗ 끓는점: (가) > (나)

⇒ (가)와 (나)는 몰랄 농도가 같으므로 끓는점이 같다.

ㄴ 증기 압력: (가) < (다)

⇒ 몰랄 농도는 (가) > (다)이므로 용매의 몰 분율은 (다) > (가)이다. 따라서 용액의 증기 압력은 (가) < (다)이다.

✗ 어느점 : (나) > (다)

⇒ 몰랄 농도가 (나) > (다)이므로 어느점 내림은 (나) > (다)이다.
따라서 어느점은 (나) < (다)이다.

도전! 실력 올리기

100쪽~101쪽

01 ② 02 ② 03 ③ 04 ② 05 ③

06 | 모범 답안 | I에서 0.01 M 설탕물의 삼투압은 P이고, X 수용액의 삼투압은 설탕물의 삼투압의 2배이므로 X 수용액의 몰 농도는 0.02 M이다. X 수용액은 X 100 g을 녹여 1 L로 만든 용액이므로 X 100 g의 양(mol)은 0.02몰이고, 1몰의 질량은 5000 g이다.

07 | 모범 답안 | 분자량은 '요소 < 포도당 < 설탕'이므로 몰 농도는 '요소 수용액 > 포도당 수용액 > 설탕 수용액'이다. 일정한 온도에서 용액의 삼투압은 용액의 몰 농도에 비례하므로 삼투압은 '요소 수용액 > 포도당 수용액 > 설탕 수용액'이다. 따라서 갈때기관 수용액과 수면의 높이 차는 '요소 수용액 > 포도당 수용액 > 설탕 수용액' 순으로 높다.

01 | 선택지 분석 |

✗ (가)의 유리관 A에는 0.2 M 포도당 수용액이 들어 있다.

⇒ 용액의 삼투압은 B에 들어 있는 용액이 더 크므로 B에는 0.2 M 포도당 수용액이, A에는 0.1 M 포도당 수용액이 들어 있다.

㉠ (나)에서 삼투압은 B에 들어 있는 수용액이 A에 들어 있는 수용액보다 크다.

⇒ (나)에서 삼투압은 액면의 높이 차에 해당하는 압력만큼 B에서 A에서보다 크다.

✗ 온도를 50 °C로 높이면 ($h_2 - h_1$)은 2배가 된다.

⇒ 삼투압은 0.2 M 포도당 수용액이 0.1 M 포도당 수용액의 2배이므로 ($h_2 - h_1$)이 2배가 되려면 절대 온도가 2배가 되어야 한다.

02 | 선택지 분석 |

✗ $a > b$ 이다.

⇒ 용매가 오른쪽으로 이동하므로 설탕물의 농도는 $a < b$ 이다.

✗ (나)에서 양쪽 수용액의 몰 농도는 같다.

⇒ (나)에서 두 수용액의 삼투압 차는 수면의 높이 차와 같다. 즉 두 수용액의 삼투압 차만큼의 농도 차이가 있다.

㉠ (나)에서 온도를 높이면 h 는 커진다.

⇒ 삼투압은 절대 온도에 비례하여 커지므로 온도를 높이면 h 는 커진다.

03 | 선택지 분석 |

㉠ (가)에서 삼투압은 A(aq)가 B(aq)보다 크다.

⇒ (가)에서 삼투압은 수면의 높이가 더 높은 A(aq)가 B(aq)보다 크다.

✗ (나)에서 반투막을 통해 이동하는 물 분자 수는 0이다.

⇒ (나)에서 두 수용액에서 반투막을 통해 이동하는 물 분자 수가 같다.

㉠ $\frac{B \text{의 분자량}}{A \text{의 분자량}} = 2$ 이다.

⇒ (나)에서 두 수용액의 삼투압이 같으므로 각 수용액 100 mL에 A 1 g이 녹아 있을 때와 B 2 g이 녹아 있을 때 용질의 입자 수가 같다. 따라서 분자량은 B가 A의 2배이다.

04 | 선택지 분석 |

✗ (가)에서 설탕물의 몰 농도는 A가 B보다 작다.

⇒ 용매가 오른쪽으로 이동하므로 (가)에서 몰 농도는 B가 A보다 크다.

㉠ (나)에서 두 수용액의 삼투압은 같다.

⇒ (나)에서 용매는 반투막을 경계로 두 수용액의 몰 농도가 같아 질 때까지 이동하므로 두 수용액의 삼투압은 같다.

✗ (나)에서 온도를 높이면 B의 몰 농도는 커진다.

⇒ (나)에서 온도를 높여도 두 수용액의 몰 농도가 같아 용매의 알짜 이동은 일어나지 않는다. 이때 용액의 부피가 증가하므로 몰 농도는 감소한다.

05 | 선택지 분석 |

㉠ $x > 0.2$ 이다.

⇒ 실험 결과 채소의 질량이 감소하므로 용매는 채소의 세포액에서 설탕물 쪽으로 이동한다. 이때 설탕물의 농도가 클수록 삼투 현상이 잘 일어나므로 $x > 0.2$ 이다.

✗ $y < 0.2$ 이다.

⇒ 당근에서 2 M 설탕물의 삼투압이 1 M 설탕물의 2배이므로 $x = 0.4$ 이다. 설탕물의 농도가 2 M로 같을 때 감자에서의 질량 변화가 0.6 g이므로 y 는 0.2보다 크다.

㉠ 채소의 세포액의 농도는 당근이 감자보다 크다.

⇒ 질량 변화량이 감자에서가 당근에서보다 더 크므로 세포액의 농도는 감자에서가 당근에서보다 더 작다.

06 I에서 0.01 M 설탕물에서 삼투 현상이 일어나지 않도록 용액에 가해진 압력이 P이므로 0.01 M 설탕물의 삼투압이 P이다. 또한 X 수용액에 가해 준 압력이 2P이므로 X 수용액의 삼투압은 설탕물의 삼투압의 2배이다. 일정한 온도에서 삼투압은 몰 농도에 비례하므로 X 수용액의 몰 농도는 설탕물의 2배이다.

채점 기준	배점
I에서 설탕물의 삼투압을 구하고, 설탕물과 X 수용액의 삼투압을 비교하여 X 수용액의 몰 농도를 구하여 분자량을 구한 경우	100 %
삼투압의 비교 과정이 없이 X 수용액의 몰 농도가 설탕물의 2배라고 설명하여 분자량을 구한 경우	40 %

07 같은 질량을 녹여 만든 부피가 같은 수용액에서 몰 농도는 분자량이 작을수록 크다. 농도가 다른 용액이 각각 들어 있는 갈때기관 속 수면은 용액의 농도가 클수록 높다.

이는 농도가 클수록 삼투압이 커지기 때문이다.

채점 기준	배점
용질의 분자량과 용질의 양을 비교하여 용액의 몰 농도가 클수록 삼투압이 크다고 설명하여 수면의 높이 차를 비교하여 서술한 경우	100%
몰 농도가 요소가 가장 크다고 설명하여 수면의 높이 차를 비교하여 서술한 경우	50%

실전! 수능 도전하기

103쪽~105쪽

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

01 | 선택지 분석 |

✗ (가)의 퍼센트 농도는 40%이다.
20

→ (가)에서 용액 200 g 속에 녹아 있는 용질의 질량이 40 g이므로 퍼센트 농도는 20 %이다.

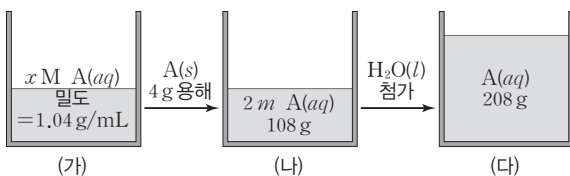
㉠ (나)의 몰 농도는 0.04 M이다.

→ (가)의 퍼센트 농도가 20 %이므로 (가) 20 g에 녹아 있는 용질의 질량은 4 g이다. A의 화학식량이 100이므로 4 g의 양(mol)은 0.04몰이다. 따라서 (나)의 몰 농도는 0.04 M이다.

✗ (다)에 녹아 있는 A의 양(mol)은 0.20몰이다.
0.108

→ (가) 50 g에 녹아 있는 용질의 질량은 10 g이고, A 10 g의 양(mol)은 0.1몰이다. (나)의 몰 농도가 0.04 M이므로 0.2 L에 들어 있는 용질의 양(mol)은 0.008몰이다. 따라서 (다)에 녹아 있는 A의 양(mol)은 0.108몰이다.

02 | 자료 분석 |



• (나)의 몰랄 농도는 2 m이다.

→ 물 100 g에 A 2몰(=80 g)이 녹아 있다. 용액 108 g에 녹아 있는 A의 질량이 80 g이므로 용액 108 g에 녹아 있는 A의 질량은 8 g이다.

• (나)의 조성은 물 100 g, A 8 g이다.

→ (가)에 녹아 있는 A의 질량은 4 g이다.

• (가)에 A 4 g을 넣어 (나) 108 g이 되므로 (가)의 질량은 104 g이다.

→ 밀도가 1.04 g/mL이므로 부피는 100 mL이다.

→ 용액 100 mL에 A 4 g, 즉 0.1몰이 녹아 있다.

| 선택지 분석 |

㉠ x는 1이다.

→ (가)의 부피가 100 mL이고, 용액 속 A의 양(mol)이 0.1몰이므로 몰 농도는 1 M이다.

✗ (나)의 퍼센트 농도는 8%이다.
보다 작

→ (나)에 녹아 있는 A의 질량이 8 g이고, 용액의 질량이 100 g보다 크므로 퍼센트 농도는 8 %보다 작다.

✗ (다)의 몰 농도는 x M보다 작다.
이다

→ (나)와 (다)의 A의 질량이 같으므로 (다)의 조성은 물 200 g, A 8 g이다. (가)의 조성은 물 100 g, A 4 g이므로 (가)와 (다)는 용액 속 용질의 비율과 밀도가 같다. 따라서 같은 부피의 용액에 녹아 있는 용질의 양(mol)이 같으므로 몰 농도는 (가)와 (다)가 같다.

03 | 선택지 분석 |

✗ 퍼센트 농도는 (가)가 (나)보다 크다.
작

→ (가)는 용액 1100 g에 녹아 있는 용질의 질량이 100 g이므로 퍼센트 농도는 $\frac{100}{1100} \times 100 = \frac{100}{11} (\%)$ 이다. 또한 (나)에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 0.1몰, 10 g이고, 용액의 밀도가 1.1 g/mL보다 작으므로 용액의 질량은 110 g보다 작다. 즉 (나)의 퍼센트 농도는 $\frac{10}{110} \times 100 = \frac{100}{11} (\%)$ 보다 크다. 따라서 퍼센트 농도는 (나)가 (가)보다 크다.

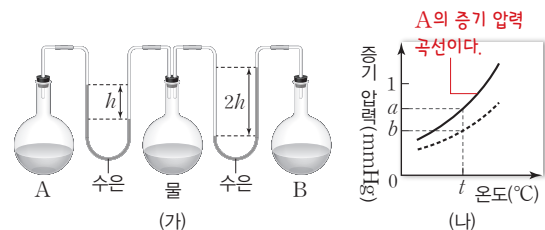
✗ 용질의 질량은 (나)가 (다)보다 크다.
와 같

→ (나)에 녹아 있는 A의 질량은 10 g이다. (다)의 퍼센트 농도가 10 %이고, 용액의 질량이 100 g이므로 용액 속 A의 질량은 10 g이다.

㉠ 용매의 몰 분율은 (가)가 (다)보다 크다.

→ (가)의 조성은 용액 100 g에 녹아 있는 A의 질량이 10 g보다 작다. (다)는 용액 100 g에 녹아 있는 A의 질량이 10 g이므로 용매의 몰 분율은 (가)가 (다)보다 크다.

04 | 자료 분석 |



• A의 증기 압력 내림: h

• B의 증기 압력 내림: 2h → 증기 압력: A > B

| 선택지 분석 |

✗ t °C에서 A의 증기 압력은 b mmHg이다.
a

→ t °C에서 A의 증기 압력은 a mmHg이다.

✗ B에서 설탕의 몰 분율 = $\frac{a}{b}$ 이다.
A에서 설탕의 몰 분율
1 - A에서 설탕의 몰 분율
1 - B에서 설탕의 몰 분율

→ 용액의 증기 압력은 용매의 몰 분율에 비례한다.

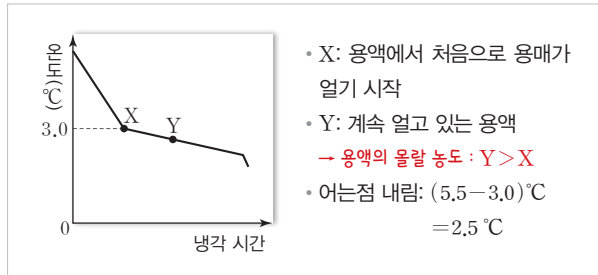
물의 증기 압력을 P, A와 B에서 설탕의 몰 분율을 각각 X_A , X_B 라고 하면 $a = P(1 - X_A)$, $b = P(1 - X_B)$ 이다.

따라서 $\frac{a}{b} = \frac{1-X_A}{1-X_B}$ 이다.

㉔ 기준 끓는점은 B가 A보다 높다.

→ 증기 압력은 A가 B보다 크므로 기준 끓는점은 B가 A보다 높다.

05 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

✗ A의 분자량은 254이다.
127

→ 용액의 어는점 내림이 2.5°C이고, 용매의 몰랄 내림 상수가 5.0°C/m이므로 용액의 몰랄 농도는 0.5 m이다. 용매 100 g에 용질 A 6.35 g을 녹인 용액의 몰랄 농도가 0.5 m이므로 A의 분자량 M 은 $\frac{6.35}{0.1} = 0.5$ 에서 $M = 127$ 이다.

㉔ A의 물 분율은 Y에서 X에서보다 크다.

→ 용액에서 용매만 얼어 결정으로 되므로 용액 속 용질의 양은 일정하고 용매의 양은 X에서 Y에서보다 크다. 따라서 A의 물 분율은 Y에서 X에서보다 크다.

✗ Y에서 B는 모두 고체로 존재한다.
와 액체

→ Y에서 용매가 모두 응고되지 않았으므로 B는 액체와 고체가 함께 존재한다.

06 | 선택지 분석 |

㉔ $t_1 < t_2$ 이다.

→ 분자량은 설탕이 포도당보다 크므로 같은 질량의 양(mol)은 포도당이 설탕보다 크다. 따라서 용액의 어는점 내림은 몰랄 농도가 큰 포도당 수용액이 설탕 수용액보다 크므로 어는점은 설탕 수용액이 포도당 수용액보다 높다.

✗ (나)에서 수용액 10 mL를 사용하면 어는점은 t_1 °C보다 낮아진다.
이다

→ 수용액의 어는점 내림은 용액의 몰랄 농도에 비례하고, 용액의 양에는 관계없으므로 수용액 10 mL를 사용해도 어는점은 t_1 °C이다.

✗ (다)에서 수용액이 어는 동안 온도는 일정하게 유지된다.
낮아진

→ (다)에서 수용액이 어는 동안 물만 냉각되어 용액의 농도가 커지므로 어는 동안 온도는 낮아진다.

07 | 자료 분석 |

온도(°C)		t_1	t_2
증기 압력 (mmHg)	물	P_1	P_2
	a m 포도당 수용액	P_2	P_3

• 같은 온도에서 용액의 증기 압력은 순수한 용매의 증기 압력보다 작다. → $P_1 > P_2$ 이다.

• 액체의 증기 압력은 온도가 높을수록 크다.

→ 온도는 $t_1 > t_2$ 이다. → $P_2 > P_3$ 이다.

| 선택지 분석 |

㉔ $t_1 > t_2$ 이다.

→ 온도가 높을수록 증기 압력이 커지고, 용액의 증기 압력은 순수한 용매의 증기 압력보다 낮다. 온도 t_1 에서 a m 포도당 수용액의 증기 압력이 온도 t_2 에서 순수한 물의 증기 압력과 같으므로 물의 증기 압력은 $t_1 > t_2$ 이고, 온도는 $t_1 > t_2$ 이다.

㉔ $P_1 > P_3$ 이다.

→ 라울 법칙에 따르면 비휘발성, 비전해질 용질이 녹아 있는 용액의 증기 압력은 순수한 용매보다 낮아지므로 온도 t_1 에서 $P_1 > P_2$ 이고, 온도 t_2 에서 $P_2 > P_3$ 이므로 $P_1 > P_3$ 이다.

✗ $\frac{P_2}{P_1} > \frac{P_3}{P_2}$ 이다.

→ $P_2 = P_1 \times X_{\text{용매}}$, $P_3 = P_2 \times X_{\text{용매}}$ 이고, 용액의 몰랄 농도가 일정하므로 용질의 몰 분율과 용매의 몰 분율은 t_1 과 t_2 에서 같다.

따라서 $\frac{P_2}{P_1} = \frac{P_3}{P_2}$ 이다.

08 | 선택지 분석 |

㉔ 농도는 A가 B보다 크다.

→ 용액의 증기 압력은 B가 A보다 크므로 농도는 A가 B보다 크다.

✗ 온도를 50°C로 높이면 h가 작아진다.
커

→ 용액 속 용질의 몰 분율은 일정하고, 온도를 높이면 용매의 증기 압력이 증가하므로 두 수용액의 증기 압력 차는 커진다.

✗ B에 포도당을 첨가하여 녹이면 h가 커진다.
작아

→ B에 포도당을 녹이면 용매의 몰 분율이 감소하여 증기 압력이 더 작아지므로 h가 작아진다.

09 | 선택지 분석 |

㉔ (가)에서 농도는 A가 B보다 크다.

→ (가)에서 (나)로 될 때 용매의 알짜 이동은 B에서 A로 일어나므로 농도는 A가 B보다 크다.

✗ (나)에서 단위 부피당 용질 입자 수는 A가 B보다 크다.
와 같

→ 반투막을 경계로 양쪽 수용액의 농도가 같아질 때까지 용매가 이동하므로 (나)에서 두 수용액의 몰 농도는 같다. 따라서 단위 부피당 용질 입자 수는 A와 B에서 같다.

✗ (가)의 온도를 높여 주어도 (나)의 l은 일정하다.
증가한

→ (가)의 온도를 높여 주면 삼투압 차이가 더 커지므로 (나)의 l은 증가한다.

10 (가)에서 물의 양(mol)은 9.5몰이고, 용질인 요소의 양(mol)은 0.5몰이므로 수용액에서 용매의 물 분율은 $\frac{19}{20}$ 이고, 용질의 물 분율은 $\frac{1}{20}$ 이다. 용액의 증기 압력이 외부 압력과 같을 때 끓음이 일어나므로 용액의 증기 압력이 760 mmHg가 되는 용매의 증기 압력을 P 라고 하면

$$760 \text{ mmHg} = P \times \frac{19}{20} \text{이고, } P = 800 \text{ mmHg이다. 따라서}$$

대기압이 760 mmHg일 때 (가)의 끓는점은 $t_3^\circ\text{C}$ 이다.

11 | 선택지 분석 |

✗ 분자량은 A가 B보다 크다.

→ $\Delta P_1 = P_A - P_B > 0$ 이므로 삼투압은 A(aq)가 B(aq)보다 크다. 따라서 수용액의 몰 농도는 A(aq) > B(aq)이고, 용액에 녹인 용질의 질량이 같으므로 분자량은 A < B이다.

ㄴ $T_2 > T_1$ 이다.

→ 삼투압은 온도가 높을수록 크고, $\Delta P_2 > \Delta P_1$ 이므로 온도는 $T_2 > T_1$ 이다.

ㄷ T_1 에서 용해된 A와 B가 각각 2w g일 때 ΔP 는 $2\Delta P_1$ 이다.

→ A와 B의 질량이 2배가 되면 용액 속 용질의 양(mol)도 2배가 되므로 A(aq)와 B(aq)의 몰 농도는 각각 2배가 된다. 삼투압도 각각 2배가 되므로 ΔP 는 $2\Delta P_1$ 이다.

12 용액의 끓는점 오름은 용액의 몰랄 농도에 비례하고, 어느 점 내림도 몰랄 농도에 비례하므로 (가)~(다)의 몰랄 농도비는 2 : 3 : 4이다.

(가)에서 용액의 조성은 다음과 같다.

수용액	(가)	(나)	(다)
용매의 질량(g)	90	80	60
용질의 질량(g)	10	20	40

$$\frac{\frac{10}{90}}{\frac{20}{80}} : \frac{\frac{20}{80}}{\frac{40}{60}} = 2 : 3 : 4 \text{이므로}$$

$a : b : c = 2 : 3 : 6$ 이다.

a 를 $2k$ 라고 하면 b , c 는 각각 $3k$, $6k$ 이므로

$$\frac{a+b}{c} = \frac{2k+3k}{6k} = \frac{5}{6} \text{이다.}$$

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

15 | 모범 답안 | 일정한 온도에서 기체의 양(mol)은 압력과 부피의 곱에 비례하므로 A~C의 몰비는

A : B : C = 6 : 8 : 12 = 3 : 4 : 6이다. 이때 실린더 속 기체의 질량이 같으므로 A~C의 분자량을 각각 a , b , c 라고 하면 $\frac{1}{a} : \frac{1}{b} : \frac{1}{c} = 3 : 4 : 6$ 이다. 따라서 A~C의 분자량비는 A : B : C = 4 : 3 : 2이다.

16 (1) (가) > (나)

(2) | 모범 답안 | 분자량은 (가)와 (나)가 같지만, 분자의 표면적은 (가)가 (나)보다 크므로 분산력은 (가) > (나)이다. 따라서 끓는점은 (가) > (나)이다.

17 | 모범 답안 | 용매의 종류가 같고, 어느점 내림이 A 수용액이 B 수용액의 2배이므로 몰랄 농도는 A 수용액이 B 수용액의 2배이다. A와 B의 분자량을 각각 M_A , M_B 라고 하면

$$\frac{114}{M_A} = 2 \times \frac{10}{M_B} \text{이므로 } \frac{M_A}{M_B} = \frac{114}{20} = 5.7 \text{이다.}$$

18 | 모범 답안 | 단위 세포에서 A 이온은 정육면체의 중심에 4개가 포함된다. B 이온은 정육면체의 꼭짓점과 모서리, 각 면과 중심에 1개가 위치하므로 입자 수는

$$\frac{1}{8} \times 8 + \frac{1}{4} \times 12 + \frac{1}{2} \times 6 + 1 = 8 \text{이다. X를 구성하는 이온 수비는 A : B = 1 : 2이므로 화학식은 } AB_2 \text{이다.}$$

19 (1) X: 금속 결정, Y: 이온 결정

(2) | 모범 답안 | X는 변형되고, Y는 부서진다.

X에 힘을 가하면 힘을 받은 금속 원자 층이 밀리고, 이때 자유 전자가 빠르게 이동하여 금속 결합을 유지하므로 부서지지 않고 변형된다. Y에 힘을 가하면 힘을 받은 이온 층이 밀리고, 같은 전하를 띤 이온들이 인접하여 반발력이 작용하므로 부서진다.

01 | 선택지 분석 |

✗ (가)에서 He(g)의 압력은 0.25기압이다.

→ (가)에서 He(g)의 압력은 '대기압 + 수은 기둥의 높이 차에 의한 압력'이므로 1기압 + $\frac{19}{76}$ 기압 = 1.25기압이다.

ㄴ He(g)의 부피는 (나)에서가 (가)에서의 $\frac{5}{4}$ 배이다.

→ 일정한 온도에서 일정량의 기체의 부피는 압력에 반비례한다. 압력은 (가)에서가 (나)에서의 $\frac{5}{4}$ 배이므로 부피는 (나)에서가 (가)에서의 $\frac{5}{4}$ 배이다.

✗ (나)에 He(g) w g를 추가하면 수은 기둥의 높이 차는 38 cm가 된다.

→ He(g)을 추가해도 온도와 압력이 일정하게 유지되므로 수은 기둥의 높이 차는 생기지 않고 부피가 2배가 된다.

02 쪽지를 열기 전 A(g)의 압력은 1.5기압이고, B(g)의 압력은 0.5기압이다.

일정한 온도에서 기체의 양은 압력과 부피 곱에 비례하므로 A(g)의 양(mol)을 $1.5 \times 2 = 3k$ (몰)이라고 하면 B(g)의 양(mol)은 $0.5 \times 3 = 1.5k$ (몰)이다. 쪽지를 열어 반응을 완결시킬 때 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g) + B(g) \longrightarrow C(g)$		
반응 전(몰)	3k	1.5k	0
반응(몰)	-1.5k	-1.5k	+1.5k
반응 후(몰)	1.5k	0	1.5k

반응이 완결된 후 반응하지 않고 남은 A(g)의 양(mol)과 생성물의 양(mol)이 같으므로 A(g)의 몰 분율은 $\frac{1}{2}$ 이다.

03 일정한 온도와 압력에서 기체의 부피비는 몰비와 같다.

또 기체의 양(mol)은 기체의 질량을 몰 질량으로 나누어 구하므로 (가)와 (나)에 들어 있는 각 기체의 질량 사이에는

$\frac{w_1}{16} : \frac{w_2}{32} = 2 : 3$ 이 성립한다. 따라서 $w_1 : w_2 = 1 : 3$ 이고,

$\frac{w_2}{w_1} = 3$ 이다.

04 $C_2H_4(g)$ 의 연소 반응식은 다음과 같다.



쪽지를 열기 전 $C_2H_4(g)$ 의 양(mol)은 1.5몰이고, 쪽지를 열어 $C_2H_4(g)$ 이 모두 반응하므로 반응 후 남은 $O_2(g)$ 의 양(mol)을 x 몰이라고 하면 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	$C_2H_4(g) + 3O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g) + 2H_2O(g)$			
반응 전(몰)	1.5	$x + 4.5$	0	0
반응(몰)	-1.5	-4.5	+3.0	+3.0
반응 후(몰)	0	x	3.0	3.0

반응 후 $H_2O(g)$ 의 몰 분율이 $\frac{2}{5}$ 이므로 $\frac{3}{6+x} = \frac{2}{5}$ 이다.

이 식을 풀면 $x = 1.5$ 이고, 반응 전 $O_2(g)$ 의 양(mol)은 6몰이다. 용기의 부피를 V 라고 하면 400 K에서 V 에 들어 있는 기체 6몰의 압력이 3기압이므로 반응 후 400 K, $2V$ 에 들어 있는 기체 7.5몰의 압력은

$3 \times \frac{7.5}{6} \times \frac{V}{2V} = \frac{15}{8}$ (기압)이다. 성분 기체의 부분 압력은

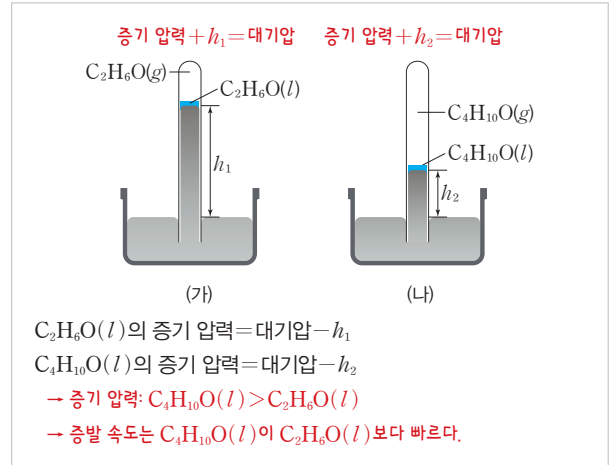
전체 압력과 성분 기체의 몰 분율의 곱과 같으므로 $CO_2(g)$ 의 부분 압력은 $\frac{15}{8} \times \frac{2}{5} = \frac{3}{4}$ (기압)이다.

05 (가) 분자 사이에 수소 결합이 존재하는 분자는 전기 음성도가 큰 F, O, N 원자와 H 원자가 결합하고 있는 부분이 있는 CH_3OH , H_2O_2 로 2가지가 해당된다.

(나) 분산력은 모든 분자 사이에 작용하는 힘이므로 제시된 분자 4가지가 모두 해당된다.

(다) 쌍극자·쌍극자 힘은 분자 내에 쌍극자가 있는 극성 분자 사이에 작용하는 힘이므로 무극성 분자인 CCl_4 를 제외한 3가지가 해당된다.

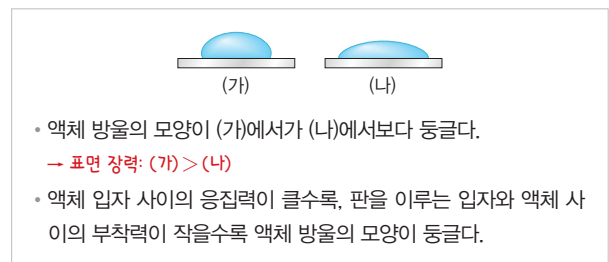
06 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- ㉠ 증발 속도는 (나)에서가 (가)에서보다 빠르다.
→ 증발 속도는 증기 압력이 큰 (나)에서가 (가)에서보다 빠르다.
- ㉡ 기준 끓는점은 $C_2H_6O(l)$ 이 $C_4H_{10}O(l)$ 보다 높다.
→ 기준 끓는점은 증기 압력이 작은 C_2H_6O 이 $C_4H_{10}O$ 보다 높다.
- ㉢ $C_4H_{10}O(l)$ 와 $C_2H_6O(l)$ 의 증기 압력 차는 $h_1 - h_2$ 이다.
→ $C_4H_{10}O(l)$ 와 $C_2H_6O(l)$ 의 증기 압력 차는 (대기압 - h_2) - (대기압 - h_1) = $h_1 - h_2$ 이다.

07 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- ✗ 25 °C 대신 10 °C에서 과정 (가)를 반복한다.
→ 온도가 낮을수록 액체 분자 사이의 응집력이 크므로 모양이 더 둥글게 된다.
- ㉠ 물 대신 에탄올을 사용하여 과정 (가)를 반복한다.
→ 에탄올은 물보다 분자 간 힘인 응집력이 작다.
- ✗ 유리판 대신 양초를 균일하게 바른 유리판을 이용하여 과정 (가)를 반복한다.
→ 극성 물질로 이루어진 유리판 위에 무극성 물질인 양초를 바른면 물과 판 사이의 부착력이 작아져 물방울의 모양이 더 둥글게 된다.

08 | 선택지 분석 |

~~✗~~ 밀도

→ 물이 얼면 부피가 증가하므로 밀도는 감소한다.

~~✗~~ 질량

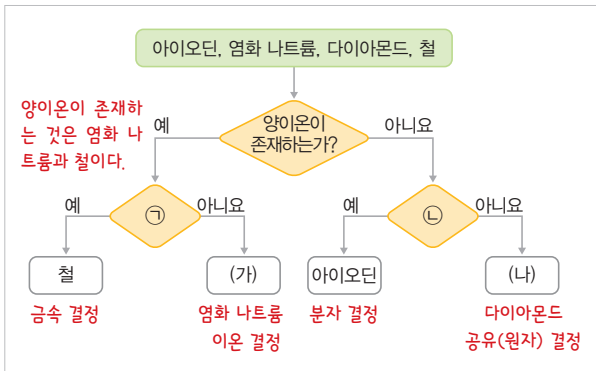
→ 상태가 변해도 물질을 이루는 입자 수가 일정하므로 질량은 일정하다.

~~㉔~~ 분자당 평균 수소 결합 수

→ 물이 얼 때 분자 간 힘인 수소 결합 수가 증가하여 분자 간 힘이 커진다.

09 (가)의 단위 세포에 들어 있는 A 이온은 8개이다. 또한 B 이온은 정육면체의 꼭짓점과 면에 위치하므로 이온 수는 $\frac{1}{8} \times 8 + \frac{1}{2} \times 6 = 4$ 이다. 이로부터 (가)에서 양이온 A 수와 음이온 B 수의 비가 2 : 1이므로 화학식은 A_2B 이다. (나)의 단위 세포에 들어 있는 A 이온은 정육면체의 모서리와 중심에 위치하므로 이온 수는 $\frac{1}{4} \times 12 + 1 = 4$ 이다. 또한 C 이온은 정육면체의 꼭짓점과 면에 위치하므로 이온 수는 $\frac{1}{8} \times 8 + \frac{1}{2} \times 6 = 4$ 이다. 따라서 (나)에서 A 이온 수와 C 이온 수비가 1 : 1이므로 화학식은 AC이다.

10 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

~~✗~~ '액체 상태에서 전기 전도성이 있는가?'는 ㉑으로 적절하다.

→ 금속 결정인 철과 이온 결정인 염화 나트륨은 모두 액체 상태에서 전기 전도성이 있으므로 두 물질을 구분하는 기준으로 적절하지 않다.

~~✗~~ '공유 결합 물질인가?'는 ㉒으로 적절하다.

→ 아이오딘과 다이아몬드는 모두 공유 결합 물질이므로 두 물질을 구분하는 기준으로 적절하지 않다.

~~㉔~~ 녹는점은 (나) > (가)이다.

→ 녹는점은 공유(원자) 결정인 (나)가 이온 결정인 (가)보다 높다.

11 | 선택지 분석 |

~~㉑~~ x는 2이다.

→ (가)에서 만든 A 수용액의 몰 농도가 0.1 M이고, 용액의 부피가 500 mL이므로 용액 속 용질의 양(mol)은 0.05몰이다. A의 화학식량이 40이므로 0.05몰의 질량은 2 g이다.

~~㉒~~ y는 25이다.

→ (다)에서 만든 A 수용액의 몰 농도가 0.01 M, 250 mL이므로 용액 속 용질의 양(mol)은 0.0025몰이다. 0.0025몰을 포함한 0.1 M 수용액의 부피는 25 mL이다.

~~㉔~~ (다)에서 만든 0.01 M A 수용액의 퍼센트 농도는 0.04 %이다.

→ (다)의 부피가 250 mL이고, 밀도가 1.0 g/mL이므로 용액의 질량은 250 g이다. 이 속에 녹아 있는 용질의 양(mol)은 0.0025몰, 즉 0.1g이므로 퍼센트 농도는 $\frac{0.1}{250} \times 100 = 0.04(\%)$ 이다.

12 | 자료 분석 |

수용액	물의 질량(g)	용질의 질량(g)		어는점(°C)
		A	B	
(가)	100	48		$-4k$
(나)	200		72	$-k$
(다)	300	36	36	x

• 어는점 내림은 용액의 몰랄 농도에 비례한다.

→ 몰랄 농도는 (가)가 (나)의 4배이다.

• A와 B의 분자량을 각각 a, b라고 하면 $\frac{\frac{48}{a}}{0.1} : \frac{\frac{72}{b}}{0.2} = 4 : 1$ 이다.

→ $a : b = 1 : 3$

| 선택지 분석 |

~~✗~~ 분자량은 A가 B의 1.5배이다.

→ 분자량은 A가 B의 $\frac{1}{3}$ 이다.

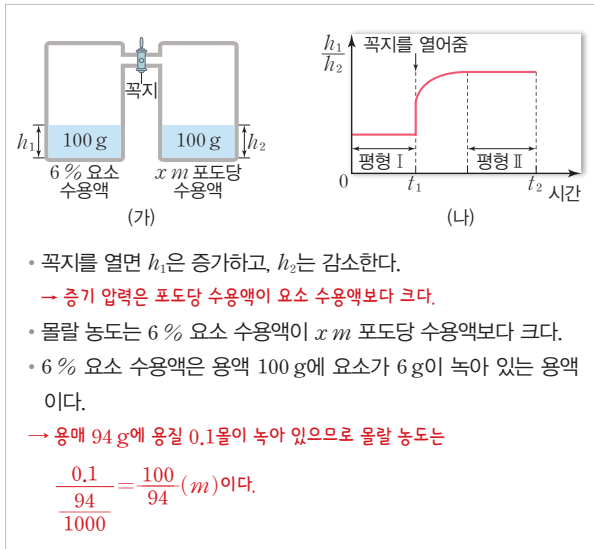
~~㉑~~ x는 $-\frac{4}{3}k$ 이다.

→ 용매 100 g에 A 48 g이 녹아 있을 때 어는점 내림이 $4k$ 이므로 용매 300 g에 A 36 g이 녹아 있을 때 어는점 내림은 k 이다. 마찬가지로 용매 200 g에 B 72 g이 녹아 있을 때 어는점 내림이 k 이므로 물 300 g에 B 36 g이 녹아 있을 때 어는점 내림은 $\frac{1}{3}k$ 이다. (다)에서 어는점 내림이 $\frac{4}{3}k$ 이므로 $x = -\frac{4}{3}k$ 이다.

~~㉔~~ (가)와 (나)를 혼합한 용액의 어는점은 $\frac{3}{2}x$ °C이다.

→ (가)와 (나)를 혼합한 용액은 용매의 질량이 300 g이고, A의 질량이 48 g, B의 질량이 72 g이다. 이로부터 A에 의한 어는점 내림은 $\frac{4}{3}k$ 이고, B에 의한 어는점 내림은 $\frac{2}{3}k$ 이므로 어는점 내림은 $2k$ 이다. 어는점 내림이 $\frac{4}{3}k$ 일 때가 x °C이므로 어는점 내림이 $2k$ 일 때는 $\frac{3}{2}x$ °C이다.

13 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

X $x > 1.07$ 이다.
 < 1.064

⇒ (가)에서 요소의 몰랄 농도가 $\frac{100}{94} \approx 1.0640$ 이므로 포도당 수용액의 몰랄 농도는 이보다 작다.

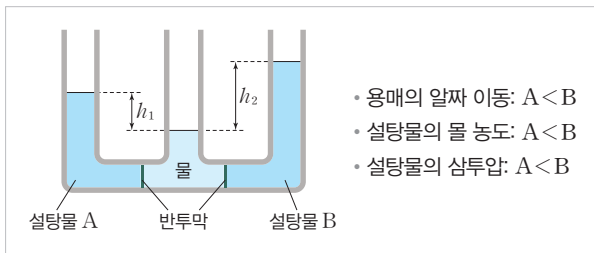
X (가)에서 증발 속도는 요소 수용액이 포도당 수용액보다 빠르다.

⇒ 수용액의 증기 압력은 포도당 수용액이 요소 수용액보다 크므로 용액에서 용매의 증발 속도는 포도당 수용액이 요소 수용액보다 빠르다.

○ 요소의 몰 분율은 I에서가 II에서보다 크다.

⇒ 꼭지를 열면 요소 수용액의 부피가 증가하므로 요소 수용액의 농도가 감소한다. 따라서 요소의 몰 분율은 I에서가 II에서보다 크다.

14 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

X 기준 끓는점은 A가 B보다 높다.

⇒ 용액의 농도는 $A < B$ 이므로 기준 끓는점은 B가 A보다 높다.

X 25℃에서 증기 압력은 B가 A보다 크다.

⇒ 용매의 몰 분율은 농도가 작은 A가 B보다 크므로 증기 압력은 A가 B보다 크다.

○ 온도를 50℃로 높이면 $(h_2 - h_1)$ 은 증가한다.

⇒ 온도를 높이면 온도에 비례하여 각 수용액의 삼투압이 커지므로 두 수용액의 삼투압 차이 $(h_2 - h_1)$ 은 증가한다.

15 대기압을 x 기압이라고 하면 기체 A의 압력은 $2x$ 기압이고, 기체 B와 C의 압력은 각각 $2x$ 기압, $3x$ 기압이다. 각 기체가 들어 있는 실린더가 동일하므로 실린더에서 피스톤까지의 높이비는 부피비와 같다. 이상 기체 방정식 $PV = nRT$ 로부터 일정한 온도에서 기체의 양(mol)은 압력과 부피의 곱에 비례하며, 물질의 양(mol)은 물질의 질량을 몰 질량으로 나누어 구할 수 있다.

채점 기준	배점
각 기체의 압력과 부피로부터 기체의 양을 비교하여 분자량비를 유효하게 구한 경우	100%
기체의 양과 분자량 관계만을 쓴 경우	50%

16 (2) 분자량이 같아도 분자의 모양이 다르면 끓는점이 달라진다. 분자의 모양이 넓게 퍼진 것일수록 분자의 표면적이 커서 편극이 쉽게 일어나므로 분산력이 크고, 물질의 끓는점이 높다.

채점 기준	배점
분자의 표면적이 크기 때문에 분산력이 크다고 서술한 경우	100%
분산력이 크다고만 쓴 경우	50%

17 비휘발성, 비전해질 용질이 녹아 있는 묽은 용액의 어는점 내림은 용질의 종류에 관계없이 일정량의 용매에 녹아 있는 용질의 양(mol), 즉 몰랄 농도(m)에 비례한다.

채점 기준	배점
용액의 어는점 내림과 몰랄 농도의 관계를 제시하여 분자량을 유효하게 구한 경우	100%
몰랄 농도비로 분자량을 유효하게 구한 경우	80%

18 단위 세포 속의 입자 수는 단위 세포 속에 존재하는 실제 입자의 총수를 의미하며, 꼭짓점에 있는 입자는 $\frac{1}{8}$ 입자가, 모서리에 있는 입자는 $\frac{1}{4}$ 입자가, 면의 중심에 있는 입자는 $\frac{1}{2}$ 입자가 단위 세포에 속한다.

채점 기준	배점
단위 세포 속 A 이온 수와 B 이온 수를 유효하게 구하여 구성 이온 수비로 화학식을 유효하게 구한 경우	100%
화학식만을 유효하게 구한 경우	50%

19 (1) X는 금속 양이온과 자유 전자 사이의 금속 결합으로 이루어진 금속 결정이다. Y는 양이온과 음이온 사이의 이온 결합으로 이루어진 이온 결정이다.

(2) 금속 결정의 특징은 자유 전자에 의해 나타나는데, 자유 전자는 한 원자에 속해 있지 않고, 수많은 금속 양이온 사이를 이동하여 여러 가지 금속의 특징이 나타난다.

채점 기준	배점
힘을 받은 후 금속 결합은 유지되지만 이온 결정에서는 반발력이 작용하여 이온 결합을 유지할 수 없다고 서술한 경우	100%
힘을 받은 후의 결과만을 유효하게 쓴 경우	40%



1

>>> 반응엔탈피

01~ 반응엔탈피와 열화학 반응식

탐구POOL

119쪽

01 물 02 (1) ○ (2) × (3) ○

01 간이 열량계로 열량을 측정하는 경우 외부 공기나 플라스크를 데우는 데 열이 소모되므로 에탄올이 연소될 때 발생한 열량은 모두 물이 흡수한다고 가정하고 실험한다.

- 02 (1) 에탄올이 연소할 때 발생한 열량은 모두 물이 흡수하므로 발생한 열량만큼 물의 온도가 증가한다.
 (2) 연소 후 알코올램프의 질량은 연소 전 온도와 같아질 때까지 식힌 후 측정해야 한다.
 (3) 연소 엔탈피는 1몰에 대한 값이므로 에탄올의 분자량을 알아야 구할 수 있다.

꼭꼭! 개념 확인하기

120쪽

✓ 잠깐 확인!

1 엔탈피 2 반응엔탈피 3 화학, 열 4 흡열 5 열화학 6 표준 생성 7 열량계

01 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × 02 ㉠ 발열, ㉡ 흡열 03 (1) × (2) ○ (3) ○ 04 $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$ $\Delta H = -92 \text{ kJ}$ 05 (1) 연소 (2) 분해 (3) 용해

- 01 (1) 일정한 압력에서 어떤 물질이 가지는 고유한 에너지가 엔탈피이다.
 (2) 엔탈피는 물질의 상태에 따라 달라지므로 엔탈피를 나타낼 때에는 물질의 상태를 반드시 표시해야 한다.
 (3) 화학 반응이 일어날 때 반응물과 생성물의 엔탈피 차이만큼 에너지를 방출하거나 흡수한다.
 (4) 발열 반응은 반응물의 엔탈피 합이 생성물의 엔탈피 합보다 커 열을 방출하는 반응으로, 화학 반응이 일어날 때 엔탈피가 감소하므로 $\Delta H < 0$ 이다.

02 화학 반응이 일어날 때 반응엔탈피(ΔH)가 0보다 작은 반응을 발열 반응, 반응엔탈피(ΔH)가 0보다 큰 반응을 흡열 반응이라고 한다.

03 물이 수증기로 기화될 때 엔탈피가 증가했으므로 이 반응은 흡열 반응이다. 흡열 반응은 생성물의 엔탈피 합이 반

응물의 엔탈피 합보다 크므로, 반응이 일어날 때 열을 흡수하여 주위의 온도가 내려간다.

04 암모니아가 생성될 때 열에너지를 방출하였으므로 반응이 일어날 때 엔탈피가 감소하며, 반응엔탈피는 (－)로 표시한다. 열화학 반응식에서 출입하는 열에너지는 반응하는 물질의 몰수에 비례한다.

05 연소 반응은 발열 반응이므로 $\Delta H < 0$ 이고, 분해 엔탈피는 생성 엔탈피와 크기는 같고 부호만 다르다.

탄탄! 내신 다지기

121쪽~123쪽

01 ② 02 ③ 03 ⑤ 04 ⑤ 05 ④
 06 $C(s, \text{흑연}) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$ $\Delta H = -394 \text{ kJ}$
 07 ② 08 ④ 09 ③ 10 ⑤ 11 ①
 12 -286 kJ/mol , -286 kJ/mol 13 ① 14 ③ 15 ②
 16 ⑤

01 | 선택지 분석 |

✗ 발열 반응의 반응엔탈피(ΔH)는 0보다 크다.
 작다

⇒ 발열 반응은 반응물의 엔탈피 합이 생성물의 엔탈피 합보다 커 열을 방출하는 반응으로 반응이 일어날 때 엔탈피가 낮아지므로 반응엔탈피는 0보다 작다.

㉠ 흡열 반응이 일어나면 주위의 온도가 내려간다.

⇒ 흡열 반응이 일어나면 주위의 열을 흡수하므로 주위의 온도가 내려간다.

㉡ 발열 반응이 일어나면 화학 에너지가 열에너지 형태로 방출된다.

⇒ 발열 반응이 일어나면 엔탈피가 낮아지므로 화학 에너지가 열에너지로 변환되어 방출된다.

✗ 흡열 반응에서 반응물의 엔탈피 합이 생성물의 엔탈피 합보다 크다.
 작다

⇒ 흡열 반응은 반응물의 엔탈피 합이 생성물의 엔탈피 합보다 작아 열을 흡수하는 반응이다.

02 발열 반응은 반응물의 엔탈피 합이 생성물의 엔탈피 합보다 크므로 반응엔탈피는 0보다 작다.

03 | 선택지 분석 |

✗ 물을 가열하였더니 수증기가 되었다.

⇒ 물이 열을 흡수하면 수증기가 되므로 물의 엔탈피는 수증기의 엔탈피보다 작다.

㉠ 마그네슘이 산화되어 산화 마그네슘이 되었다.

⇒ 마그네슘이 산화될 때 에너지를 방출한다.

㉡ 메테인이 완전 연소되면서 이산화 탄소와 물이 생성되었다.

⇒ 메테인이 연소될 때 에너지를 방출한다.

04 | 선택지 분석 |

ㄱ 발열 반응이다.

→ 반응 (가)가 일어날 때 엔탈피가 감소하였으므로 이 반응은 발열 반응이다.

ㄴ 반응엔탈피(ΔH)는 0보다 작다.

→ 발열 반응의 반응엔탈피는 0보다 작다.

ㄷ 반응이 일어날 때 주위의 온도는 올라간다.

→ 반응물의 엔탈피가 생성물의 엔탈피보다 크므로 반응이 일어날 때 엔탈피 차만큼 열을 방출한다. 따라서 반응이 일어날 때 주위의 온도는 높아진다.

05 열화학 반응식에서 반응물과 생성물의 화학식 옆에 표시된 기호(s, l, g, aq)로부터 반응물과 생성물의 상태를 알 수 있다. 또한 반응엔탈피로부터 반응물과 생성물의 엔탈피 차를 알 수 있다. 그러나 물질이 가지는 엔탈피의 절대량은 알 수 없다.

06 C 6 g은 0.5몰이고 C(흑연) 6 g을 완전 연소시켰을 때 197 kJ의 열에너지가 방출되었으므로, C(흑연) 1몰을 완전 연소시켰을 때 방출되는 열에너지는 394 kJ이다. 따라서 연소 반응의 열화학 반응식은 $C(s, \text{흑연}) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) \Delta H = -394 \text{ kJ}$ 이다.

07 발열 반응은 반응이 일어날 때 열을 방출하므로 $\Delta H < 0$ 인 반응이고, 흡열 반응은 반응이 일어날 때 열을 흡수하므로 $\Delta H > 0$ 인 반응이다. ㉠에서 $H_2(g)$ 가 분해되어 $2H(g)$ 가 될 때 열을 흡수하므로 반응엔탈피가 0보다 크다. 따라서 이 반응은 흡열 반응이다.

08 | 선택지 분석 |

✗ 엔탈피는 증가한다.
감소

→ $SO_2(g)$ 과 $O_2(g)$ 의 반응은 발열 반응이므로 반응이 일어날 때 열에너지를 방출하며 엔탈피는 낮아진다.

ㄴ 기체의 양(몰)은 감소한다.

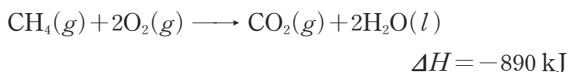
→ 반응물의 계수 합이 생성물보다 크므로 반응이 일어날 때 기체의 양은 감소한다.

ㄷ $SO_2(g)$ 1몰이 반응할 때 98 kJ의 열에너지를 방출한다.

→ $SO_2(g)$ 2몰이 반응할 때 196 kJ의 열에너지를 방출하므로 $SO_2(g)$ 1몰이 반응할 때는 98 kJ의 열에너지를 방출한다.

09 | 선택지 분석 |

메테인의 완전 연소 반응의 열화학 반응식은 다음과 같다.



ㄱ 반응한 $O_2(g)$ 의 양은 1몰이다.

→ 반응 몰비는 $O_2 : H_2O = 1 : 1$ 이므로 반응한 $O_2(g)$ 의 양은 1몰이다.

ㄴ 생성된 $CO_2(g)$ 의 질량은 22 g이다.

→ 반응 몰비는 $CO_2 : H_2O = 1 : 2$ 이므로 생성된 $CO_2(g)$ 의 양은 0.5몰이다. 따라서 생성된 $CO_2(g)$ 의 질량은 $0.5 \text{ 몰} \times 44 \text{ g/몰} = 22 \text{ g}$ 이다.

✗ 25 °C, 1기압에서 $CH_4(g)$ 1몰이 완전 연소할 때의 반응엔탈피는 445 kJ이다.

→ $CH_4(g)$ 0.5몰이 완전 연소할 때 방출되는 에너지가 445 kJ이므로 $CH_4(g)$ 1몰이 완전 연소할 때의 반응엔탈피는 -890 kJ이다.

10 | 선택지 분석 |

ㄱ 연소 엔탈피는 물질 1몰이 완전 연소할 때의 반응엔탈피이다.

→ 연소 엔탈피는 어떤 물질 1몰이 완전 연소할 때의 반응엔탈피이다.

ㄴ 생성 엔탈피는 분해 엔탈피와 크기는 같지만 부호는 다르다.

→ 생성 엔탈피는 어떤 물질 1몰이 가장 안정한 성분 원소 물질로부터 생성될 때의 반응엔탈피이다.

ㄷ 중화 엔탈피는 산의 H^+ 과 염기의 OH^- 이 반응하여 물 1몰이 생성될 때의 반응엔탈피이다.

→ $H^+(aq) + OH^-(aq) \rightarrow H_2O(l)$ 의 반응에서 물 1몰이 생성될 때의 반응엔탈피이므로 산과 염기의 종류와 관계없이 일정하다.

11 | 선택지 분석 |

ㄱ (가)와 (나)는 모두 발열 반응이다.

→ (가)와 (나)는 반응엔탈피가 모두 0보다 작으므로 발열 반응이다.

✗ $CO_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 -283.9 kJ/mol이다.

→ 생성 엔탈피는 어떤 물질 1몰이 가장 안정한 원소로부터 생성될 때의 에너지이므로 $CO_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 -283.9 kJ/mol이 아니다.

✗ NO(g)의 분해 엔탈피는 -180.6 kJ/mol이다.
-90.3

→ 분해 엔탈피는 어떤 물질 1몰이 가장 안정한 성분 원소로 분해될 때의 에너지이므로 -90.3 kJ/mol이다.

12 $H_2(g)$ 의 연소 엔탈피는 $H_2(g)$ 1몰이 연소되어 $H_2O(l)$ 이 될 때의 반응엔탈피이므로

$\Delta H = -\frac{572}{2} = -286 \text{ kJ/mol}$ 이다. 또한 $H_2O(l)$ 의 표준 생성 엔탈피는 $H_2(g)$ 의 연소 엔탈피와 같으므로 -286 kJ/mol이다.

13 | 선택지 분석 |

ㄱ 물에 녹였을 때 수용액의 온도가 올라가는 물질은 2가지이다.

→ $\Delta H < 0$ 인 반응은 발열 반응이므로 용해가 일어날 때 열을 방출한다. 따라서 물에 녹였을 때 수용액의 온도가 올라가는 물질은 NaOH(s)과 HCl(g)의 2가지이다.

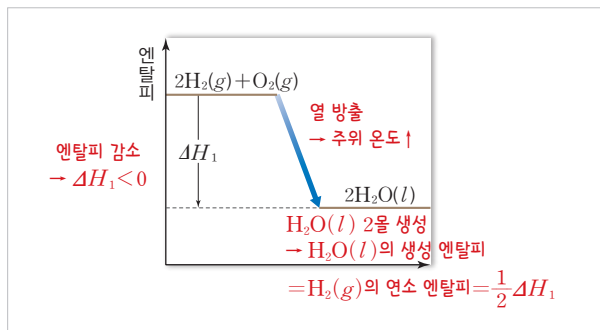
✗ 1몰을 물에 녹였을 때 열 출입이 가장 많은 물질은 (나)이다.
(다)

→ 1몰을 물에 녹였을 때 열 출입이 가장 많은 물질은 $|\Delta H|$ 가 가장 큰 물질이므로 (다) HCl(g)이다.

✗ $H_2(g) + Cl_2(g) \longrightarrow 2HCl(aq)$ 의 반응엔탈피는 -150.6 kJ이다.

⇒ $\text{HCl}(g)$ 의 용해 엔탈피는 $\text{HCl}(g) \longrightarrow \text{HCl}(aq)$ 의 반응엔탈피이며, $\text{H}_2(g) + \text{Cl}_2(g) \longrightarrow 2\text{HCl}(aq)$ 의 반응엔탈피를 구하려면 $\text{HCl}(g)$ 의 생성 엔탈피를 알아야 한다.

14 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

㉠ 반응이 일어날 때 주위의 온도는 높아진다.

⇒ 발열 반응이 일어날 때 주위의 온도는 높아진다.

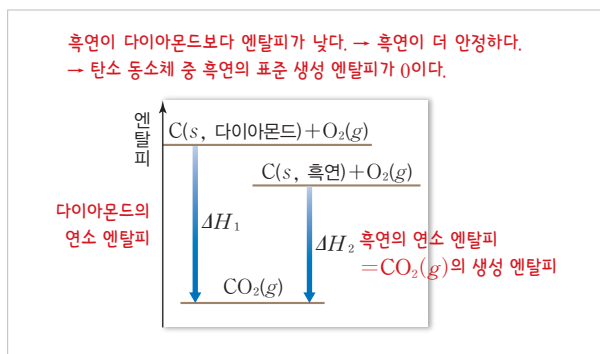
❌ $\text{H}_2(g)$ 의 연소 엔탈피는 $\frac{2}{1}\Delta H_1$ 이다.

⇒ 연소 엔탈피는 물질 1몰이 완전 연소될 때 방출하는 에너지이므로 $\text{H}_2(g)$ 의 연소 엔탈피는 $\frac{1}{2}\Delta H_1$ 이다.

㉡ $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 분해 엔탈피는 $-\frac{1}{2}\Delta H_1$ 이다.

⇒ $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 분해 엔탈피는 생성 엔탈피와 크기는 같고 부호만 다르다. $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 생성 엔탈피는 $\frac{1}{2}\Delta H_1$ 이므로 분해 엔탈피는 $-\frac{1}{2}\Delta H_1$ 이다.

15 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

❌ $\Delta H_1 > \Delta H_2$ 이다.

⇒ $\text{CO}_2(g)$ 의 생성 반응은 발열 반응이므로 $\Delta H_1 < 0$, $\Delta H_2 < 0$ 이다. 따라서 $\Delta H_2 > \Delta H_1$ 이다.

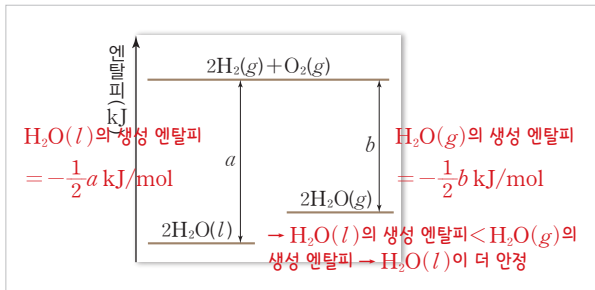
㉠ $\text{C}(s, \text{흑연})$ 이 $\text{C}(s, \text{다이아몬드})$ 보다 안정하다.

⇒ 엔탈피는 $\text{C}(s, \text{흑연})$ 이 $\text{C}(s, \text{다이아몬드})$ 보다 작으므로 $\text{C}(s, \text{흑연})$ 이 $\text{C}(s, \text{다이아몬드})$ 보다 안정하다.

❌ $\text{CO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 ΔH_1 이다.

⇒ 생성 엔탈피는 성분 원소의 동소체 중 가장 안정한 물질로부터 생성될 때의 에너지이다. 따라서 $\text{CO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 ΔH_2 이다.

16 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

㉠ $\text{H}_2(g)$ 의 연소 엔탈피

⇒ $2\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g) \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}(l)$ $\Delta H = -a$ kJ이므로 $\text{H}_2(g)$ 의 연소 엔탈피는 $-\frac{1}{2}a$ kJ/mol이다.

㉡ $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 분해 엔탈피

⇒ $2\text{H}_2\text{O}(g) \longrightarrow 2\text{H}_2(g) + \text{O}_2(g)$ $\Delta H = +b$ kJ이므로 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 분해 엔탈피는 $\frac{1}{2}b$ kJ/mol이다.

㉢ $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 기화 엔탈피

⇒ $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 기화 엔탈피는 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 생성 엔탈피에서 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 생성 엔탈피를 뺀 값과 같다.

도전! 실력 올리기

124쪽~125쪽

01 ㉠ 02 ㉢ 03 ㉢ 04 ㉠ 05 ㉡ 06 ㉠

07 ㉠ 생성 엔탈피 ㉡ $\text{H}_2\text{O}(g)$ ㉢ $\text{H}_2\text{O}(l)$

08 | 모범 답안 | 제시된 반응의 열화학 반응식은

$\text{CO}(g) + 3\text{H}_2(g) \longrightarrow \text{CH}_4(g) + \text{H}_2\text{O}(l)$ ΔH 이고, $\Delta H = (\text{CH}_4(g)$ 의 생성 엔탈피 + $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 생성 엔탈피 - $\text{CO}(g)$ 의 생성 엔탈피 + $\text{H}_2(g)$ 의 생성 엔탈피인데, $\text{H}_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 0이고, $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 생성 엔탈피는 $\text{H}_2(g)$ 의 연소 엔탈피와 같으므로 $\Delta H = (b + a - d)$ kJ/mol이다.

09 | 모범 답안 | 1% 수용액에는 용질 1g이 들어 있다. 1% 수용액에 들어 있는 용질의 양(몰)은 $\text{HCl}(g)$ 가 $\text{NaOH}(s)$ 보다 크므로 1% 수용액 100 g을 만들 때 방출하는 에너지는 $\text{HCl}(g)$ 를 녹일 때가 더 크다.

01 | 선택지 분석 |

㉠ 반응엔탈피(ΔH)는 0보다 작다.

⇒ 반응물의 엔탈피가 생성물의 엔탈피보다 크므로 반응이 진행될 때 에너지를 방출하고 엔탈피는 낮아진다. 따라서 반응 (가)는 발열 반응이며, 반응엔탈피는 0보다 작다.

❌ 반응이 진행될 때 주위의 온도는 낮아진다.

⇒ 발열 반응이 진행될 때 주위의 온도는 높아진다.

㉡ (가)는 염산과 수산화 나트륨의 반응과 에너지 출입 방향이 같다.

⇒ 염산과 수산화 나트륨의 반응에서 중화열을 방출하므로 (가)는 염산과 수산화 나트륨의 반응과 에너지 출입 방향이 같다.

02 | 선택지 분석 |

㉠ 반응이 일어나면 주위의 온도는 높아진다.
 ⇒ 반응이 일어날 때 엔탈피 차이만큼 에너지를 방출하므로 주위의 온도는 높아진다.

✗ NO(g)의 생성 엔탈피(ΔH)는 ~~180.6~~ ^{90.3} kJ/mol이다.
 ⇒ 생성 엔탈피는 물질 1몰이 가장 안정한 성분 원소로부터 생성될 때의 에너지이다. NO(g) 2몰이 생성될 때 반응엔탈피는 180.6 kJ이므로 NO(g)의 생성 엔탈피는 90.3 kJ/mol이다.

㉡ 15 g의 NO(g)가 반응할 때 방출하는 에너지는 45.15 kJ이다.
 ⇒ NO의 분자량은 30이므로 15 g은 0.5몰이다. NO(g) 2몰이 분해될 때 180.6 kJ의 에너지가 방출되므로 0.5몰이 분해될 때에는 45.15 kJ의 에너지를 방출한다.

03 | 선택지 분석 |

㉠ CO₂(g)의 생성 엔탈피는 ΔH_1 이다.
 ⇒ 생성 엔탈피는 물질 1몰이 가장 안정한 성분 원소로부터 생성될 때의 에너지이다. 따라서 ΔH_1 이다.

✗ H₂(g)의 연소 엔탈피는 ~~ΔH_2~~ ^{$\frac{1}{2}\Delta H_2$} 이다.
 ⇒ H₂(g)의 연소 엔탈피는 H₂O(l)의 생성 엔탈피와 같으며, $\frac{1}{2}\Delta H_2$ 이다.

㉡ ΔH_3 를 구하기 위해 C₃H₈(g)의 생성 엔탈피를 알아야 한다.
 ⇒ 반응엔탈피는 반응물과 생성물의 생성 엔탈피를 이용하여 구한다. $\Delta H_3 = 3 \times \text{CO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피 + $4 \times \text{H}_2\text{O}(l)$ 의 생성 엔탈피 - (C₃H₈(g)의 생성 엔탈피)이므로 ΔH_3 를 구하려면 C₃H₈(g)의 생성 엔탈피가 필요하다.

04 | 선택지 분석 |

㉠ C₂H₆(g)가 C₂H₂(g)보다 안정하다.
 ⇒ ㄱ. 성분 원소의 종류가 같은 경우 생성 엔탈피가 작을수록 에너지가 낮고 안정하다.

✗ C₂H₆(g)의 분해 엔탈피는 ~~-84~~ ⁸⁴ kJ/mol이다.
 ⇒ 분해 엔탈피는 생성 엔탈피와 크기는 같고 부호는 반대이므로 C₂H₆(g)의 분해 엔탈피는 84 kJ/mol이다.

✗ C₂H₂(g) + 2H₂(g) → C₂H₆(g)의 반응엔탈피는 ~~312~~ ⁻³¹² kJ/mol이다.
 ⇒ C₂H₂(g)와 H₂(g)가 반응하여 C₂H₆(g)가 생성될 때 에너지를 방출하며 이 반응의 반응엔탈피는 -312 kJ/mol이다.

05 | 선택지 분석 |

✗ H₂(g)의 연소 엔탈피는 ~~-242~~ ^{생성 엔탈피} kJ/mol이다.
 ⇒ 연소 엔탈피는 어떤 물질 1몰이 완전 연소될 때의 에너지로 생성물은 가장 안정한 상태여야 한다. 따라서 H₂(g)의 연소 엔탈피는 H₂(g) + $\frac{1}{2}$ O₂(g) → H₂O(l)의 반응엔탈피이므로 -242 kJ/mol이 아니다.

㉠ CH₃OH(l)의 분해 엔탈피는 239 kJ/mol이다.
 ⇒ CH₃OH(l)의 분해 엔탈피는 생성 엔탈피와 크기가 같고 부호는 반대이므로 239 kJ/mol이다.

✗ N₂(g) + O₂(g) → 2NO(g)의 반응엔탈피는 90 kJ/mol이다.
 ⇒ 이 반응의 반응엔탈피는 NO(g)의 생성 엔탈피의 2배이므로 180 kJ/mol이다.

06 | 선택지 분석 |

㉠ H₂(g)의 연소 엔탈피는 -286 kJ/mol이다.
 ⇒ H₂O(l)의 생성 반응은 다음과 같다.

$$\text{H}_2(g) + \frac{1}{2}\text{O}_2(g) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(l) \quad \Delta H = -286 \text{ kJ}$$
 따라서 H₂(g)의 연소 엔탈피는 -286 kJ/mol이다.

✗ C(s, 다이아몬드)의 연소 엔탈피는 -394 kJ/mol이다.
 ⇒ 표준 상태에서 탄소 동소체 중 가장 안정한 물질은 흑연이므로 CO₂(g)의 생성 반응은 다음과 같다.

$$\text{C}(s, \text{흑연}) + \text{O}_2(g) \rightarrow \text{CO}_2(g) \quad \Delta H = -394 \text{ kJ}$$
 따라서 C(s, 다이아몬드)의 연소 엔탈피는 -394 kJ/mol이 아니다.

✗ C₂H₂(g)의 연소 엔탈피는 ~~-846~~ ¹³⁰¹ kJ/mol이다.
 ⇒ C₂H₂(g)의 연소 반응은 다음과 같다.

$$\text{C}_2\text{H}_2(g) + \frac{5}{2}\text{O}_2(g) \rightarrow 2\text{CO}_2(g) + \text{H}_2\text{O}(l) \quad \Delta H$$
 따라서 C₂H₂(g)의 연소 엔탈피는 $2 \times (-394) + (-286) = -1301$ kJ/mol이다.

07 생성 엔탈피는 물질 1몰이 성분 원소로 분해될 때 출입하는 에너지로, 같은 원소로 구성된 물질의 경우 생성 엔탈피가 작을수록 상대적으로 안정하다.

08 | 자료 분석 |

물질	생성 엔탈피(kJ/mol)	연소 엔탈피(kJ/mol)
H ₂ (g)	0	$a = \text{H}_2\text{O}(l)$ 의
CH ₄ (g)	b	c 생성 엔탈피
CO(g)	d	
C(s, 흑연)		$e = \text{CO}_2(g)$ 의
$\text{C}(s, \text{흑연}) + 2\text{H}_2(g) \rightarrow \text{CH}_4(g) \quad \Delta H = b$ $\text{CH}_4(g) + 2\text{O}_2(g) \rightarrow \text{CO}_2(g) + 2\text{H}_2\text{O}(l) \quad \Delta H = c$ $\text{C}(s, \text{흑연}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(g) \rightarrow \text{CO}(g) \quad \Delta H = d$		

제시된 반응의 열화학 반응식은 다음과 같다.

$$\text{CO}(g) + 3\text{H}_2(g) \rightarrow \text{CH}_4(g) + \text{H}_2\text{O}(l) \quad \Delta H$$
 반응엔탈피는 반응물과 생성물의 표준 생성 엔탈피로 구할 수 있다. $\Delta H = (\text{CH}_4(g)$ 의 생성 엔탈피 + H₂O(l)의 생성 엔탈피 - CO(g)의 생성 엔탈피) + H₂(g)의 생성 엔탈피인데, H₂(g)의 생성 엔탈피는 0이고, H₂O(l)의 생성 엔탈피는 H₂(g)의 연소 엔탈피와 같으므로

$$\Delta H = (b + a - d) \text{ kJ/mol}$$
이다.

채점 기준	배점
제시된 반응을 열화학 반응식으로 나타내고 각 물질의 생성 엔탈피로부터 반응엔탈피를 구하는 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
열화학 반응식만 옳게 제시하였거나 각 물질의 생성 엔탈피로부터 반응엔탈피만 옳게 구한 경우	50 %

- 09** 1% 수용액 100 g에는 용질 1 g이 들어 있다. 1% 수용액에 들어 있는 용질의 양(몰)은 화학식량이 작은 $\text{HCl}(g)$ 가 $\text{NaOH}(s)$ 보다 크므로 1% 수용액 100 g을 만들 때 방출하는 에너지는 $\text{HCl}(g)$ 를 녹일 때가 더 크다.

채점 기준	배점
녹아 있는 용질의 양(몰)을 비교한 후 방출하는 에너지의 크기를 옳게 비교하여 서술한 경우	100%
$\text{HCl}(g)$ 를 녹일 때가 $\text{NaOH}(s)$ 을 녹일 때보다 크다고만 서술한 경우	40%

02~헤스 법칙

개념POOL

130쪽

- 01** (1) $2a \text{ kJ/mol}$ (2) $b \text{ kJ/mol}$ (3) $-(c+d) \text{ kJ/mol}$
02 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ×

- 01** (1) $\text{O}_2(g)$ 의 결합 에너지는
 $\text{O}_2(g) \longrightarrow 2\text{O}(g)$ 의 반응엔탈피와 같다.
 (2) $\text{H}_2(g)$ 의 결합 에너지는
 $\text{H}_2(g) \longrightarrow 2\text{H}(g)$ 의 반응엔탈피와 같다.
 (3) $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 생성 엔탈피는
 $\text{H}_2(g) + \frac{1}{2}\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(l)$ 의 반응엔탈피와 같다.
- 02** (1) 결합이 끊어지는 반응은 흡열 반응이다.
 (2) 결합이 생성될 때 에너지를 방출한다.
 (3) $\text{H}_2(g) + \frac{1}{2}\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(g)$ 의 반응엔탈피(ΔH)
 는 $(\text{H}_2(g)$ 의 결합 에너지 $+\frac{1}{2} \times \text{O}_2(g)$ 의 결합 에너지)
 $-(2 \times \text{H}-\text{O}$ 의 결합 에너지)이므로
 $\text{H}-\text{O}$ 의 결합 에너지는 $\frac{(a+b+c)}{2} \text{ kJ/mol}$ 이다.
 (4) $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 해리 에너지는
 $\text{H}_2\text{O}(g) \longrightarrow 2\text{H}(g) + \text{O}(g)$ 의 반응엔탈피와 같으므로
 $\Delta H = (a+b+c) \text{ kJ/mol}$ 이다.
 (5) $\text{H}_2\text{O}(l)$ 은 액체 상태이므로 결합 에너지를 구할 수 없다.

탐구POOL

131쪽

- 01** 반응 경로 **02** (1) ○ (2) ○ (3) ○

- 01** 실험1의 반응엔탈피는 실험 2와 3의 반응엔탈피의 합과 같으므로 헤스 법칙이 성립함을 알 수 있다.

- 02** (1) $\text{NaOH}(s)$ 의 용해 반응은 온도가 올라가므로 발열 반응이다.
 (2) $\text{NaOH}(s)$ 의 용해 엔탈피는 $\Delta H_2 = 35.1 \text{ kJ/mol}$ 이다.
 (3) 묽은 염산과 수산화 나트륨 수용액의 반응엔탈피는 중화 엔탈피이다.

꼭꼭! 개념 확인하기

132쪽

✓ 잠깐 확인!

1 결합 에너지 **2** 반응물, 생성물 **3** 흡수, 방출 **4** 작다
5 반응 경로 **6** 종류, 상태 **7** 헤스 법칙

- 01** (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○ **02** (다) > (나) > (가)
03 -470 kJ/mol **04** ㉠ 상태, ㉡ 반응 경로
05 55 kJ/mol

- 01** (1) 결합 에너지는 공유 결합을 이루는 기체 상태의 분자에서 원자 사이의 공유 결합을 끊는 데 필요한 에너지이다.
 (3) 같은 원자 사이의 결합에서 결합수가 많을수록 결합 에너지가 크다.
 (4) 결합 에너지는 원자 사이의 결합을 끊는 데 필요한 에너지이므로 항상 0보다 크다.
- 02** 두 원자 사이의 공유 결합수가 많을수록 결합을 끊기 어려우므로 결합 에너지가 크다.
- 03** 반응엔탈피는 반응물의 결합 에너지 합에서 생성물의 결합 에너지 합을 뺀 값과 같다.
 $\Delta H = (\text{반응물의 결합 에너지 합}) - (\text{생성물의 결합 에너지 합})$
 $= (2 \times \text{H}-\text{H}$ 의 결합 에너지 $+\text{O}=\text{O}$ 의 결합 에너지)
 $-(2 \times 2 \times \text{H}-\text{O}$ 의 결합 에너지) $= -470 \text{ kJ/mol}$
- 04** 물질의 엔탈피는 일정 압력에서 물질이 가지는 에너지이므로 온도와 압력이 일정한 반응에서 반응 경로에 관계없이 반응 전후 물질의 종류와 상태가 같으면 엔탈피 변화는 같다.
- 05** 헤스 법칙에 따라 첫 번째 열화학 반응식에 2를 곱하고 두 번째 열화학 반응식을 뺀 후 세 번째 열화학 반응식에 3을 곱하여 더하면 제시된 반응의 반응엔탈피를 구할 수 있다.
 $\Delta H = 2 \times 20 - (-45) + 3 \times (-10) = 55 \text{ kJ/mol}$

탄탄! 내신 다지기

133쪽~135쪽

- 01** ③ **02** ④ **03** -99 kJ/mol **04** ③ **05** ③ **06** ④
07 ④ **08** ② **09** ③ **10** $(a-b) \text{ kJ}$ **11** ③ **12** ①
13 ⑤ **14** ①

01 | 선택지 분석 |

- ① 결합 에너지는 항상 0보다 크다.
 ⇒ 결합 에너지는 기체 상태의 물질을 구성하는 두 원자 사이의 공유 결합 1몰을 끊어 기체 상태의 원자로 만드는 데 필요한 에너지이므로 항상 0보다 크다.
- ② 결합의 세기가 클수록 결합 에너지가 크다.
 ⇒ 결합의 세기가 클수록 결합을 끊기 어려우므로, 원자 사이의 결합이 강할수록 결합 에너지가 크다.
- ③ 분자 1몰의 모든 결합을 끊을 때 필요한 에너지이다.
 ⇒ 결합 에너지는 원자와 원자 사이의 결합 1몰을 끊을 때 필요한 에너지이므로 분자를 구성하는 원자 사이의 결합이 2개 이상인 경우 각 결합의 결합 에너지가 필요하다.
- ④ C=C의 결합 에너지는 C—C의 결합 에너지보다 크다.
 ⇒ 다중 결합일수록 결합의 세기가 강하므로 결합 에너지가 크다.
- ⑤ $N_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2NO(g)$ 의 반응은 결합 에너지를 이용하여 반응엔탈피를 구할 수 있다.
 ⇒ 기체 반응의 경우 결합 에너지를 이용하여 반응엔탈피를 구할 수 있다.

02 | 선택지 분석 |

- ✗ 결합의 세기는 O—O가 H—Cl보다 작다.
 ⇒ 결합의 세기가 클수록 결합을 끊기 어려우므로 결합 에너지가 크다.
- ㉠ 두 원자 사이의 전기 음성도 차가 클수록 결합 에너지가 크다.
 ⇒ 전기 음성도 차이는 H—Cl가 H—Br보다 크므로 전기 음성도 차가 클수록 결합 에너지가 크다는 것을 알 수 있다.
- ㉡ 같은 원자 사이의 결합에서 공유 전자쌍 수가 많을수록 결합 에너지가 크다.
 ⇒ 같은 원자 사이의 결합이라도 결합 수가 증가할수록 결합을 끊기 어려우므로 결합 에너지가 크다.

03 기체 반응에서 반응엔탈피 ΔH =(반응물의 결합 에너지 합—생성물의 결합 에너지 합)으로 구할 수 있다.

$$\Delta H = (N \equiv N \text{의 결합 에너지}) + 3 \times (H-H \text{의 결합 에너지}) - 2 \times 3 \times (N-H \text{의 결합 에너지})$$

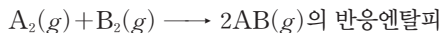
$$= 945 + 3 \times 436 - 6 \times 392 = -99 \text{ kJ/mol}$$

04 | 선택지 분석 |

- ㉠ 결합이 끊어질 때 에너지를 흡수한다.
 ⇒ $HCl(g) \longrightarrow H(g) + Cl(g)$ 은 흡열 반응이므로 결합이 끊어질 때 에너지를 흡수한다.
- ㉡ $HCl(g)$ 의 결합 에너지는 432 kJ/mol이다.
 ⇒ $HCl(g) \longrightarrow H(g) + Cl(g)$ 의 반응엔탈피와 같다.
- ✗ $HCl(g)$ 의 생성 엔탈피는 -432 kJ/mol이다.
 ⇒ $HCl(g)$ 의 생성 반응은 $\frac{1}{2}H_2(g) + \frac{1}{2}Cl_2(g) \longrightarrow HCl(g)$ 이므로 $HCl(g)$ 의 생성 엔탈피는 -432 kJ/mol이 아니다.

05 | 선택지 분석 |

반응엔탈피(ΔH)=반응물의 결합 에너지 합—생성물의 결합 에너지 합이므로



$$\Delta H = (A-A \text{의 결합 에너지} + B-B \text{의 결합 에너지}) - 2 \times (A-B \text{의 결합 에너지})$$

$$= 436 + 243 - 2 \times 432 = -185 \text{ kJ/mol}$$

㉠ $AB(g)$ 의 분해 엔탈피는 92.5 kJ/mol이다.

⇒ $AB(g)$ 의 분해 엔탈피는 92.5 kJ/mol이다.

✗ 반응이 일어나면 주위의 온도는 낮아진다.
 높아진다.

⇒ 이 반응의 반응엔탈피는 0보다 작으므로 발열 반응이다. 따라서 반응이 일어날 때 열을 방출하므로 주위의 온도는 높아진다.

㉡ 생성물의 결합 에너지 합은 반응물의 결합 에너지 합보다 크다.

⇒ 발열 반응에서 생성물의 결합 에너지 합은 반응물의 결합 에너지 합보다 크다.

06 | 선택지 분석 |

✗ $CO(g)$ 의 연소 엔탈피는 $-\frac{a}{2}$ kJ/mol이다.

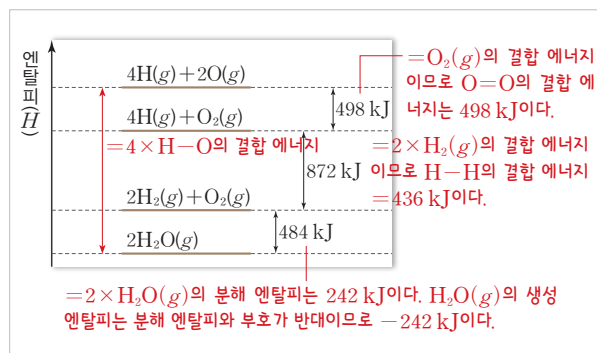
㉠ $CO_2(g)$ 는 $CO(g)$ 보다 안정한 화합물이다.

⇒ $CO(g)$ 의 연소 엔탈피는 $CO_2(g)$ 의 생성 엔탈피에서 $CO(g)$ 의 생성 엔탈피를 뺀 값과 같다. 따라서 $CO(g)$ 의 연소 반응은 발열 반응이므로 생성 엔탈피는 $CO(g)$ 가 $CO_2(g)$ 보다 크고, $CO_2(g)$ 가 $CO(g)$ 보다 안정한 화합물이다.

㉡ 반응물의 결합 에너지 합은 생성물의 결합 에너지 합보다 작다.

⇒ 발열 반응에서 반응물의 결합 에너지 합은 생성물의 결합 에너지 합보다 작다.

07 | 자료 분석 |



$2H_2O(g) \longrightarrow 4H(g) + 2O(g) \quad \Delta H = (498 + 872 + 484) \text{ kJ}$ 의 반응에서 H—O의 결합 에너지는 $\frac{\Delta H}{4}$ 와 같으므로 463.5 kJ/mol이다. 연소 엔탈피는 물질 1몰을 완전 연소시킬 때, 즉 가장 안정한 상태의 물질이 생성될 때 방출하는 에너지이다. H_2O 은 25 °C에서 가장 안정한 상태가 액체인 물 $H_2O(l)$ 이므로 $H_2(g)$ 의 연소 엔탈피는 -242 kJ/mol에 액화 엔탈피를 더한 값과 같다.

08 | 선택지 분석 |

✗ (가)는 발열 반응이다.

⇒ (가)의 반응엔탈피는 0보다 크므로 흡열 반응이다.

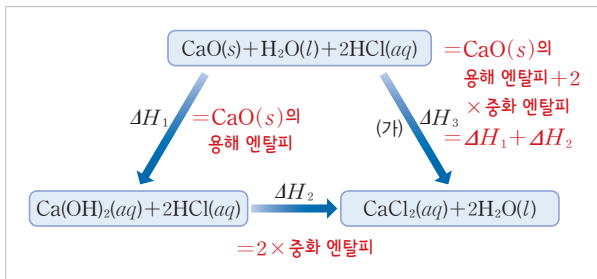
㉠ (나)에서 결합 에너지의 합은 반응물이 생성물보다 작다.

⇒ (나)는 발열 반응이므로 결합 에너지 합은 생성물이 반응물보다 크다.

✗ $\text{NO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 -66.4 kJ/mol 이다.

⇒ $\text{NO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 (가)와 (나)의 반응을 더하여 구한 반응엔탈피의 $\frac{1}{2}$ 과 같다. 따라서 $\text{NO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 33.2 kJ/mol 이다.

09 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

① $\Delta H_2 < 0$ 이다.

⇒ 중화 반응은 발열 반응이므로 $\Delta H_2 < 0$ 이다.

② $\Delta H_3 = \Delta H_1 + \Delta H_2$ 이다.

⇒ 헤스 법칙에 따라 반응물과 생성물의 종류와 상태가 같다면 경로에 상관없이 반응엔탈피는 같으므로 $\Delta H_3 = \Delta H_1 + \Delta H_2$ 이다.

✗ 중화 엔탈피는 $\frac{1}{2}\Delta H_2$ 이다.

⇒ 중화 엔탈피는 산과 염기가 반응하여 물 1몰이 생성될 때의 반응 엔탈피이므로 $\frac{1}{2}\Delta H_2$ 이다.

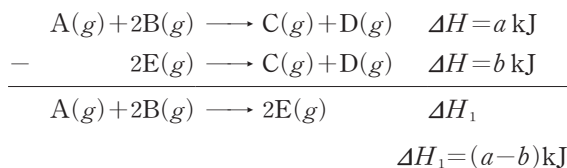
④ CaO(s)의 용해 엔탈피는 ΔH_1 이다.

⇒ 용해 엔탈피는 물질 1몰이 물에 용해될 때 출입하는 열량이다.

⑤ (가) 반응이 일어날 때 주위의 온도는 높아진다.

⇒ (가)에서 CaO(s)의 용해 반응(발열 반응)과 중화 반응(발열 반응)이 일어나므로 반응이 일어날 때 주위의 온도는 높아진다.

10 헤스 법칙에 의해 첫 번째 열화학 반응식에서 세 번째 열화학 반응식을 빼면 ΔH_1 을 구할 수 있다.



11 | 선택지 분석 |

㉠ (가) 반응이 일어나면 주위의 온도는 높아진다.

⇒ (가)는 발열 반응이므로 (가) 반응이 일어나면 주위의 온도는 높아진다.

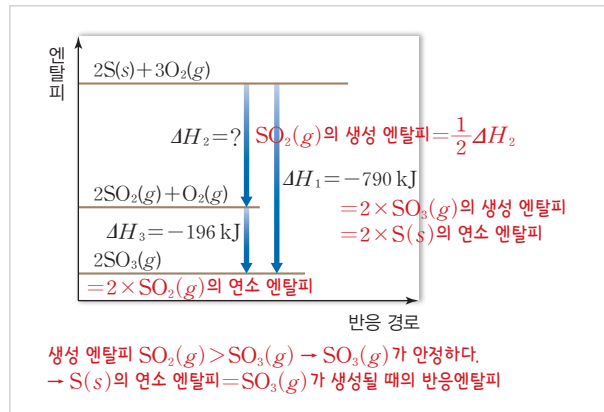
㉡ B(g)의 표준 생성 엔탈피는 -134 kJ/mol 이다.

⇒ B(g)의 표준 생성 엔탈피는 (가)와 (다)의 열화학 반응식을 더하여 구할 수 있다.

✗ 결합 에너지 합은 A(g)가 B(g)보다 크다.

⇒ (다)는 발열 반응이므로 결합 에너지 합은 생성물인 B(g)가 반응물인 A(g)보다 크다.

12 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

㉠ $\Delta H_2 = -594 \text{ kJ}$ 이다.

⇒ $\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3$ 이므로

$\Delta H_2 = \Delta H_1 - \Delta H_3 = -594 \text{ kJ}$ 이다.

✗ SO₂(g)은 SO₃(g)보다 더 안정한 물질이다.

⇒ 생성 엔탈피는 SO₂(g) > SO₃(g)이므로 SO₃(g)가 더 안정한 물질이다.

✗ [2SO₂(g) + O₂(g)]의 결합 에너지 합은 [2SO₃(g)]의 결합 에너지 합보다 크다.

⇒ 2SO₂(g) + O₂(g) → 2SO₃(g) 반응은 발열 반응이므로 생성물의 결합 에너지 합이 반응물의 결합 에너지 합보다 크다.

13 | 선택지 분석 |

㉠ $\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3$ 이다.

⇒ 헤스 법칙에 의해 경로와 상관없이 출입하는 총 열량은 같다.

㉡ NaOH(s)의 용해가 일어날 때 주위의 온도는 높아진다.

⇒ NaOH(s)의 용해가 일어날 때 엔탈피가 감소하므로 $\Delta H_2 < 0$ 이고 발열 반응이다. 따라서 주위의 온도는 높아진다.

㉢ NaOH(s) 대신 KOH(s)을 이용하여 실험해도 ΔH_3 는 같다.

⇒ 중화 엔탈피는 산과 염기의 종류에 관계없이 항상 같은 값이므로 NaOH(s) 대신 KOH(s)을 이용하여 실험해도 중화 엔탈피인 ΔH_3 는 같다.

14 | 선택지 분석 |

㉠ $\Delta H_1 > 0$ 이다.

⇒ (가)는 O₂(g)의 결합이 끊어지는 반응이므로 흡열 반응이다. 따라서 $\Delta H_1 > 0$ 이다.

✗ O₃(g)의 생성 엔탈피는 $\frac{1}{2}\Delta H_2$ 이다.

⇒ 생성 엔탈피는 물질 1몰이 성분 원소로부터 생성될 때의 반응 엔탈피이므로 O₃(g)의 생성 엔탈피는 $\frac{1}{2}\Delta H_2$ 이다.

✗ O₃(g) 1몰의 결합을 모두 끊기 위해 필요한 에너지는 $\frac{\Delta H_1 + 3\Delta H_2}{2}$ 이다. $\frac{3\Delta H_1 - \Delta H_2}{2}$

⇒ $O_3(g)$ 1몰의 결합을 모두 끊는 반응의 열화학 반응식은
 $O_3(g) \longrightarrow 3O(g) \quad \Delta H_3$ 이다. 이 열화학 반응식은 $\frac{3 \times (가) - (나)}{2}$
 의 반응과 같으므로 반응엔탈피 $\Delta H_3 = \frac{3\Delta H_1 - \Delta H_2}{2}$ 이다.

도전! 실력 올리기

136쪽~137쪽

01 ⑤ 02 ③ 03 ③ 04 ② 05 ④ 06 ③

07 843 kJ/mol

08 (1) ΔH_2

(2) | 모범 답안 | $CH_3OH(l)$ 연소 반응의 열화학 반응식은
 $CH_3OH(l) + \frac{3}{2}O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l) \quad \Delta H$ 이고,
 $\Delta H = (\text{생성물의 생성 엔탈피 합}) - (\text{반응물의 생성 엔탈피 합})$
 $= \Delta H_2 + 2\Delta H_1 - \Delta H_3$ 이다.

09 (1) $H-H > H-Cl > Cl-Cl$

(2) | 모범 답안 | $2HCl(g) \longrightarrow H_2(g) + Cl_2(g)$ 의 반응엔탈피
 $\Delta H = 2 \times (H-Cl \text{의 결합 에너지})$
 $- ((H-H + Cl-Cl) \text{의 결합 에너지})$
 $= 864 - (243 + 436) = 185 \text{ kJ/mol}$

$HCl(g)$ 의 분해 엔탈피 $= \frac{1}{2} \Delta H = 92.5 \text{ kJ/mol}$

01 | 선택지 분석 |

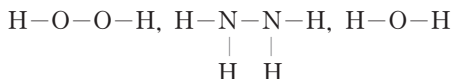
- ㉠ $H_2(g)$ 의 연소 엔탈피는 -285 kJ/mol 이다.
 ⇒ $H_2(g)$ 의 연소 반응은 $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(l)$ 이므로
 $H_2(g)$ 의 연소 엔탈피는 $H_2O(l)$ 의 생성 엔탈피와 같다.
- ㉡ $H_2O(g)$ 의 생성 엔탈피는 -235 kJ/mol 이다.
 ⇒ $H_2O(g)$ 의 생성 엔탈피는 $H_2O(l)$ 의 생성 엔탈피에 $H_2O(l)$
 의 기화 엔탈피를 더한 값과 같다.
- ㉢ $H-O$ 의 결합 에너지는 460 kJ/mol 이다.
 ⇒ 결합 에너지는 기체 상태의 분자에서 두 원자 사이의 공유 결합
 1몰을 끊는 데 필요한 에너지이므로
 $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(g) \quad \Delta H = -235$ 에서
 $\Delta H = \text{반응물의 결합 에너지 합} - \text{생성물의 결합 에너지 합} = 440$
 $+ \frac{1}{2} \times 490 - 2 \times (H-O \text{의 결합 에너지}) = -235$ 에서 $H-O$
 의 결합 에너지는 460 kJ/mol 이다.

02 | 선택지 분석 |

- ㉠ 결합 세기는 $H-Cl$ 이 $C-Cl$ 보다 크다.
 ⇒ 결합 에너지가 클수록 결합을 끊기 어려우므로 결합의 세기가
 크다. 따라서 결합 세기는 $H-Cl$ 이 $C-Cl$ 보다 크다.
- ㉡ $CH_4(g)$ 1몰의 결합을 모두 끊는 데 필요한 에너지는
 410 kJ/mol 이다.
 ⇒ $CH_4(g)$ 1몰에는 $C-H$ 결합 4몰이 있으므로 $CH_4(g)$ 1몰
 의 결합을 모두 끊는 데 필요한 에너지는 1640 kJ/mol 이다.
- ㉢ $CH_4(g) + Cl_2(g) \longrightarrow CH_3Cl(g) + HCl(g)$ 의 반응
 엔탈피는 -110 kJ/mol 이다.

⇒ 반응엔탈피는 $(4 \times C-H + Cl-Cl)$ 의 결합 에너지 $- (3 \times C-H$
 $+ H-C-Cl + H-Cl)$ 의 결합 에너지이므로 -110 kJ/mol 이다.

03 H_2O_2 , N_2H_4 , H_2O 의 구조식은 다음과 같다.

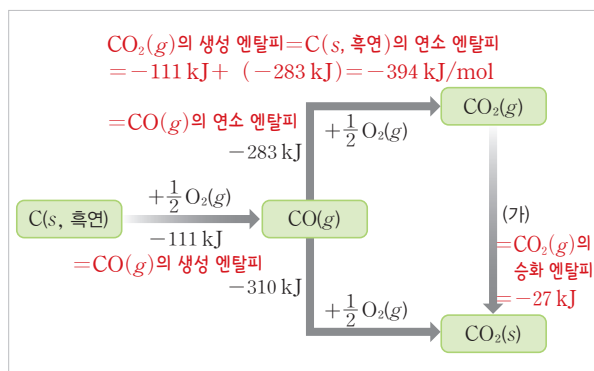


반응엔탈피는 반응물의 결합 에너지 합에서 생성물의 결합
 에너지 합을 뺀 값과 같으므로

$$\Delta H = (4 \times H-O + 2 \times O-O + 4 \times N-H + N-N) - (8 \times H-O + N \equiv N)$$

$H-O$ 의 결합수는 반응물에서 4, 생성물에서 8이므로 반응
 엔탈피를 구하기 위해 $H-O$ 의 결합 에너지가 필요하다.
 또한 N_2H_4 에는 $N-N$ 결합이 있으므로 반응엔탈피를
 구하기 위해 $N-N$ 의 결합 에너지가 필요하다.

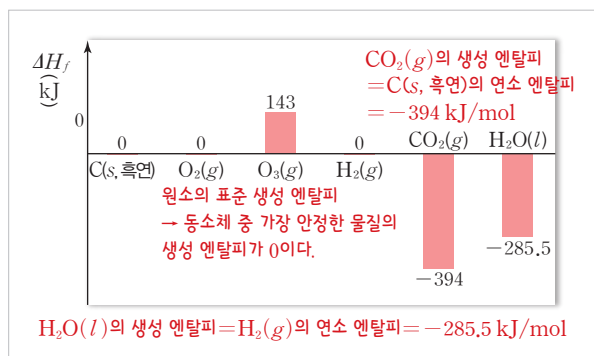
04 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- ㉠ (가)는 -593 kJ 이다.
 -27
 ⇒ (가)는 $CO_2(g)$ 의 승화 엔탈피 $= -310 - (-283) = -27 \text{ kJ}$
 이다.
- ㉡ 생성 엔탈피는 $CO_2(g)$ 가 $CO(g)$ 보다 작다.
 ⇒ $CO(g)$ 의 생성 엔탈피는 -111 kJ/mol 이고, $CO_2(g)$ 의 생성
 엔탈피는 -394 kJ/mol 이다. 따라서 생성 엔탈피는 $CO_2(g)$
 가 $CO(g)$ 보다 작다.
- ㉢ $C(s, \text{흑연})$ 의 연소 엔탈피는 -421 kJ/mol 이다.
 -394
 ⇒ $C(s, \text{흑연})$ 의 연소 엔탈피는 $CO_2(g)$ 의 생성 엔탈피와 같으
 므로 -394 kJ/mol 이다.

05 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

✗ C(s, 흑연) 6g을 완전 연소시킬 때 방출되는 에너지는 394 kJ이다.

197
→ C(s, 흑연) 6g은 0.5몰이므로 C(s, 흑연) 0.5몰을 완전 연소시키면 197 kJ의 에너지가 방출된다.

ㄱ 산소 동소체 중 가장 안정한 물질은 O₂(g)이다.

→ O₂(g)의 생성 엔탈피가 0이므로 산소 동소체 중 가장 안정한 물질은 O₂(g)이다.

ㄴ 제시된 자료로부터 CH₄(g)의 생성 엔탈피를 구할 수 있다.

→ CH₄(g) 연소 반응의 열화학 반응식으로부터 CH₄(g)의 생성 엔탈피를 구할 수 있다.

CH₄(g) + 2O₂(g) → CO₂(g) + 2H₂O(l) ΔH = -890 kJ
ΔH = CO₂(g) + 2 × H₂O(g)의 생성 엔탈피 - CH₄(g)의 생성 엔탈피이다.

06 | 선택지 분석 |

ㄱ x = 349이다.

→ 헤스 법칙에 의해 x = 496 + 229 + 411 - 787 = 349 kJ/mol이다.

✗ Cl₂(g)의 결합 에너지는 376 kJ/mol이다.

→ Na(s) + $\frac{1}{2}$ Cl₂(g) → Na(g) + Cl(g)의 반응엔탈피는 Na(s)의 승화 엔탈피를 포함하고 있다. 따라서 Cl₂(g)의 결합 에너지를 구할 수 없다.

ㄴ NaCl(s)의 생성 엔탈피는 -411 kJ/mol이다.

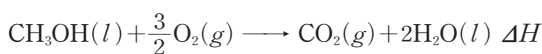
→ NaCl(s)의 생성 엔탈피는 Na(s) + $\frac{1}{2}$ Cl₂(g) → NaCl(s) ΔH = -411 kJ의 반응엔탈피와 같다.

07 ΔH = 4 × (C-H의 결합 에너지) + 2 × (O=O의 결합 에너지) - {2 × (C=O의 결합 에너지) + 4 × (O-H의 결합 에너지)} = 4 × 410 + 2 × 498 - (2 × C=O + 4 × 460) = -890
∴ C=O의 결합 에너지 = 843 kJ/mol

08 (1) CO₂(g)의 생성 엔탈피는

C(s, 흑연) + O₂(g) → CO₂(g)의 반응엔탈피와 같으므로 C(s, 흑연)의 연소 엔탈피인 ΔH₂와 같다.

(2) CH₃OH(l) 연소 반응의 열화학 반응식은 다음과 같다.

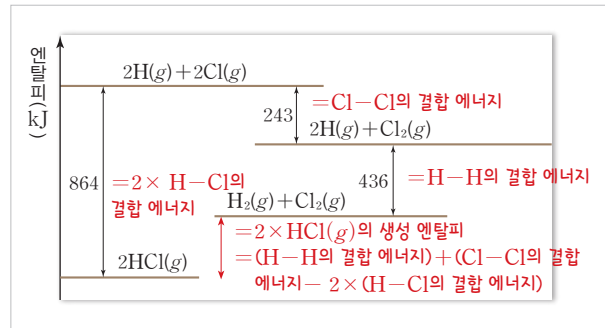


반응엔탈피는 생성물의 생성 엔탈피 합에서 반응물의 생성 엔탈피 합을 뺀 값과 같으므로 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\Delta H = (\text{생성물의 생성 엔탈피 합}) - (\text{반응물의 생성 엔탈피 합}) = \Delta H_2 + 2\Delta H_1 - \Delta H_3$$

채점 기준	배점
연소 반응식을 제시하고, 생성 엔탈피를 이용하여 연소 엔탈피를 옮겨 구한 경우	100%
연소 엔탈피만을 옮겨 구한 경우	30%

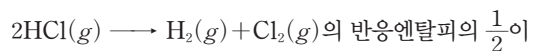
09 | 자료 분석 |



(1) 결합의 세기가 강할수록 결합 에너지가 크다.

H-H, Cl-Cl, H-Cl의 결합 에너지는 각각 436 kJ/mol, 243 kJ/mol, 432 kJ/mol이므로 결합 세기는 H-H > H-Cl > Cl-Cl이다.

(2) 25 °C, 표준 상태에서 HCl(g) 분해 엔탈피는



다. 따라서 다음과 같이 결합 에너지를 이용하여 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \Delta H &= 2 \times (\text{H-Cl의 결합 에너지}) \\ &\quad - \{(\text{H-H} + \text{Cl-Cl}) \text{의 결합 에너지}\} \\ &= 864 - (243 + 436) = 185 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

HCl(g)의 분해 엔탈피는 $\frac{1}{2}\Delta H = 92.5 \text{ kJ/mol}$

채점 기준	배점
결합 에너지를 이용하여 분해 엔탈피를 구하는 과정을 옳게 서술한 경우	100%
분해 엔탈피만을 옳게 답한 경우	40%

실전! 수능 도전하기

139쪽~142쪽

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

01 | 선택지 분석 |

✗ HCl(g)의 결합 에너지는 864 kJ/mol이다.

→ 반응엔탈피는 반응물의 결합 에너지 합에서 생성물의 결합 에너지 합을 뺀 값과 같다. -185 = (436 + 243) - 2 × (H-Cl의 결합 에너지)이므로 H-Cl의 결합 에너지는 432 kJ/mol이다.

ㄱ HCl(g)의 분해 엔탈피는 92.5 kJ/mol이다.

→ 분해 엔탈피는 물질 1몰이 성분 원소로 분해될 때 출입하는 에너지로 HCl(g)의 분해 엔탈피는 $\frac{185}{2} = 92.5 \text{ (kJ/mol)}$ 이다.

✗ HCl(g)의 용해 엔탈피는 -150 kJ/mol이다.

→ 용해 엔탈피는 물질 1몰을 충분한 양의 물에 용해시킬 때 출입하는 열이다. 따라서 HCl(g)의 용해 엔탈피는 $\frac{-335 - (-185)}{2} = -75 \text{ kJ/mol}$ 이다.

02 $\text{NH}_4\text{NO}_3(s)$ 이 용해되면서 수용액의 온도가 내려갔으므로 $\text{NH}_4\text{NO}_3(s)$ 의 용해 과정은 흡열 반응이다. 흡열 반응은 엔탈피가 증가하는 반응이므로 $\Delta H_1 > 0$ 이다. 또한 $\text{NH}_4\text{NO}_3(s)$ 이 용해되면서 빼앗긴 열로 인해 C 공기 중 수증기가 물로 상이 변하는데 수증기의 액화는 발열 반응이다. 발열 반응은 엔탈피가 감소하는 반응이므로 $\Delta H_2 < 0$ 이다.

03 | 선택지 분석 |

- ㉠ $\text{CaCl}_2(s)$ 의 용해 과정은 발열 반응이다.
 $\Rightarrow \text{CaCl}_2(s)$ 을 물에 녹였을 때 수용액의 온도가 높아졌으므로 발열 반응이다.
- ㉡ $\text{NH}_4\text{NO}_3(s)$ 의 용해도는 온도가 높을수록 커진다.
 $\Rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3(s)$ 을 물에 녹였을 때 온도가 낮아졌으므로 흡열 반응이다. 용해 과정이 흡열 반응인 경우 온도를 높이면 용해도는 커진다.
- ✕ | 용해 엔탈피 | 는 $\text{CaCl}_2(s)$ 이 $\text{NH}_4\text{NO}_3(s)$ 보다 작다.
 $\Rightarrow \text{CaCl}_2(s)$ $\frac{2}{111}$ 몰이 용해될 때 4°C 높아졌고, $\text{NH}_4\text{NO}_3(s)$ $\frac{2}{80}$ 몰이 용해될 때 2°C 낮아졌으므로 |용해 엔탈피|는 $\text{CaCl}_2(s) : \text{NH}_4\text{NO}_3(s) = 220 : 80$ 이므로 $\text{CaCl}_2(s)$ 이 $\text{NH}_4\text{NO}_3(s)$ 보다 크다.

04 | 선택지 분석 |

- ㉠ $\text{C}(s, \text{흑연})$ 의 연소 엔탈피는 -394 kJ/mol 이다.
 $\Rightarrow \text{C}(s, \text{흑연})$ 의 연소 엔탈피는 $\text{CO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피와 같으므로 -394 kJ/mol 이다.
- ✕ 연소 엔탈피는 $\text{C}_2\text{H}_4(g)$ 이 $\text{C}_2\text{H}_2(g)$ 보다 작다.
 $\Rightarrow$ 성분 원소가 같은 화합물의 연소 엔탈피는 생성 엔탈피가 작을수록 크다. 따라서 연소 엔탈피는 $\text{C}_2\text{H}_4(g)$ 이 $\text{C}_2\text{H}_2(g)$ 보다 크다.
- ㉡ $\text{C}_2\text{H}_2(g) + \text{H}_2(g) \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_4(g)$ 의 반응이 일어날 때 주위의 온도는 증가한다.
 $\Rightarrow$ 반응엔탈피는 생성물의 생성 엔탈피에서 반응물의 생성 엔탈피를 뺀 값과 같다. $\text{H}_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 0이므로 $\text{C}_2\text{H}_2(g) + \text{H}_2(g) \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_4(g)$ 의 반응엔탈피는 $\text{C}_2\text{H}_4(g)$ 의 생성 엔탈피 $-\text{C}_2\text{H}_2(g)$ 의 생성 엔탈피 $= 52 - 228 = -176 \text{ kJ/mol}$ 이다. 따라서 이 반응이 일어나면 주위의 온도는 증가한다.

05 | 선택지 분석 |

- ✕ NO_2 의 생성 엔탈피는 $-(\Delta H_1 + \Delta H_3)$ 이다.

$$-\frac{\Delta H_1 + \Delta H_3}{2}$$
 $\Rightarrow \text{NO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 $\frac{1}{2}\text{N}_2(g) + \text{O}_2(g) \longrightarrow \text{NO}_2(g)$ 의 반응엔탈피와 같으므로 $-\frac{\Delta H_1 + \Delta H_3}{2}$ 이다.
- ㉠ $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 의 엔탈피는 $2 \times (\text{NO}_2(g)$ 의 엔탈피)보다 작다.
 $\Rightarrow 2\text{NO}_2(g) \longrightarrow \text{N}_2\text{O}_4(g)$ 의 반응엔탈피는 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 의 엔탈피 $-2 \times (\text{NO}_2(g)$ 의 엔탈피) < 0 이므로 $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 의 엔탈피는 $2 \times (\text{NO}_2(g)$ 의 엔탈피)보다 작다.
- ㉡ $2 \times [\text{NO}(g)$ 의 결합 에너지]는 $[\text{N}_2(g)$ 와 $\text{O}_2(g)$ 의 결합 에너지]보다 작다.

$\Rightarrow 2\text{NO}(g) \longrightarrow \text{N}_2(g) + \text{O}_2(g)$ 반응이 발열 반응($\Delta H_3 < 0$)이므로 $2 \times [\text{NO}(g)$ 의 결합 에너지]는 $[\text{N}_2(g)$ 와 $\text{O}_2(g)$ 의 결합 에너지]보다 작다.

06 | 선택지 분석 |

- ㉠ $\text{C}_3\text{H}_8(g)$ 의 연소 엔탈피는 a 이다.
 $\Rightarrow \text{C}_3\text{H}_8(g)$ 의 연소 엔탈피는 첫 번째 열화학 반응식의 반응엔탈피와 같으므로 $\Delta H = a \text{ kJ/mol}$ 이다.
- ㉡ $\text{C}_3\text{H}_8(g)$ 의 생성 엔탈피는 $3b + 2c - a$ 이다.
 $\Rightarrow 3 \times (\text{CO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피) $+ 4 \times (\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 생성 엔탈피) $-\text{C}_3\text{H}_8(g)$ 의 생성 엔탈피 $= a$ 이다. 따라서 $\text{C}_3\text{H}_8(g)$ 의 생성 엔탈피는 $3b + 2c - a \text{ kJ/mol}$ 이다.
- ✕ 1몰의 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 가장 안정한 성분 원소로 분해될 때, 엔탈피 변화는 $-c$ 이다. $-\frac{c}{2}$
 $\Rightarrow \text{H}_2\text{O}(l)$ 의 분해 엔탈피는 $-\frac{c}{2} \text{ kJ/mol}$ 이다.

07 | 선택지 분석 |

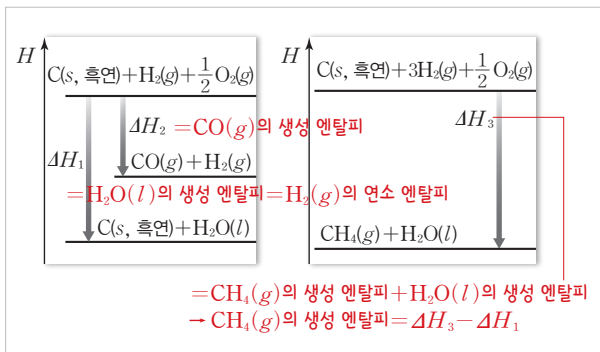
- ✕ A가 B보다 안정한 물질이다.
 B가 A보다
 $\Rightarrow$ 같은 원소로 구성된 물질의 안정성은 생성 엔탈피가 작을수록 크다. 따라서 B(g)가 A(g)보다 안정한 물질이다.
- ㉠ B(g)의 표준 생성 엔탈피는 -134 kJ/mol 이다.
 $\Rightarrow \text{B}(g)$ 의 표준 생성 엔탈피는 첫 번째와 세 번째 열화학 반응식을 합한 것과 같으므로 -134 kJ/mol 이다.
- ✕ A(g)의 연소 엔탈피는 -2880 kJ/mol 보다 크다.
 작다.
 $\Rightarrow \text{A}(g)$ 의 연소 엔탈피는 두 번째와 세 번째 열화학 반응식을 합한 것과 같다. 따라서 A(g)의 연소 엔탈피는 -2880 kJ/mol 보다 작다.

08 | 선택지 분석 |

- ✕ $\text{H}_2(g)$ 의 연소 엔탈피는 $\frac{\Delta H_2}{\Delta H_1}$ 이다.
 $\Rightarrow \text{H}_2(g)$ 의 연소 엔탈피는 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 생성 엔탈피와 같으므로 ΔH_1 이다.
- ㉠ $\text{CO}_2(g)$ 의 분해 엔탈피(ΔH)는 $-\Delta H_3$ 이다.
 $\Rightarrow \text{CO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 $\text{C}(s, \text{흑연})$ 의 연소 엔탈피와 같고 $\text{CO}_2(g)$ 의 분해 엔탈피는 생성 엔탈피와 크기는 같고 부호만 다르므로 $-\Delta H_3$ 이다.
- ✕ x 는 $2\Delta H_3 + \Delta H_2 - \Delta H_4$ 이다.
 $\Rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(l)$ 의 연소 반응식은 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(l) + 3\text{O}_2(g) \longrightarrow 2\text{CO}_2(g) + 3\text{H}_2\text{O}(l)$ ΔH_4 이다. 따라서 $\Delta H_4 = 2 \times \Delta H_3 + 3 \times \Delta H_1 - \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(l)$ 의 생성 엔탈피(x)에서 x 는 $2\Delta H_3 + 3\Delta H_1 - \Delta H_4$ 이다.

09 $\Delta H = (\text{N}_2\text{H}_4(l)$ 의 생성 엔탈피) $- 2 \times (\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 생성 엔탈피)이고, $\text{H}_2(g) + \frac{1}{2}\text{O}_2(g) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(g)$ ΔH_1 에서 $\Delta H_1 = (436 + \frac{1}{2} \times 498) - 2 \times 463 = -241 \text{ kJ/mol}$ 이다. 따라서 $532 = \text{N}_2\text{H}_4(l)$ 의 생성 엔탈피 $- 2 \times (-241)$ 이므로 $\text{N}_2\text{H}_4(l)$ 의 생성 엔탈피는 50 kJ/mol 이다.

10 | 자료 분석 |



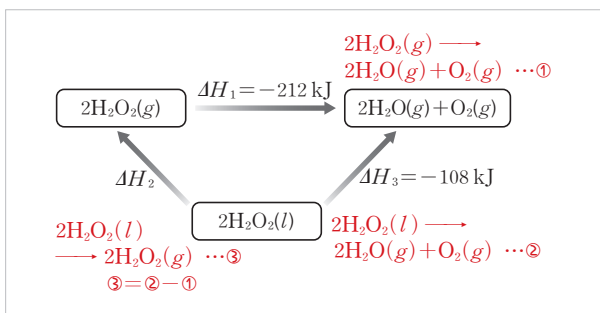
| 선택지 분석 |

- ㉠ $\text{H}_2(g)$ 의 연소 엔탈피는 ΔH_1 이다.
 $\Rightarrow \text{H}_2(g)$ 의 연소 엔탈피는 $\text{H}_2(g) + \frac{1}{2}\text{O}_2(g) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(l)$ 의 반응엔탈피와 같으므로 ΔH_1 이다.
- ㉡ $\text{CO}(g)$ 의 생성 엔탈피는 ΔH_2 이다.
 $\Rightarrow \text{CO}(g)$ 의 생성 엔탈피는 $\text{C}(s, \text{흑연}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(g) \rightarrow \text{CO}(g)$ 의 반응엔탈피와 같으므로 ΔH_2 이다.
- ㉢ $\text{CH}_4(g)$ 의 생성 엔탈피는 $\Delta H_3 - \Delta H_1$ 이다.
 $\Rightarrow \text{CH}_4(g)$ 의 생성 엔탈피는 $\text{C}(s, \text{흑연}) + 2\text{H}_2(g) \rightarrow \text{CH}_4(g)$ 의 반응엔탈피와 같으므로 $\Delta H_3 - \Delta H_1$ 이다.

11 | 선택지 분석 |

- ✗ $a = -52$ 이다.
 $\Rightarrow \text{C}_2\text{H}_4(g)$ 의 생성 엔탈피는 $2\text{C}(s, \text{흑연}) + 2\text{H}_2(g) \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4(g) \quad \Delta H = 52 \text{ kJ}$ 의 반응엔탈피이므로 $a = -52$ 가 아니다.
- ㉠ $b > 0$ 이다.
 $\Rightarrow \text{C}(s, \text{흑연}) \rightarrow \text{C}(g)$ 의 반응엔탈피가 b 이므로 $b > 0$ 이다.
- ㉢ $\text{H}_2(g)$ 의 결합 에너지는 436 kJ/mol 이다.
 $\Rightarrow \text{H}_2(g)$ 의 결합 에너지는 $\text{H}_2(g) \rightarrow 2\text{H}(g)$ 의 반응엔탈피와 같고, 반응엔탈피 $= 2 \times (\text{H}(g)$ 의 생성 엔탈피) $- (\text{H}_2(g)$ 의 생성 엔탈피)이므로 436 kJ/mol 이다.

12 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- ㉠ $\Delta H_2 > 0$ 이다.
 $\Rightarrow \Delta H_2 = \Delta H_3 - \Delta H_1 = -108 - (-212) = 104 \text{ kJ}$ 이므로 $\Delta H_2 > 0$ 이다.
- ㉡ 생성 엔탈피는 $\text{H}_2\text{O}_2(g)$ 가 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 보다 크다.
 $\Rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_2(g) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(g) + \text{O}_2(g) \quad \Delta H_1 = -212 \text{ kJ}$ 이므로 생성 엔탈피는 $\text{H}_2\text{O}_2(g)$ 가 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 보다 크다.
- ✗ $\text{H}_2\text{O}_2(l)$ 의 분해 엔탈피는 -108 kJ/mol 이다.
 $\Rightarrow$ 분해 엔탈피는 물질 1몰을 성분 원소로 분해하는 데 출입하는 열량이므로 $\text{H}_2\text{O}_2(l)$ 의 분해 엔탈피는 -108 kJ/mol 이 아니다.

13 | 선택지 분석 |

- ㉠ $2\text{NO}(g) + \text{O}_2(g) \rightarrow 2\text{NO}_2(g)$ 반응의 반응엔탈피는 -116 kJ/mol 이다.
 $\Rightarrow$ 반응엔탈피 $= 2 \times (\text{NO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피) $- 2 \times (\text{NO}(g)$ 의 생성 엔탈피) $= 2 \times 33 - 2 \times 91 = -116 \text{ kJ/mol}$ 이다.
- ✗ $\text{N}(g)$ 의 생성 엔탈피는 945 kJ/mol 이다.
 $\Rightarrow \text{N}_2(g) \rightarrow 2\text{N}(g)$ 의 반응엔탈피는 945 kJ 이므로 $\text{N}(g)$ 의 생성 엔탈피는 $\frac{945}{2} = 472.5 \text{ kJ/mol}$ 이다.
- ㉢ $|x - y| = 307$ 이다.
 $\Rightarrow 2\text{NO}(g) + \text{O}_2(g) \rightarrow 2\text{NO}_2(g)$ 반응의 반응엔탈피 $= 2 \times (\text{NO}(g)$ 의 결합 에너지 합) $+ \text{O}_2(g)$ 의 결합 에너지 합 $- 2 \times (\text{NO}_2(g)$ 의 결합 에너지 합) $= 2x + 498 - 2y = -116$ 이다. 따라서 $|x - y| = 307$ 이다.

14 | 선택지 분석 |

- ㉠ 결합 에너지 총합은 ㉠이 ㉡보다 크다.
 $\Rightarrow$ 제시된 반응이 흡열 반응이므로 반응물의 결합 에너지 합이 생성물의 결합 에너지 합보다 크다. 따라서 결합 에너지 총합은 ㉠이 ㉡보다 크다.
- ✗ $\text{C}(s, \text{흑연})$ 의 연소 엔탈피는 ΔH_3 이다.
 $\Rightarrow \text{C}(s, \text{흑연})$ 의 연소 엔탈피는 $\Delta H_2 + \Delta H_3$ 이다.
- ㉢ $\text{NO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 $226 + \frac{\Delta H_1}{2} + \Delta H_3 (\text{kJ})$ 이다.
 $\Rightarrow \text{NO}_2(g)$ 의 생성 반응은 $\text{CO}_2(g)$ 와 $\text{NO}(g)$ 의 반응, $\text{NO}(g)$ 의 생성 반응, $\text{CO}_2(g)$ 의 생성 반응으로부터 구할 수 있다.
- $\text{CO}_2(g) + \text{NO}(g) \rightarrow \text{CO}(g) + \text{NO}_2(g) \quad \Delta H = 226 \dots \textcircled{1}$
 $\text{N}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightarrow 2\text{NO}(g) \quad \Delta H_1 \dots \textcircled{2}$
 $\text{CO}(g) + \frac{1}{2}\text{O}_2(g) \rightarrow \text{CO}_2(g) \quad \Delta H_3 \dots \textcircled{3}$
 $\frac{1}{2}\text{N}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightarrow \text{NO}_2(g) \dots \textcircled{1} + \frac{1}{2} \times \textcircled{2} + \textcircled{3}$
 $\text{NO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피 $= 226 + \frac{1}{2}\Delta H_1 + \Delta H_3$

15 | 선택지 분석 |

- ㉠ $\Delta H_2 > 0$ 이다.
 $\Rightarrow \Delta H_2 = \text{C}_2\text{H}_2(g)$ 의 생성 엔탈피 $- \text{C}_2\text{H}_4(g)$ 의 생성 엔탈피이고, 생성 엔탈피는 $\text{C}_2\text{H}_2(g) > \text{C}_2\text{H}_4(g)$ 이므로 $\Delta H_2 > 0$ 이다.

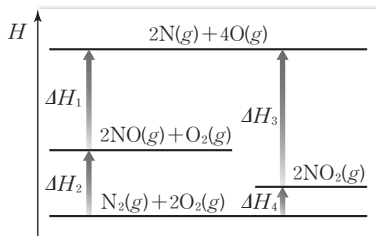
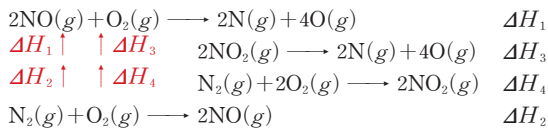
㉠ $|\Delta H_2 + \Delta H_3| > |\Delta H_1|$ 이다.

→ $C_2H_6(g) \rightarrow C_2H_2(g) + 2H_2(g)$ 의 반응엔탈피가 $\Delta H_2 + \Delta H_3$ 이고, 분해 엔탈피는 $C_2H_6(g)$ 가 $C_2H_2(g)$ 보다 크므로 $|\Delta H_2 + \Delta H_3| > |\Delta H_1|$ 이다.

✗ $\Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$ 은 $C_2H_6(g)$ 의 표준 생성 엔탈피와 같다.

→ $2C(s, \text{흑연}) + 3H_2(g) \rightarrow C_2H_6(g)$ 의 반응엔탈피가 $C_2H_6(g)$ 의 표준 생성 엔탈피이다. 따라서 $C_2H_6(g)$ 의 표준 생성 엔탈피는 $-(\Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3)$ 이다.

16 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

✗ $\Delta H_4 = \Delta H_1 - \Delta H_3$ 이다.

→ 헤스 법칙에 의해 $\Delta H_4 = \Delta H_1 + \Delta H_2 - \Delta H_3$ 이다.

㉠ $NO(g)$ 의 분해 엔탈피는 $-\frac{1}{2}\Delta H_2$ 이다.

→ $NO(g)$ 의 분해 엔탈피는 $-\frac{1}{2}N_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow NO(g)$ 의 반응엔탈피와 같다. 따라서 $-\frac{1}{2}\Delta H_2$ 이다.

✗ $NO_2(g)$ 의 결합 에너지 총합은 $\frac{1}{2}\Delta H_3$ 이다.

→ $NO_2(g) \rightarrow N(g) + 2O(g)$ 의 반응엔탈피와 같으므로 $NO_2(g)$ 의 결합 에너지 총합은 $\frac{1}{2}\Delta H_3$ 이다.



II. 반응엔탈피와 화학 평형

2 >>> 화학 평형과 평형 이동

II

01~ 화학 평형

개념POOL

149쪽

01 ㉠ 정반응, ㉡ 역반응

02 (1) ○ (2) × (3) ×

01 평형에 도달하였을 때 생성물 농도가 반응물 농도보다 크면 정반응이 우세하게 진행된 것이며 이 반응의 $K > 1$ 이다. 또한 평형에 도달하였을 때 반응물 농도가 생성물 농도보다 크면 역반응이 우세하게 진행된 것이며 이 반응의 $K < 1$ 이다.

02 (2) 역반응이 우세한 반응은 반응물의 농도가 생성물의 농도보다 큰 상태에서 평형에 도달한다.

(3) $K > 1$ 인 반응은 평형 상태에서 생성물의 농도가 반응물의 농도보다 크지만 정반응 속도와 역반응 속도는 같다.

꼭꼭! 개념 확인하기

150쪽

✓ 잠깐 확인!

1 가역 반응 2 동적 평형 3 화학 평형 4 평형 5 평형 상수 6 발열 7> 8 반응 지수

01 (1) ○ (2) ○ (3) × 02 N_2, H_2, NH_3 03 ㉠ 화학 평형 상태, ㉡ 평형 상수 04 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ×

05 $K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$ 06 (1) ㉠ (2) ㉡ (3) ㉠

01 (3) 화학 평형 상태에서 반응물과 생성물의 농도는 일정하게 유지되지만 농도비는 화학 반응식의 계수와는 무관하다.

02 N_2 와 H_2 를 넣고 반응시키면 정반응 속도와 역반응 속도가 같아질 때 화학 평형을 이루며 이때 반응물과 생성물은 일정한 농도를 유지하며 존재한다.

03 화학 평형 상태에서는 반응물과 생성물의 농도비가 일정하게 유지되는데, 반응물의 농도 곱에 대한 생성물의 농도 곱의 비를 나타낸 것이 평형 상수이다.

04 (2) 평형 상수는 온도에 의해서만 변하며, 농도나 압력과는 무관하다.

(4) 고체나 용매는 반응이 일어나도 몰 농도가 일정하므로 평형 상수식에 포함하지 않는다.

05 평형 상수는 반응물의 농도 곱과 생성물의 농도 곱의 비율로 나타낸다.

- 06 (1) 반응 지수가 평형 상수보다 큰 경우 생성물의 현재 농도가 평형 상태에서의 농도보다 크므로 역반응이 일어난다.
 (2) 반응 지수가 평형 상수보다 작은 경우 반응물의 현재 농도가 평형 상태에서의 농도보다 크므로 정반응이 일어난다.
 (3) 온도가 일정하면 평형 상수는 변하지 않으므로 반응 지수와 평형 상수가 같은 경우 현재의 평형 상태를 유지한다.

탄탄! 내신 다지기

151쪽~153쪽

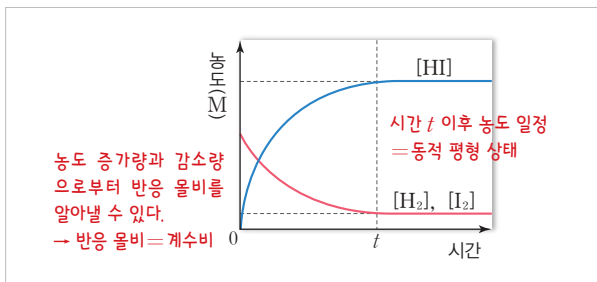
- 01 ① 02 ③ 03 ④ 04 ② 05 (1) $K = \frac{[\text{NO}]^2}{[\text{N}_2][\text{O}_2]}$
 (2) $K = [\text{CO}_2]$ 06 ④ 07 ③ 08 ④ 09 ③ 10 (1) K_1^2
 (2) $\frac{1}{K_1}$ 11 ② 12 ⑤ 13 ③ 14 정반응이 일어난다.
 15 ① 16 ④

01 광합성의 역반응은 호흡으로 광합성 반응은 정반응과 역반응이 모두 일어나는 가역 반응이다. 중화 반응, 메테인의 연소, 양금 생성 반응, 금속과 염산의 반응은 역반응이 거의 일어나지 않으므로 비가역 반응이다.

02 | 선택지 분석 |

- ㉠ 동적 평형 상태이다.
 ➔ 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어나므로 겉으로 보기에 반응이 멈춘 것처럼 보이는 동적 평형을 이룬다.
 ✕ 정반응 속도가 역반응 속도보다 빠르다.
 ➔ 화학 평형 상태에서는 정반응 속도와 역반응 속도가 같다.
 ㉡ 시간이 지나도 반응물과 생성물의 농도 비는 일정하다.
 ➔ 화학 평형 상태에서는 반응물과 생성물의 농도 비가 일정하게 유지된다.

03 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- ㉠ t 에서 평형 상태에 도달한다.

➔ t 이후 반응물과 생성물의 농도비가 일정하므로 t 에서 평형 상태에 도달하였다.

✕ t 이후 반응은 진행되지 않는다.

➔ t 이후에도 정반응과 역반응이 같은 속도로 일어난다.

㉡ 0~ t 까지 각 물질의 농도 변화량 비는 화학 반응식의 계수비와 같다.

➔ 0~ t 까지 반응이 일어날 때에는 화학 반응식의 계수비로 반응한다.

04 | 선택지 분석 |

✕ 평형 상수는 온도와 압력에 의해서 달라진다.

➔ 평형 상수는 온도에 의해서만 달라진다.

㉡ 정반응의 평형 상수와 역반응의 평형 상수는 역수 관계에 있다.

➔ 평형 상수는 반응물의 농도 곱에 대한 생성물의 농도 곱으로 나타내므로 정반응의 평형 상수와 역반응의 평형 상수는 역수 관계에 있다.

✕ 평형 상수가 1보다 큰 반응은 반응물이 많이 남아 있는 상태에서 평형을 이룬다.

➔ 평형 상수가 1보다 큰 반응은 정반응이 우세하게 일어나므로 생성물이 많이 남아 있는 상태에서 평형을 이룬다.

05 평형 상수는 반응물의 농도 곱에 대한 생성물의 농도 곱으로 나타내며, 고체인 경우 몰 농도가 일정하므로 평형 상수식에 나타내지 않는다.

06 | 선택지 분석 |

㉠ 역반응의 평형 상수는 $\frac{1}{8}$ 이다.

➔ 역반응의 평형 상수는 정반응의 평형 상수의 역수와 같으므로 $\frac{1}{8}$ 이다.

✕ 용기 속에는 $\text{NH}_3(g)$ 2몰이 들어 있다.

➔ 평형 상태에서는 반응물과 생성물이 모두 존재하므로 용기 속에 들어 있는 $\text{NH}_3(g)$ 의 양은 2몰보다 작다.

㉡ 용기에 들어 있는 기체의 몰 농도는 H_2 가 N_2 의 3배이다.

➔ 반응할 때의 몰비는 $\text{N}_2 : \text{H}_2 = 1 : 3$ 이므로 평형 상태에서 용기 속에 들어 있는 기체의 몰비도 $\text{N}_2 : \text{H}_2 = 1 : 3$ 이다.

07 | 선택지 분석 |

㉠ 정반응이 우세한 반응이다.

➔ 평형 상태에서 생성물의 농도가 반응물의 농도보다 크므로 정반응이 역반응보다 우세하게 일어나는 반응이다.

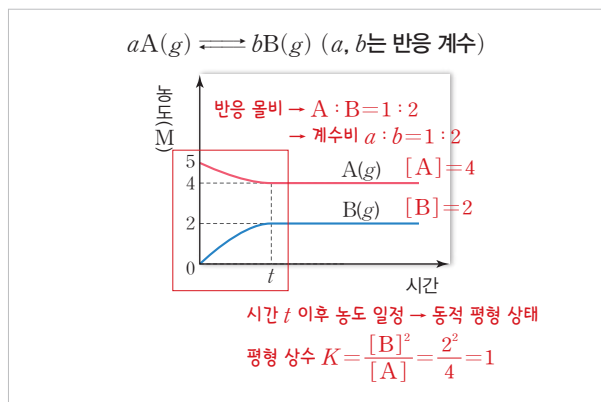
㉡ 평형 상수는 1보다 크다.

➔ 평형 상수식은 $K = \frac{[\text{B}]}{[\text{A}]}$ 이므로 평형 상수는 1보다 크다.

✕ 반응이 일어날 때 몰 농도의 변화량은 B가 A보다 크다.

➔ 반응 몰비는 $\text{A} : \text{B} = 1 : 1$ 이므로 반응이 일어날 때 몰 농도의 변화량은 A와 B가 같다.

08 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

☒ $a:b=2:1$ 이다.

$\rightarrow$ 0~ t 까지 반응한 A의 농도는 1 M, 생성된 B의 농도는 2 M
 이므로 반응 몰비는 $A:B=1:2$ 이다. 따라서 $a:b=1:2$ 이다.

☒ 평형 상수는 1이다.

$\rightarrow K = \frac{[B]^2}{[A]} = \frac{2^2}{4} = 1$ 이다.

☒ 시간 t 이후 정반응 속도와 역반응 속도는 같다.

$\rightarrow$ 시간 t 이후 동적 평형 상태이므로 정반응 속도와 역반응 속도는 같다.

09 | 선택지 분석 |

☒ 반응한 H_2 의 양은 0.4몰이다.

$\rightarrow$ 반응 몰비는 $H_2:I_2:2HI=1:1:2$ 이므로 HI 0.8몰이 생성
 되었다면 반응한 H_2 와 I_2 은 모두 0.4몰이다.

☒ 평형 상태에서 $[I_2]=0.2$ M이다.

$\rightarrow$ 평형 농도는 $[H_2]=0.6$ M, $[I_2]=0.2$ M, $[HI]=0.8$ M
 이다.

☒ $K < 5$ 이다.

$\rightarrow K = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{0.8^2}{0.6 \times 0.2} = \frac{16}{3} > 5$ 이다.

10 평형 상수식은 화학 반응식의 계수에 따라 달라지며, 화학
 반응식의 계수가 n 배일 때 평형 상수는 n 제곱이 된다.

11 반응 몰비는 $A:B:C=2:1:2$ 이므로 C가 1.6몰 생성
 되면 반응한 A의 양은 1.6몰이고 반응한 B의 양은 0.8몰
 이다. 따라서 평형에 도달하였을 때 A 0.4몰이 남아 있으
 므로 반응 초기 A의 양은 2몰이고, B는 1몰 중 0.8몰이
 반응하였으므로 0.2몰이 남는다. 따라서 $x=2$, $y=0.2$ 이
 므로 $x+y=2.2$ 이다.

12 반응 초기 정반응이 일어난다면 현재 상태에서 생성물의
 농도가 평형 상태에서의 생성물의 농도보다 작은 것이므
 로 반응 지수는 평형 상수보다 작다. 따라서 $Q < K$ 이다.

| 선택지 분석 |

☒ 반응이 일어나면 반응물의 농도는 증가한다.

$\rightarrow$ 반응 지수가 평형 상수보다 크므로 이 반응은 역반응 쪽으로
 일어난다. 따라서 반응이 일어나면 반응물의 농도는 증가한다.

☒ 반응 초기 정반응의 속도는 역반응의 속도보다 크다.

$\rightarrow$ 역반응 쪽으로 반응이 일어나므로 역반응의 속도가 정반응의
 속도보다 크다.

☒ 생성물의 몰 농도는 반응 초기가 평형일 때보다 크다.

$\rightarrow$ 반응 지수가 평형 상수보다 커 역반응이 일어나므로 생성물의
 몰 농도는 반응 초기가 평형일 때보다 크다.

14 $Q = \frac{[B]^2}{[A]} = \frac{1^2}{1} = 1$ 이므로 $K > Q$ 이다.

따라서 정반응이 일어난다.

15 | 자료 분석 |

계수비 = $A:B:C=1:1:2$ 평형 농도비는
 $A(g)+B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$ 계수비와 같지 않다.

실험	온도($^{\circ}C$)	평형 농도(mol/L)		
		A	B	C
I	25	1	2	2
II	25	2	$x=1$	2

$\rightarrow$ 온도가 같으므로 평형 상수는 같다.

$K_1 = K_2 \rightarrow \frac{2^2}{1 \times 2} = \frac{2^2}{2 \times x}, x=1$

| 선택지 분석 |

☒ 실험 I에서 평형 상수는 2이다.

$\rightarrow K = \frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{2^2}{1 \times 2} = 2$ 이다.

☒ $x=2$ 이다.

$\rightarrow$ 평형 상수는 온도가 같을 때 같은 값을 가지므로

$K = \frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{2^2}{2 \times x} = 2$ 이다. 따라서 $x=1$ 이다.

☒ 25 $^{\circ}C$ 에서 강철 용기에 A~C 각 1몰을 넣었을 때
 역반응이 일어난다.

$\rightarrow$ A~C 각 1몰을 넣었을 때 $Q = \frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{1^2}{1 \times 1} = 1$ 로 평
 형 상수보다 작으므로 정반응이 일어난다.

16 | 선택지 분석 |

☒ 화학 반응식은 $A(g)+3B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$ 이다.

$\rightarrow$ 화학 반응식의 계수비는 반응 몰비와 같다. 평형에 도달하기
 전까지 반응한 A, B의 몰 농도는 각각 1 M, 2 M이고 생성된 C
 의 몰 농도는 2 M이므로 화학 반응식은
 $A(g)+2B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$ 이다.

☒ $t^{\circ}C$ 에서 평형 상수는 $\frac{4}{9}$ 이다.

$\rightarrow t^{\circ}C$ 에서 $K = \frac{[C]^2}{[A][B]^2} = \frac{2^2}{1 \times 3^2} = \frac{4}{9}$ 이다.

☒ 반응 초기 각 물질의 농도가 $[A]=2$ M, $[B]=2$ M,
 $[C]=2$ M인 경우 역반응이 일어난다.

$\rightarrow Q = \frac{[C]^2}{[A][B]^2} = \frac{2^2}{2 \times 2^2} = \frac{1}{2}$ 로 평형 상수보다 크므로 역반
 응이 일어난다.

01 ③ 02 ④ 03 ① 04 ③ 05 ③ 06 ③

07 ① >, ② 역반응, ③ 4

08 (1) | 모범 답안 | $A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$, 반응 초기부터 평형 상태에 도달하기까지 반응한 A의 몰 농도는 0.1 M, B의 몰 농도는 0.1 M, 생성된 C의 몰 농도는 0.2 M 이므로 반응 몰비는 A : B : C = 1 : 1 : 2이다. 따라서 화학 반응식의 계수비도 A : B : C = 1 : 1 : 2이다.

(2) $K = \frac{2}{3}$

(3) | 모범 답안 | 역반응, 반응 초기 A~C의 몰 농도는 각각 1 M이므로 반응 지수는 $\frac{1^2}{1 \times 1} = 1$ 이다. 반응 지수가 평형 상수보다 크므로 생성물의 몰 농도는 반응 초기가 평형 상태보다 커 역반응이 일어난다.

01 | 선택지 분석 |

㉠ 반응한 기체의 양(몰)은 A_2 와 B_2 가 같다.
 → 반응한 A_2 의 분자 수는 3, B_2 의 분자 수는 3이므로 반응한 기체의 양(몰)은 A_2 와 B_2 가 같다.

❌ $t^\circ\text{C}$ 에서 평형 상수는 6이다.

→ 이 반응의 화학 반응식은 $A_2(g) + B_2(g) \rightleftharpoons 2AB(g)$ 이고, 평형 상태에서 농도비는 A : B : AB = 1 : 1 : 6이므로 평형 상수는 $\frac{[AB]^2}{[A_2][B_2]} = \frac{6^2}{1 \times 1} = 36$ 이다.

㉡ (나)에서 $AB(g)$ 의 분해 속도와 생성 속도는 같다.
 → (나)는 평형 상태이므로 정반응 속도와 역반응 속도가 같다.

02 A와 B의 반응 몰비는 2 : 1이므로 평형에 도달하기 전까지의 농도 변화량 비는 $[A] : [B] = 2 : 1$ 이다. 또한 t 에서 평형에 도달하였으므로 t 이후 A와 B의 농도는 일정하게 유지된다.

03 | 선택지 분석 |

$Q = \frac{[C]^2}{[A]^2[B]}$ 이므로 상태 (가)~(다)의 반응 지수는 각각

$Q_{(가)} = \frac{4^2}{8^2 \times 4} = \frac{1}{16}$, $Q_{(나)} = \frac{8^2}{4^2 \times 2} = 2$, $Q_{(다)} = \frac{10^2}{2^2 \times 1} = 25$ 이다.

㉠ (나)는 평형 상태이다.

→ (나)는 $Q = K$ 이므로 평형 상태이다.

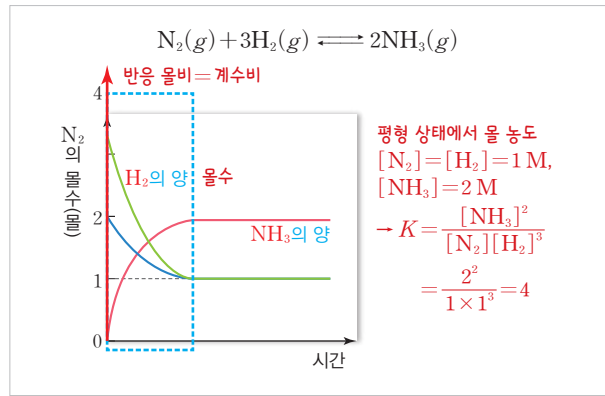
❌ (다)에서 정반응이 일어난다.

→ (다)는 $Q > K$ 이므로 역반응이 일어난다.

❌ $\frac{Q}{K}$ 는 (가)가 (다)보다 크다.

→ $\frac{Q}{K}$ 는 (가)가 $\frac{1}{32}$, (다)가 $\frac{25}{2}$ 이다.

04 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

㉠ $[H_2] = 1 \text{ M}$ 이다.

→ 반응 몰비는 $N_2 : H_2 = 1 : 3$ 이므로 $[H_2] = 1 \text{ M}$ 이다.

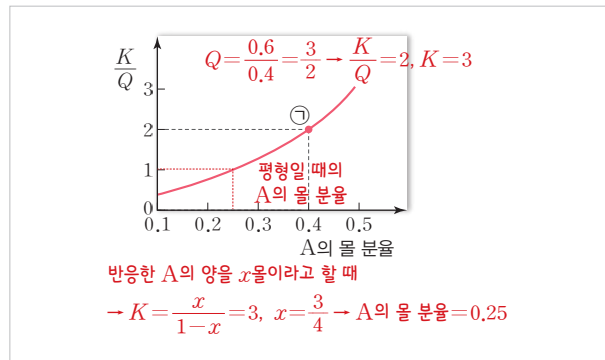
❌ $K = 2$ 이다.

→ 평형 상태에서 N_2 의 양은 1몰이므로 H_2 의 양은 1몰, NH_3 의 양은 2몰이다. $K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3} = \frac{2^2}{1 \times 1^3} = 4$ 이다.

㉡ 정반응 속도와 역반응 속도는 같다.

→ 동적 평형 상태이므로 정반응 속도와 역반응 속도가 같다.

05 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

㉠ $K = 3$ 이다.

→ ㉠에서 $Q = \frac{0.6}{0.4} = \frac{3}{2}$ 이고 $\frac{K}{Q} = 2$ 이므로 $K = 3$ 이다.

❌ 평형 상태에서 B의 몰 분율은 0.25이다.

→ 평형 상태에서 $K = \frac{[B]}{[A]} = \frac{x}{1-x} = 3$ 이므로 $x = \frac{3}{4}$ 이다. 따라서 B의 몰 분율은 0.75이다.

㉡ ㉠에서 정반응 쪽으로 반응이 일어난다.

→ ㉠에서 $Q < K$ 로 반응물의 농도가 평형 상태일 때보다 작으므로 정반응 쪽으로 반응이 일어난다.

06 A의 평형 농도가 0.2 M이므로 B의 평형 농도는 0.2 M, C의 평형 농도는 0.8 M이다. 따라서 평형 상수는 $\frac{0.8^2}{0.2 \times 0.2} = 16$ 이다. 강철 용기에 A~C를 넣었을 때 반응 지수는 $\frac{0.6^2}{0.4 \times 0.6} = \frac{3}{2}$ 으로 $K > Q$ 이므로 이 반응은 정반응 쪽으로 일어나며 평형에 도달했을 때 평형 상수는 16이다.

07 반응 지수는 $\frac{4^2}{2}=8$ 로 평형 상수보다 크므로 역반응이 일어나고, 평형 상태에서 온도가 일정하므로 평형 상수는 4이다.

08 (1) $A(g)+B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$, 반응 초기부터 평형 상태에 도달하기까지 반응한 A의 몰 농도는 0.1 M, B의 몰 농도는 0.1 M, 생성된 C의 몰 농도는 0.2 M이므로 반응 몰비는 A : B : C = 1 : 1 : 2이다. 따라서 화학 반응식의 계수비도 A : B : C = 1 : 1 : 2이다.

채점 기준	배점
반응 몰비를 구하고 반응 몰비와 계수비가 같음을 언급하여 옳게 화학 반응식을 옳게 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
화학 반응식만을 옳게 쓴 경우	30 %

$$(2) K = \frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{0.2^2}{0.3 \times 0.2} = \frac{2}{3}$$

(3) 반응 초기 A~C의 몰 농도는 각각 1 M이므로 반응 지수는 $\frac{1^2}{1 \times 1} = 1$ 이다. 반응 지수가 평형 상수보다 크므로 생성물의 몰 농도는 반응 초기가 평형 상태보다 커 역반응이 일어난다.

채점 기준	배점
반응 지수와 평형 상수를 비교하여 반응의 진행 방향을 옳게 예측하고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
반응의 진행 방향만을 옳게 예측한 경우	40 %

02~ 화학 평형 이동 (1)

탐구POOL

160쪽

01 ㉠ 정반응, ㉡ 역반응 02 (1) × (2) ○ (3) × (4) ×

01 반응물의 농도가 증가하면 반응 지수는 평형 상수보다 작아지므로 정반응 쪽으로 평형이 이동하고, 반응물의 농도가 감소하면 반응 지수는 평형 상수보다 커지므로 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

02 (1) 정반응이 일어나므로 반응 지수는 평형 상수보다 작다.
(3) 과정 ②에서 정반응이 일어나므로 $Cr_2O_7^{2-}$ 의 농도가 감소하고 과정 ③에서는 역반응이 일어나므로 $Cr_2O_7^{2-}$ 의 농도가 증가한다. 따라서 $Cr_2O_7^{2-}$ 의 농도는 과정 ③에서가 과정 ②에서보다 크다.
(3) 온도가 일정하므로 평형 상수는 모두 같다.

꼭꼭! 개념 확인하기

161쪽

✓ 잠깐 확인

1 정반응 2 반응 지수 3 평형 상수 4 압력 5 정반응 6 비활성

01 (1) × (2) ○ (3) × 02 ㉠ 정반응 ㉡ 역반응 03 (1) ○ (2) ○ (3) ○ 04 (1) ㉠ (2) ㉡ (3) ㉢

01 (1), (2) 평형 상태에 있는 반응이라도 외부 조건이 변하면 그 변화를 감소시키려는 방향으로 평형이 이동한다.
(3) 농도나 압력이 변하여 새로운 평형 상태에 도달한 경우 평형 상수는 변하지 않는다.

02 평형 상태에서 반응물을 넣어 주면 반응 지수가 평형 상수보다 작아지므로 정반응이 일어나고, 생성물을 넣어 주면 반응 지수가 평형 상수보다 커지므로 역반응이 일어난다.

03 (1) A를 넣어 주면 정반응이 일어나므로 B의 몰 농도는 감소한다.
(2) C를 넣어 주면 역반응이 일어나므로 A와 B의 양(몰)은 증가한다. 또한 넣어 준 C가 모두 반응하는 것이 아니므로 C의 양(몰)도 증가한다.
(3) 평형 상수는 온도에 의해서만 변한다.

04 기체의 반응의 경우 압력 변화에 의해 평형이 이동할 수 있다. 압력을 증가시키면 기체의 양이 감소하는 쪽으로, 압력을 감소시키면 기체의 양이 증가하는 쪽으로 평형이 이동한다. 기체의 양의 변화가 없는 반응 즉, 화학 반응식에서 반응물의 계수 합과 생성물의 계수 합이 같은 경우 압력에 의한 평형 이동은 일어나지 않는다.

탄탄! 내신 다지기

162쪽~163쪽

01 ① 02 ② 03 ② 04 ⑤ 05 ② 06 ㉠ 반응 지수, ㉡ 평형 상수 07 ④ 08 ④ 09 정반응 10 ④ 11 ④

01 | 선택지 분석 |

㉠ 평형 상태에서 반응물을 첨가하면 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

→ 평형 상태에서 반응물을 첨가하면 반응물을 감소시키는 방향으로 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

✗ 농도에 의해 평형이 이동하는 경우 평형 상수는 달라진다. 변하지 않는다.

→ 농도의 변화에 의해 평형이 이동할 때 평형 상수는 변하지 않는다.

✗ 반응 전후 몰수 변화가 없는 반응은 농도의 영향을 받지 않는다.

→ 반응물 또는 생성물의 농도를 변화시키는 경우 반응 전후 몰수 변화가 없더라도 평형은 이동한다.

02 | 선택지 분석 |

① 평형 상수는 증가한다.

→ 평형 상수는 온도에 의해서만 달라진다. 따라서 평형이 이동해도 온도가 일정하므로 평형 상수는 I 과 II에서 같다.

㉠ H_2 의 농도는 II 일 때가 I 일 때보다 크다.

→ H_2 를 첨가하여 정반응이 일어나므로 H_2 와 N_2 가 반응한다. 이때 넣어 준 순간 농도는 급격히 증가하였다가 감소하지만 새로운

평형에 도달했을 때의 H_2 의 농도는 넣기 전보다 크다. 따라서 H_2 의 농도는 II일 때가 I일 때보다 크다.

③ N_2 의 농도는 II일 때가 I일 때보다 크다.

→ N_2 는 H_2 와 반응하여 소모되므로 N_2 의 농도는 I일 때가 II일 때보다 크다.

④ NH_3 의 농도는 I일 때가 II일 때보다 크다.

→ 반응이 일어날 때 생성물은 증가하므로 NH_3 의 농도는 II일 때가 I일 때보다 크다.

⑤ 용기 속 기체의 몰비는 계수비와 같다.

→ 화학 반응식의 계수비는 반응 몰비와 같다. 따라서 평형 상태에서 용기 속 기체의 몰비는 계수비와 같지 않다.

03 평형 상태에서 반응물인 A를 넣으면 정반응이 일어나므로 A와 B가 반응하여 C가 생성된다. 이때 A는 넣어 준 양이 있어 처음보다 조금 증가하고 B는 감소하며, C는 새로 생성되므로 증가한다. 또한 넣어 준 A의 양(몰)에 비례하여 전체 압력은 증가한다. 평형 상수는 온도에 의해서만 달라지므로 변하지 않는다.

04 | 선택지 분석 |

㉠ 정반응 속도와 역반응 속도가 같다.

→ 평형 상태에 있으므로 정반응 속도와 역반응 속도는 같다.

㉡ 물을 첨가하면 역반응이 일어난다.

→ 물을 첨가하면 반응 지수가 평형 상수보다 커지므로 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

㉢ $KCl(s)$ 을 첨가하면 푸른색이 진해진다.

→ $KCl(s)$ 을 첨가하면 Cl^- 의 농도가 증가하므로 정반응 쪽으로 평형이 이동하여 푸른색이 진해진다.

05 | 선택지 분석 |

✗ X는 A이다.

→ $X(g)$ 를 첨가하였을 때 전체 압력이 감소하였으므로 역반응이 일어난 것이다. 따라서 B를 넣어 준 것이므로 X는 B이다.

㉠ B의 양은 X를 넣기 전보다 증가한다.

→ B를 넣어 주면 반응이 일어나 A가 생성되지만 넣어 준 양만큼 모두 반응하지 않으므로 B의 양은 B를 넣기 전보다 증가한다.

✗ 평형 상수는 X를 넣기 전보다 증가한다.

→ 온도가 일정하므로 평형 상수는 변하지 않는다.

06 화학 평형 이동 법칙에 따라 생성물을 넣어 주면 넣어 준 물질을 소모하기 위해 역반응이 일어난다. 이는 생성물을 넣었을 때 반응 지수가 평형 상수보다 커져서 역반응 쪽으로 평형이 이동하기 때문이다.

07 온도가 일정할 때 기체의 부피는 기체의 압력에 따라 달라지므로 압력 변화에 의해 농도가 달라져 평형 이동이 일어난다. 그러나 화학 반응식에서 계수의 합이 반응물과 생성물이 같을 때는 기체의 압력이 변해도 평형 이동이 일어나지 않는다. 이때 고체나 액체는 고려하지 않는다.

08 | 선택지 분석 |

① 용기에 $A(g)$ 를 넣어 주면 정반응이 일어난다.

→ $A(g)$ 를 넣으면 넣어 준 $A(g)$ 를 감소시키기 위해 정반응이 일어난다.

② 용기에 $C(g)$ 를 넣어 주면 $B(g)$ 의 양은 증가한다.

→ $C(g)$ 를 넣으면 넣어 준 $C(g)$ 를 감소시키기 위해 역반응이 일어난다. 따라서 $B(g)$ 의 양은 증가한다.

③ $a+b>c$ 일 때, 기체의 압력을 높이면 정반응이 일어난다.

→ 기체의 압력을 높이면 기체의 양이 감소하는 방향으로 평형이 이동한다.

✓ $a+b=c$ 일 때, 기체의 압력을 낮추면 $C(g)$ 의 양은 증가한다.

→ $a+b=c$ 일 때 반응이 일어나도 기체의 전체 양(몰)은 일정하므로 기체의 압력은 평형 이동에 영향을 주지 않는다.

⑤ $a+b<c$ 일 때, 기체의 압력을 높이면 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 양은 모두 증가한다.

→ 기체의 압력을 높이면 기체의 양이 감소하는 방향으로 평형이 이동한다. 따라서 역반응이 일어나므로 $A(g)$ 와 $B(g)$ 의 양은 모두 증가한다.

09 피스톤의 추를 제거하면 기체의 압력은 낮아지므로 기체의 몰수가 증가하는 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

10 | 선택지 분석 |

✗ $K = \frac{[C]^2}{[A][B]}$ 이다.

→ 고체 A는 농도 변화가 없으므로 평형 상수식에 나타내지 않는다. $K = \frac{[C]^2}{[B]}$

㉠ $B(g)$ 를 넣어 주면 $C(g)$ 의 양은 증가한다.

→ $B(g)$ 를 넣어 주면 반응 지수가 평형 상수보다 작으므로 정반응이 일어난다. 따라서 $C(g)$ 의 양은 증가한다.

㉡ 기체의 압력을 높이면 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

→ 기체의 압력을 높이면 기체의 몰수가 작아지는 쪽으로 평형이 이동하므로 역반응이 일어난다.

11 | 선택지 분석 |

㉠ 실린더의 피스톤을 당기면 정반응이 일어난다.

→ 피스톤을 당기면 기체의 압력이 낮아지므로 기체의 몰수가 증가하는 쪽으로 반응이 일어난다. 따라서 정반응이 일어난다.

✗ 실린더에 헬륨(He)을 넣어 주어도 평형은 이동하지 않는다.

→ 실린더에 헬륨을 넣어 주면 부피가 증가하여 반응물과 생성물의 부분 압력이 낮아지므로 기체의 몰수가 증가하는 쪽으로 평형이 이동한다.

㉡ 피스톤을 고정시키고 $N_2O_4(g)$ 를 넣어 주면 기체의 색깔은 적갈색이 옅어졌다가 다시 진해진다.

→ 피스톤을 고정시키고 무색의 $N_2O_4(g)$ 를 넣어 주면 적갈색이 옅어졌다가 정반응이 일어나 새로운 평형 상태에 도달하면 다시 진해진다.

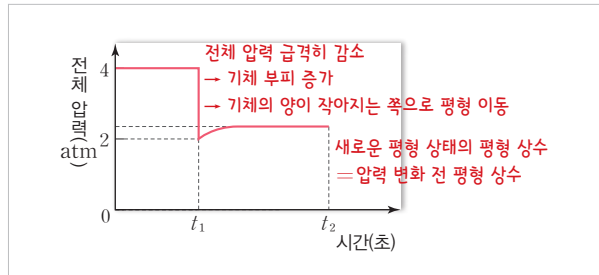
01 ② 02 ② 03 ① 04 ③ 05 ③ 06 ③

07 정반응

08 | 모범 답안 | (1) 기체의 압력이 증가하므로 기체의 양(몰)이 감소하는 방향인 역반응이 일어난다. (2) 기체의 전체 부피가 증가하여 각 기체의 부분 압력이 감소하므로 기체의 양(몰)이 증가하는 방향인 정반응이 일어난다.

09 | 모범 답안 | (가)에 헬륨을 넣어도 각 기체의 부분 압력이 변하지 않으므로 평형 이동은 일어나지 않지만, (나)에 헬륨을 넣으면 전체 부피가 증가하므로 각 기체의 부분 압력이 작아진다. 따라서 기체의 몰수가 증가하는 방향인 역반응 쪽으로 반응이 일어난다. 또한 온도가 일정하므로 (가)와 (나)에서 평형 상수는 같다.

01 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

✗ t_1 에서 기체의 압력을 증가시켰다.

⇒ t_1 에서 전체 압력이 초기의 $\frac{1}{2}$ 로 감소하였으므로 기체의 부피를 초기의 2배로 증가시킨 것이다.

㉠ B(g)의 양(몰)은 t_2 일 때가 t_1 일 때보다 크다.

⇒ 압력을 증가시키면 기체의 몰수가 감소하는 역반응이 일어나므로 B(g)의 양(몰)은 감소한다.

✗ t_2 에서 A(g)를 넣어 주면 역반응이 일어난다.

⇒ t_2 에서 A(g)를 넣어 주면 정반응이 일어난다.

02 | 선택지 분석 |

✗ $t^\circ\text{C}$ 에서 평형 상수는 $\frac{20}{3}$ 이다.

⇒ 화학 반응식은 $2\text{NO}(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(g)$

$$K = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{NO}]^2[\text{O}_2]} = \frac{0.2^2}{0.3^2 \times 0.1} = \frac{40}{9} \text{이다.}$$

✗ 시간 a일 때 기체의 압력을 높이면 역반응이 일어난다.

⇒ 시간 a일 때 기체의 압력을 높이면 기체의 몰수가 작아지는 쪽으로 평형이 이동하므로 정반응이 일어난다.

㉠ 시간 a일 때 O_2 를 더 넣어 주면 정반응이 일어난다.

⇒ 시간 a일 때 반응물인 O_2 를 더 넣어 주면 정반응이 일어난다.

03 | 선택지 분석 |

㉠ $\text{NO}_2(g)$ 는 적갈색을 띤다.

⇒ (가)의 피스톤을 누른 순간 색깔이 진해지는 것은 기체의 부피가 갑자기 줄어 기체의 몰 농도가 커졌기 때문이다. 기체 반응에서 압력

을 증가시키면 기체의 몰수가 작아지는 쪽으로 평형이 이동하므로 (나)에서 (다)로 될 때 정반응이 일어나며, $\text{N}_2\text{O}_4(g)$ 가 생성되므로 다시 색깔이 없어진다. 따라서 $\text{NO}_2(g)$ 는 적갈색을 띤다.

✗ 평형 상수는 (다)가 (가)보다 크다.

⇒ 압력에 의한 평형 이동이 일어날 때 평형 상수는 변하지 않는다.

✗ 기체 분자 수는 (다)가 (나)보다 크다.

⇒ 기체 분자 수가 감소하므로 기체 분자 수는 (나)가 (다)보다 크다.

04 | 선택지 분석 |

㉠ 평형 상수는 평형 I 과 II에서 서로 같다.

⇒ 농도와 압력에 의한 평형 이동이 일어날 때 평형 상수는 변하지 않는다.

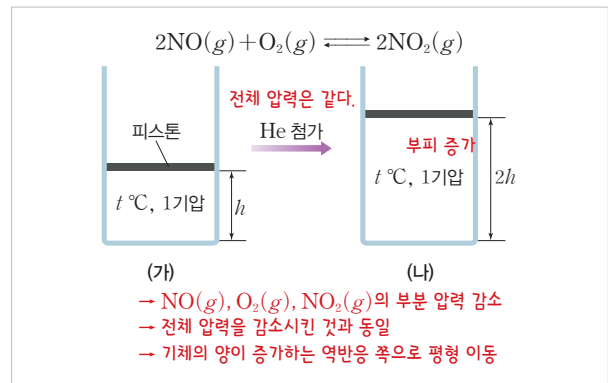
㉠ A(g)의 양은 평형 II에서가 I에서보다 크다.

⇒ B를 넣었을 때 역반응이 일어나 A의 양은 증가한다.

✗ t_3 에서 기체의 압력을 높이면 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

⇒ t_3 에서 기체의 압력을 높이면 기체의 몰수가 감소하는 쪽으로 평형이 이동하므로 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

05 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

㉠ (가)와 (나)에서 평형 상수는 같다.

⇒ 압력 변화에 의해 평형이 이동하여도 온도가 같으므로 평형 상수는 변하지 않는다.

㉠ NO의 양(몰)은 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

⇒ 헬륨을 넣은 후 부피가 증가하였으므로 반응물과 생성물의 부분 압력은 모두 감소한다. 따라서 기체의 몰수가 증가하는 쪽으로 평형이 이동하므로 역반응이 일어난다. 따라서 NO의 양은 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

✗ $\text{NO}_2(g)$ 의 부분 압력은 (가)에서가 (나)에서의 2배이다.

⇒ 전체 압력과 NO_2 의 양이 같을 때 부피는 (나)가 (가)의 2배이므로 $\text{NO}_2(g)$ 의 부분 압력은 (가)에서가 (나)에서의 2배이다. 그러나 NO_2 의 양은 (가)에서가 (나)에서보다 크므로 $\text{NO}_2(g)$ 의 부분 압력은 (가)에서가 (나)에서의 2배보다 크다.

06 | 선택지 분석 |

㉠ $a + b = 2c$ 이다.

⇒ 반응 몰비가 $\text{A}_2 : \text{B}_2 : \text{AB}_3 = 1 : 3 : 2$ 이므로 $a + b = 2c$ 이다.

✗ (나)의 부피를 증가시키면 정반응이 일어난다.

➡ 부피를 증가시키면 기체의 압력이 감소하므로 기체의 양이 증가하는 방향인 역반응이 일어난다.

㉔ (나)에 AB_3 를 넣으면 A_2 의 양(몰)은 증가한다.

➡ (나)에 AB_3 를 넣으면 역반응이 일어나므로 A_2 의 양은 증가한다.

07 반응물의 계수 합이 생성물의 계수 합보다 큰 경우 기체의 전체 압력을 높이면 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

08 (1) 기체의 압력이 증가하므로 기체의 양(몰)이 감소하는 방향인 역반응이 일어난다.

(2) 기체의 전체 부피가 증가하여 각 기체의 부분 압력이 감소하므로 기체의 양(몰)이 증가하는 방향인 정반응이 일어난다.

채점 기준	배점
압력 변화에 따른 평형 이동을 포함하여 모두 옳게 서술한 경우	100 %
압력 변화에 따른 평형 이동을 포함하여 (1)과 (2) 중 한 가지만을 옳게 서술한 경우	50 %
(1) 역반응이 일어나고 (2)는 정반응이 일어난다고만 쓴 경우	30 %

09 (가)에 헬륨을 넣어도 각 기체의 부분 압력이 변하지 않으므로 평형 이동은 일어나지 않는다. (나)에 헬륨을 넣으면 전체 부피가 증가하므로 각 기체의 부분 압력이 작아진다. 따라서 기체의 몰수가 증가하는 방향인 역반응 쪽으로 반응이 일어난다. 온도가 일정하므로 (가)와 (나)에서 평형 상수는 같다.

채점 기준	배점
각 기체의 부분 압력을 포함하여 평형 이동 방향을 예측하고 평형 상수를 옳게 비교한 경우	100 %
각 기체의 부분 압력을 포함하여 평형 이동 방향만을 옳게 예측한 경우	60 %
평형 상수만을 옳게 비교한 경우	30 %

03~ 화학 평형 이동 (2)

탐구POOL

169쪽

01 ㉠ 흡열 반응, ㉡ 발열 반응 **02** (1) × (2) × (3) ○

01 온도를 높이면 다시 온도를 감소시키는 방향으로 평형이 이동하므로 흡열 반응 쪽으로 평형이 이동하며, 온도를 낮추면 다시 온도를 증가시키는 방향으로 평형이 이동하므로 발열 반응 쪽으로 평형이 이동한다.

02 (1) 과정 ㉠에서 온도를 낮추었으므로 역반응인 발열 반응 쪽으로 평형이 이동한다.

(2) 과정 ㉡에서 온도를 높였으므로 정반응 쪽인 흡열 반응 쪽으로 평형이 이동하여 $CoCl_4^{2-}$ 의 농도가 증가한다.

(3) 과정 ㉠에서 역반응이, ㉡에서 정반응이 일어나므로 $CoCl_4^{2-}$ 의 농도는 과정 ㉡에서가 ㉠에서보다 크다. 따라서 평형 상수는 ㉡에서가 ㉠에서보다 크다.

꼭꼭! 개념 확인하기

170쪽

✓ 잠깐 확인

1 발열 반응 **2** 흡열 반응 **3** 흡열 **4** 평형 상수 **5** 수득률 **6** 정반응

01 (1) ○ (2) ○ (3) ○ **02** (1) ○ (2) × (3) ○ **03** 압력을 높이고 온도를 낮춘다. **04** (1) ○ (2) ○ (3) ×

01 (1)~(3) 평형 상태에서 온도를 높이면 흡열 반응 쪽으로 평형이 이동하고, 온도를 낮추면 발열 반응 쪽으로 평형이 이동한다. 정반응이 발열 반응인 경우 온도를 낮추면 정반응이 일어나 반응물의 몰 농도는 감소하고 생성물의 몰 농도는 증가하므로 평형 상수는 증가한다.

02 (2) 강철 용기 속에 $He(g)$ 을 넣어 주면 기체의 전체 압력은 증가하지만 $A(g) \sim C(g)$ 의 부분 압력은 변하지 않으므로 평형은 이동하지 않는다.

03 반응물의 양(몰)이 생성물의 양(몰)보다 크므로 기체의 압력을 높이면 기체의 양(몰)을 감소시키는 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 수득률이 높아지고, 정반응이 발열 반응이므로 온도를 낮추면 정반응 쪽으로 평형이 이동하여 수득률이 높아진다.

04 (1) 일정한 온도에서 압력이 높을수록 수득률이 증가하므로 반응물의 계수 합은 생성물의 계수 합보다 크다.

(2) 일정한 압력에서 온도가 높을수록 수득률이 증가하므로 정반응은 흡열 반응이다. 따라서 $\Delta H > 0$ 이다.

(3) 평형상수는 온도에 의해서만 변하므로 300 K에서 압력이 높아져도 평형 상수는 변하지 않는다.

탄탄! 내신 다지기

171쪽~173쪽

01 ⑤ **02** $K = \frac{[C]^2}{[A]^2[B]}$ **03** ⑤ **04** ① **05** ㄱ, ㄴ

06 ㉠ 발열 반응, ㉡ 감소 **07** ① **08** ③ **09** ② **10** ㉠ 정반응, ㉡ 증가, ㉢ 역반응, ㉣ 감소 **11** ② **12** ⑤ **13** ④ **14** 압력은 영향을 주지 않는다. 온도를 낮춘다. **15** ⑤ **16** ②

01 | 선택지 분석

① 용기에 $A(g)$ 를 넣는다.

➡ 용기에 $A(g)$ 를 넣으면 반응 지수가 평형 상수보다 작아지므로 정반응이 일어난다.

② 용기에 $B(g)$ 를 넣는다.

➡ 용기에 $B(g)$ 를 넣으면 반응 지수가 평형 상수보다 작아지므로 정반응이 일어난다.

③ 생성된 $C(g)$ 를 제거한다.

→ 생성된 $C(g)$ 를 제거하면 반응 지수가 평형 상수보다 작아지므로 정반응이 일어난다.

④ 기체의 온도를 높인다.

→ 기체의 온도를 높이면 흡열 반응 쪽으로 평형이 이동하므로 정반응이 일어난다.

⑤ 기체의 압력을 높인다.

→ 화학 반응식에서 반응물의 계수 합과 생성물의 계수가 같으므로 기체의 압력은 평형 이동에 영향을 주지 않는다.

02 평형 상태에서는 반응물의 농도 곱과 생성물의 농도 곱이 일정한 비율로 유지된다. 평형 상수는 반응물의 농도 곱에 대한 생성물의 농도 곱의 비이다.

03 | 선택지 분석 |

① 역반응의 평형 상수는 2.5이다.

→ 역반응의 평형 상수는 정반응의 평형 상수의 역수이므로 0.2이다.

② 온도를 높이면 정반응이 일어난다.

→ 온도를 높이면 흡열 반응 쪽으로 평형이 이동하므로 역반응이 일어난다.

③ 온도를 낮추면 평형 상수는 5보다 작아진다.

→ 온도를 낮추면 발열 반응 쪽으로 평형이 이동하므로 정반응이 일어나고 평형 상수는 5보다 커진다.

④ A의 농도를 증가시키면 평형 상수는 5보다 커진다.

→ 농도의 변화는 평형 상수에 영향을 주지 않으므로 A의 농도를 증가시켜도 평형 상수는 변하지 않는다.

⑤ 기체의 전체 압력을 증가시키면 C의 양(몰)은 증가한다.

→ 기체의 전체 압력을 증가시키면 기체의 몰수가 작아지는 쪽으로 평형이 이동하므로 C의 몰수는 증가한다.

04 | 선택지 분석 |

㉠ $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ ($H_2(g)$ 첨가)

→ 반응물을 첨가하면 반응 지수는 평형 상수보다 작아지므로 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

㉡ $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$ (압력 증가)

→ 기체 반응에서 반응물의 계수 합과 생성물의 계수 합이 같은 경우 압력에 의한 평형 이동은 일어나지 않는다.

㉢ $3H_2(g) + N_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ $\Delta H < 0$ (온도 증가)

→ 정반응이 발열 반응인 경우 온도를 증가시키면 흡열 반응 쪽인 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

05 | 선택지 분석 |

㉠ I_2 를 첨가한다.

→ 반응물인 I_2 를 첨가하면 반응 지수가 평형 상수보다 작아지므로 정반응이 일어난다. 따라서 HI의 농도가 증가한다.

㉡ 반응 온도를 낮춘다.

→ 반응 온도를 낮추면 발열 반응 쪽으로 평형이 이동하므로 정반응이 일어난다. 따라서 HI의 농도가 증가한다.

㉢ 기체의 전체 압력을 증가시킨다.

→ 제시된 화학 반응식은 반응물의 계수 합과 생성물의 계수 합이 같으므로 압력 변화에 의한 평형 이동은 일어나지 않는다.

06 기체 반응이 평형 상태에 있을 때 온도를 높이면 증가한 온도를 감소시키기 위해 흡열 반응 쪽으로 평형이 이동한다. 따라서 정반응이 발열 반응인 경우 온도를 높이면 역반응이 일어나며, 새로운 평형에 도달했을 때 평형 상수는 감소한다.

07 | 선택지 분석 |

정반응은 발열 반응이므로 온도를 높이면 역반응이 일어난다. 따라서 평형 상수는 (나)가 (가)보다 작다. 또한 반응물의 계수 합은 생성물의 계수와 같으므로 평형 이동이 일어나도 전체 기체의 양(몰)은 변하지 않는다.

08 | 선택지 분석 |

① 정반응이 일어난다.

→ 정반응이 흡열 반응이므로 온도를 증가시키면 정반응이 일어난다.

② B의 양(몰)은 감소한다.

→ 정반응이 일어나 B가 반응하여 소모된다. 따라서 B의 양(몰)은 감소한다.

③ 평형 상수는 변하지 않는다.

→ 정반응이 일어나 반응물의 농도는 감소하고 생성물의 농도는 증가하므로 평형 상수는 증가한다.

④ C(g)의 부분 압력은 증가한다.

→ 온도를 증가시키면 정반응이 일어나 C의 양(몰)이 증가하고, 기체의 온도도 증가하므로 C(g)의 부분 압력은 증가한다.

⑤ 전체 기체의 양(몰)은 감소한다.

→ 반응물의 계수 합이 생성물의 계수보다 크므로 전체 기체의 양(몰)은 감소한다.

09 | 선택지 분석 |

정촉매는 반응 속도를 빠르게 하지만 평형 이동에는 영향을 주지 않는다.

㉠ 정반응이 일어난다.

→ 기체의 압력이 감소하므로 기체의 몰수가 증가하는 쪽인 역반응이 일어난다.

㉡ 기체의 밀도는 감소한다.

→ 역반응이 일어나 기체의 부피는 증가하고, 기체의 질량은 일정하므로 기체의 밀도는 감소한다.

㉢ 평형 상수는 감소한다.

→ 촉매와 압력의 변화는 평형 상수에 영향을 미치지 않으므로 평형 상수는 같다.

10 화학 평형 이동 법칙에 따라 변화된 조건을 감소시키는 방향으로 평형이 이동하여 새로운 평형에 도달하므로 온도를 높이면 온도가 낮아지는 흡열 반응 쪽으로, 온도를 낮추면 온도가 높아지는 발열 반응 쪽으로 평형이 이동하여 새로운 평형에 도달한다. 이때, 정반응이 흡열 반응인 경

우 온도를 높이면 생성물의 농도가 증가하므로 평형 상수가 증가하고, 온도를 낮추면 반응물의 농도가 증가하므로 평형 상수가 감소한다.

11 | 선택지 분석 |

- ✗ 용기에 $\text{He}(g)$ 을 넣으면 **평반응이 일어난다.**
 $\Rightarrow$ 평형 이동은 일어나지 않는다.
 $\Rightarrow$ 용기에 $\text{He}(g)$ 을 넣으면 전체 압력은 증가하지만 A, B의 부분 압력은 변하지 않으므로 평형 이동은 일어나지 않는다.
- ✗ 용기에 $\text{A}(g)$ 를 넣으면 **역반응이 일어난다.**
 $\Rightarrow$ $\text{A}(g)$ 를 넣어 주면 $\text{A}(g)$ 의 농도를 감소시키기 위하여 정반응이 일어난다.
- ㉡ 기체의 온도를 높이면 A의 몰 분율은 증가한다.
 $\Rightarrow$ 정반응이 발열 반응이므로 온도를 높이면 역반응이 일어나 A의 몰 분율은 증가한다.

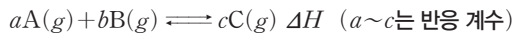
12 정반응이 발열 반응이므로 온도를 높이면 흡열 반응 쪽인 역반응이 일어나고, 반응물의 계수 합이 생성물의 계수보다 크므로 압력을 증가시키면 기체의 몰수가 작아지는 정반응이 일어난다.

13 | 선택지 분석 |

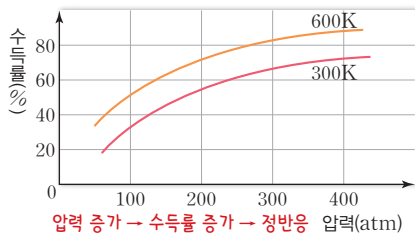
- ㉡ 정반응이 $\Delta H < 0$ 일 때, 온도를 높이면 수득률은 감소한다.
 $\Rightarrow$ 정반응이 발열 반응인 반응의 온도를 높이면 역반응이 일어나므로 수득률은 감소한다.
- ✗ 계수의 합이 같은 반응에서 압력을 증가시키면 수득률은 **증가한다.** 변화없다.
 $\Rightarrow$ 계수의 합이 같은 반응은 압력의 영향을 받지 않으므로 압력 변화에 의한 수득률 변화는 없다.
- ㉡ 계수의 합이 증가하는 반응에서 압력을 증가시키면 수득률은 감소한다.
 $\Rightarrow$ 계수의 합이 증가하는 반응의 압력을 증가시키면 역반응이 일어나므로 수득률은 감소한다.

14 화학 반응식에서 반응물의 계수 합과 생성물의 계수 합이 같으므로 압력은 평형 이동에 영향을 주지 않는다. 정반응이 발열 반응이므로 온도를 낮추면 정반응이 일어난다.

15 | 자료 분석 |



온도 증가 $\rightarrow$ 수득률 증가 $\rightarrow$ 정반응
 $\Rightarrow$ 정반응이 흡열 반응 $\Rightarrow \Delta H > 0$

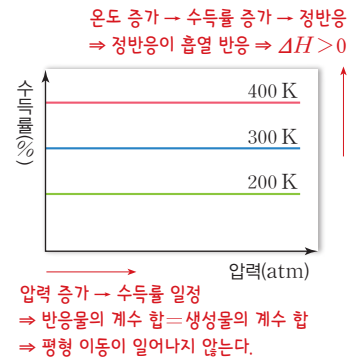


압력 증가 $\rightarrow$ 수득률 증가 $\rightarrow$ 정반응
 $\Rightarrow a + b > c$

| 선택지 분석 |

- ㉡ $\Delta H > 0$ 이다.
 $\Rightarrow$ 압력이 일정할 때 온도가 증가할수록 수득률은 증가하므로 정반응은 흡열 반응이다. 따라서 $\Delta H > 0$ 이다.
- ㉡ $a + b > c$ 이다.
 $\Rightarrow$ 온도가 일정할 때 압력이 증가할수록 수득률은 증가하므로 반응물의 계수 합은 생성물의 계수보다 크다. 따라서 $a + b > c$ 이다.
- ㉡ 200기압에서 평형 상수는 600 K일 때가 300 K일 때보다 크다.
 $\Rightarrow$ 정반응이 흡열 반응이므로 온도가 높을수록 정반응이 일어나 생성물 농도가 증가한다. 따라서 200기압에서 평형 상수는 600 K일 때가 300 K일 때보다 크다.

16 | 자료 분석 |



압력이 일정할 때 온도가 증가할수록 수득률은 증가하므로 정반응은 흡열 반응이다. 따라서 $\Delta H > 0$ 이다. 온도가 일정할 때 압력 변화에 따른 수득률 변화는 없으므로 반응물의 계수 합과 생성물의 계수 합은 같다.

도전! 실력 올리기

174쪽~175쪽

01 ② 02 ③ 03 ① 04 ② 05 ③ 06 ②

07 (1) 2

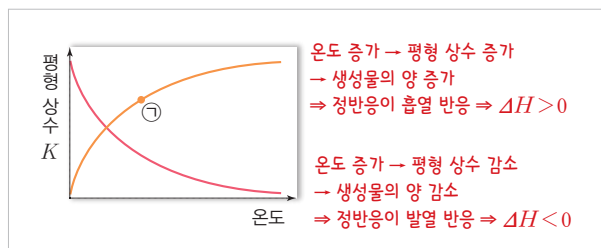
(2) | 모범 답안 | 제시된 반응은 발열 반응이고 기체의 양(몰)이 감소하는 반응이므로, 기체의 온도를 낮추고 압력을 높이면 정반응 쪽으로 평형이 이동하여 C의 수득률이 증가한다.

08 (1) | 모범 답안 | (나)에서 냉각했을 때 물비를 구하면 A : B : C = 1 : 1 : 20이므로 반응 계수비는 $a : b : c = 1 : 1 : 2$ 이다. (가)에 첨가한 C의 입자 수를 x 라고 할 때, 생성된 A와 B의 입자 수가 모두 N 이므로 반응한 C의 입자 수는 $2N$ 이다. 따라서 첨가한 C의 입자 수는 $4N$ 이다.

(2) | 모범 답안 | (가)와 (다)의 평형 상수를 각각 K_1 , K_2 라고

할 때, $K_1 : K_2 = \frac{4^2}{2 \times 2} : \frac{4^2}{4 \times 4} = 4 : 1$ 이다.

01 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

㉠은 온도가 증가함에 따라 평형 상수가 커지므로 정반응이 흡열 반응이며 $\Delta H > 0$ 이다.

㉡ 엔탈피의 합은 생성물이 반응물보다 크다.

⇒ 정반응이 $\Delta H > 0$ 인 반응은 반응이 일어날 때 엔탈피가 증가하므로 엔탈피 합은 생성물이 반응물보다 크다.

㉢ 온도를 증가시키면 정반응이 일어난다.

⇒ 정반응이 흡열 반응이므로 온도를 증가시키면 정반응이 일어난다.

✗ 온도를 감소시키면 평형 상수는 **증가**한다.

⇒ 온도를 감소시키면 역반응이 일어나므로 평형 상수는 감소한다.

02 | 선택지 분석 |

㉡ T_1 에서 평형 상수는 0.5이다.

⇒ T_1 에서 $K = \frac{[B][C]}{[A]^2} = \frac{1 \times 2}{2^2} = \frac{1}{2}$ 이다.

㉢ $T_1 > T_2$ 이다.

⇒ T_2 에서 $K = \frac{[B][C]}{[A]^2} = \frac{3 \times 2}{1^2} = 6$ 이다. T_1 에서 T_2 로 평형

이 이동하였을 때 평형 상수가 증가하였으므로 정반응이 일어났음을 알 수 있다. 따라서 정반응이 발열 반응이므로 $T_1 > T_2$ 이다.

✗ T_2 에서 기체의 전체 압력을 증가시키면 역반응 쪽으로 평형이 **이동한다**. 이동하지 않는다.

⇒ 반응이 일어날 때 반응 전후 분자의 양(몰)은 변하지 않으므로 압력에 의한 평형 이동은 일어나지 않는다.

03 | 선택지 분석 |

㉡ $\frac{b+c}{a} = 1$ 이다.

⇒ 반응 몰비는 $a : b : c = 2 : 1 : 10$ 이므로 $\frac{b+c}{a} = 1$ 이다.

✗ $K_1 : K_2 = 9 : 32$ 이다. 9 : 64

⇒ $K = \frac{[Y][Z]}{[X]^2}$ 이므로 $K_1 : K_2 = \frac{3 \times 3}{4^2} : \frac{4 \times 4}{2^2} = 9 : 64$ 이다.

✗ 시간 t 에서 기체의 압력을 높이면 역반응이 일어난다.

⇒ 화학 반응식에서 반응물의 계수와 생성물의 계수 합이 같으므로 압력에 의해 평형 이동이 일어나지 않는다.

04 | 선택지 분석 |

✗ (가)에서 반응 지수는 평형 상수보다 **작다**. 크다.

⇒ (가)에서 반응물을 제거하였으므로 반응 지수는 평형 상수보다 크다.

㉡ (나)에서 온도를 높였다.

⇒ (나)에서 기체의 농도 변화 없이 정반응 쪽으로 평형 이동이 일어났으므로 온도를 높였다.

✗ 평형 상수는 평형 I에서가 III에서보다 크다.

⇒ (나)에서 정반응이 일어나므로 생성물의 양이 증가한다. 따라서 평형 상수는 평형 III에서가 I에서보다 크다.

05 | 선택지 분석 |

✗ B의 양(몰)은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

⇒ (가)와 (나)에서 동일한 평형 상태에 도달하므로 B의 양은 같다.

✗ 평형 상수는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

⇒ 온도가 같으므로 평형 상수는 (가)와 (나)에서 같다.

㉢ (나)에서 기체의 온도를 증가시키면 B의 몰 분율은 감소한다.

⇒ (나)에서 기체의 온도를 높이면 흡열 반응인 역반응이 일어나므로 B의 몰 분율은 감소한다.

06 | 선택지 분석 |

✗ $x > 0$ 이다.

⇒ (가)에서 온도를 높였을 때 역반응이 일어났으므로 정반응은 발열 반응이다. 따라서 $x < 0$ 이다.

㉡ $a + b > c$ 이다.

⇒ (나)에서 압력을 증가시켰을 때 정반응이 일어났으므로 반응물의 계수 합은 생성물보다 크다. 따라서 $a + b > c$ 이다.

✗ (가)에서 평형 상수는 **증가**한다.

⇒ (가)에서 역반응이 일어났으므로 평형 상수는 감소한다.

07 (1) $K = \frac{[C]^2}{[A][B]^2} = \frac{2^2}{2 \times 1^2} = 2$

(2) 정반응이 발열 반응일 때 온도를 낮추면 정반응 쪽으로 평형이 이동하고, 반응물의 계수 합이 생성물보다 클 때 압력을 높이면 정반응 쪽으로 평형이 이동한다. 제시된 반응은 발열 반응이고 기체의 양(몰)이 감소하는 반응이므로 기체의 온도를 낮추고 압력을 높이면 정반응 쪽으로 평형이 이동하여 C의 수득률이 커진다.

채점 기준	배점
온도와 압력 조건을 제시하고 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
온도와 압력 조건 중 1가지만 옳게 서술한 경우	50 %
온도와 압력 조건만을 옳게 쓴 경우	30 %

08 (1) (나)에서 냉각했을 때 몰비를 구하면

$A : B : C = 1 : 1 : 2$ 이므로 반응 계수 비는

$a : b : c = 1 : 1 : 2$ 이고, 완성된 화학 반응식은

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

(가)에 첨가한 C의 입자 수를 x 라고 할 때, 생성된 A와 B의 입자 수가 모두 N 이므로 반응한 C의 입자 수는 $2N$ 이다. 따라서 첨가한 C의 입자 수는 $4N$ 이다.

채점 기준	배점
화학 반응식의 계수, 첨가한 C의 입자 수를 구하고 옳게 설명한 경우	100 %
첨가한 C의 입자 수만 옳게 구한 경우	40 %
화학 반응식의 계수만 옳게 구한 경우	20 %

(2) 평형 상수는 평형 상수식에 평형에서 각 물질의 농도를 대입하여 구할 수 있다.

(가)와 (다)의 평형 상수를 각각 K_1 , K_2 라고 할 때,

$$K_1 : K_2 = \frac{4^2}{2 \times 2} : \frac{4^2}{4 \times 4} = 4 : 1 \text{이다.}$$

채점 기준	배점
평형 상수를 구하는 과정을 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
평형 상수 비만을 옳게 쓴 경우	30 %

04~상평형 그림

개념POOL

178쪽

- 01 ① 고체 ② 용해 ③ 증기 압력 ④ 승화 ⑤ 3중점
02 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ○

- 02 (1) b점은 용해 곡선 위의 점이므로 고체와 액체가 동적 평형을 이룬다.
(2) ⑤는 3중점이므로 고체, 액체, 기체의 3가지 상태가 동적 평형을 이룬다.
(4) $c \rightarrow f$ 로 될 때 f점은 증기 압력 곡선 위의 점이므로 증기 압력이 낮아도 물이 끓을 수 있다. 따라서 높은 산 위에 올라가면 대기압이 낮아져 100 °C보다 낮은 온도에서 물이 끓어 밥이 설익는 현상을 설명할 수 있다.

꼭꼭! 개념 확인하기

179쪽

✓ 잠깐 확인!

1 상 2 상평형 3 상평형 그림 4 증기 압력 5 3중점 6 물 7 1, 승화 8 고체, 액체, 기체

- 01 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ 02 ㉠ 온도, ㉡ 압력, ㉢ 승화, ㉣ 3중점 03 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ 04 ㉠ 음, ㉡ 양, ㉢ 어느점(녹는점)

- 01 (2) 고체는 녹는점에서 액체로 상이 변하고 상이 변하는 동안 온도가 일정하게 유지되므로 함께 존재한다.
(3) 일정한 압력에서 물질의 엔탈피는 기체 > 액체 > 고체이다.

- 02 고체에서 기체로, 기체에서 고체로 상이 변하는 현상을 승화

라고 한다. 또한 3중점에서는 고체, 액체, 기체가 모두 존재한다.

- 03 (2) b에서는 고체와 액체가, d에서는 액체와 기체가 동적 평형을 이룬다.

(3) 물의 증기 압력은 온도가 높을수록 크므로 d에서가 e에서보다 증기 압력이 크다.

- 04 대부분의 물질들은 고체가 액체보다 밀도가 크기 때문에 외부 압력이 커지면 액체에서 고체로 상이 변하지만, 물의 밀도는 액체가 고체보다 크기 때문에 외부 압력이 커지면 물에서 액체로 상이 변한다. 따라서 외부 압력이 커지면 물의 어는점은 낮아지고, 이산화 탄소의 어는점은 높아진다.

탄탄! 내신 다지기

180쪽~181쪽

- 01 ⑤ 02 ④ 03 ③ 04 ⑤ 05 ④ 06 ② 07 ㉠ 용해, ㉡ 어느점(녹는점) 08 ④ 09 A: 고체, B: 액체, C: 기체 10 ③ 11 ①

01 | 선택지 분석 |

- ㉠ 온도와 압력에 따라 상이 결정된다.
→ 물질은 크게 3가지 상으로 나타내며 온도와 압력에 따라 상이 결정된다.
㉡ 분자 사이의 거리는 기체가 액체보다 크다.
→ 액체의 온도를 높이거나 압력을 낮추면 입자 사이의 거리가 멀어져 상태가 변하므로 분자 사이의 거리는 기체가 액체보다 크다.
㉢ 일정한 압력에서 엔탈피는 고체가 가장 작다.
→ 일정한 압력에서 엔탈피는 기체가 가장 크고 고체가 가장 작다.

02 | 선택지 분석 |

- ✗ 고체에서 기체로 되는 상변화를 용해라고 한다.
→ 용해는 고체에서 액체로 상이 변하는 현상이다.
㉠ 일정한 압력에서 상변화가 일어날 때 온도는 일정하게 유지된다.
→ 일정한 압력에서 상변화가 일어날 때 출입하는 에너지는 상변화에 사용되므로 온도는 일정하게 유지된다.
㉡ 일정한 온도에서 기체의 압력을 높이면 액체로 상변화가 일어날 수 있다.
→ 일정한 온도에서 기체의 압력을 높이면 기체 사이의 거리가 가까워지다가 증기 압력 곡선 상에서 액체로 상변화가 일어난다.

03 | 선택지 분석 |

- ㉠ 온도와 압력에 따른 물질의 상을 나타낸 것이다.
→ 상은 온도와 압력에 따라 결정되므로 온도와 압력에 따라 물질의 상을 나타낸 것을 상평형 그림이라고 한다.
㉡ 3중점에서 고체, 액체, 기체가 동적 평형을 이룬다.
→ 고체, 액체, 기체가 동적 평형을 이루고 있는 온도와 압력을 3중점이라고 한다.

- ✗ 용해 곡선 상에서 액체에 압력을 가하면 모두 고체로 상이 변한다.
 ➔ 물의 경우 용해 곡선 상에서 압력을 가하면 상이 변하지 않고 분자 사이의 거리만 가까워진다.

04 | 선택지 분석 |

- ㉠ 엔탈피는 b가 a보다 크다.
 ➔ a는 고체, b는 액체이므로 엔탈피는 b가 a보다 크다.
 ㉡ 일정한 온도에서 a의 압력을 낮추면 기체가 된다.
 ➔ 일정한 온도에서 a의 압력을 낮추면 승화 곡선 상에서 승화가 일어나 기체가 된다.
 ㉢ 일정한 압력에서 b의 온도를 낮추면 밀도가 증가한다.
 ➔ 일정한 압력에서 b의 온도를 낮추면 액체 분자 사이의 거리가 가까워지므로 밀도가 증가한다.

05 | 선택지 분석 |

- ✗ 일정한 압력에서 온도를 낮추면 ~~기체~~ 액체에서 고체로 된다.
 ➔ A점은 액체 상이므로 일정한 압력에서 온도를 낮추면 액체에서 고체로 상이 변한다.
 ㉠ 일정한 온도에서 압력을 낮추면 액체에서 기체로 된다.
 ➔ 일정한 온도에서 압력을 낮추면 증기 압력 곡선을 지나 기체로 된다.
 ㉢ 일정한 온도에서 압력을 높이면 액체에서 고체로 된다.
 ➔ 일정한 온도에서 압력을 높이면 용해 곡선을 지나 고체가 된다.

06 얼음에 압력을 가하면 녹는 현상과 관련된 곡선은 용해 곡선(AT)이고, 식품의 동결 건조는 얼음의 승화 현상을 이용한 것이므로 승화 곡선(CT)과 관련이 있다.

07 물의 용해 곡선은 음(-)의 값을 갖는다. 따라서 외부 압력이 높아지면 물의 어는점은 낮아진다.

08 | 선택지 분석 |

- ✗ 3중점의 압력은 1기압보다 높다. 낮다.
 ➔ 물은 1기압에서 고체, 액체, 기체로 존재하므로 3중점의 압력은 1기압보다 낮다.
 ㉠ 1기압에서 온도에 따라 3가지 상으로 존재한다.
 ➔ 물은 1기압에서 온도에 따라 얼음, 물, 수증기의 3가지 상으로 존재한다.
 ㉢ 1기압, -20°C 인 얼음에 압력을 가하면 물로 상이 변한다.
 ➔ 1기압, -20°C 인 얼음에 압력을 가하면 얼음의 빈 공간이 깨지면서 물로 상이 변한다.

09 일정한 압력에서 엔탈피는 고체 < 액체 < 기체이므로 A는 고체, B는 액체, C는 기체 상을 나타낸 것이다.

10 | 선택지 분석 |

- ㉠ 이산화 탄소는 승화성 물질이다.
 ➔ 이산화 탄소의 3중점의 압력이 1기압보다 높으므로 이산화 탄

소는 1기압, 25°C 에서 승화가 일어난다. 따라서 이산화 탄소는 승화성 물질이다.

- ㉠ 일정한 압력에서 A에서 B로 상변화할 때 에너지를 흡수한다.
 ➔ 일정한 압력에서 A에 에너지를 가하면 B로 상이 변한다.
 ✗ 일정한 온도에서 C의 압력을 높이면 A로 상이 변한다.
 ➔ 일정한 온도에서 C의 압력을 높이면 기체 사이의 거리가 가까워지면서 액화되므로 B로 상이 변한다.

11 | 선택지 분석 |

- ㉠ 용해 곡선의 기울기가 양(+)의 값이다.
 ➔ 이산화 탄소는 고체의 밀도가 액체보다 크므로 용해 곡선의 기울기가 양(+)의 값이다.
 ✗ 대기압에서 온도에 따라 3가지 상으로 존재한다.
 ➔ 이산화 탄소의 3중점의 압력은 대기압보다 크므로 이산화 탄소는 대기압에서 온도에 따라 2가지 상으로 존재한다.
 ✗ 드라이아이스를 3중점의 압력보다 낮은 압력에서 가열하면 액체로 상이 변한다.
 ➔ 드라이아이스는 3중점의 압력보다 낮은 압력에서는 승화만 일어나므로 가열하면 기체로 상이 변한다.

도전! 실력 올리기

182쪽~183쪽

01 ⑤ 02 ① 03 ③ 04 ① 05 ④ 06 ③

- 07 (1) 압력을 낮춘다.
 (2) | 모범 답안 | 물의 용해 곡선의 기울기는 음(-)의 값을 가지므로 얼음에 압력을 가하면 얼음이 물로 상이 변하기 때문이다.
 08 (1) | 모범 답안 | 이산화 탄소의 3중점의 압력이 1기압보다 높아 1기압에서 승화가 일어나기 때문에 (가)에서 드라이아이스의 양이 줄어들었다.
 (2) | 모범 답안 | 이산화 탄소의 3중점의 압력은 1기압보다 높아 드라이아이스가 액체 상으로 존재하는 압력도 1기압보다 높다. 따라서 P는 대기압보다 높다.

01 | 선택지 분석 |

- ㉠ ㉠은 고체이다.
 ➔ 상평형 그림에서 압력이 일정할 때 고체의 온도가 가장 낮으므로 ㉠은 고체이다.
 ㉡ 0°C , 1기압에서 물의 밀도는 ㉡이 ㉠보다 크다.
 ➔ 물의 상이 고체인 ㉠일 때 압력을 증가시키면 액체인 ㉡으로 변화된다. 일정한 온도에서 물의 밀도는 ㉡에서가 ㉠에서보다 크다.
 ㉢ 1기압에서 ㉢의 온도를 낮추면 액체를 거쳐 고체로 상이 변한다.
 ➔ 물의 3중점의 압력은 1기압보다 낮으므로 1기압에서 물은 3가지 상태로 존재할 수 있다. 따라서 기체인 ㉢의 온도를 낮추면 액체를 거쳐 고체로 상이 변한다.

02 | 선택지 분석 |

- ㄱ A의 압력은 3중점의 압력보다 높다.
 ⇒ 일정한 압력에서 A점의 온도가 가장 높으므로 A는 기체 상, B는 액체 상, C는 고체 상이다. 따라서 A의 압력에서 온도에 따라 3가지 상으로 존재하므로 3중점의 압력은 A의 압력보다 낮다.
- ✗ t_1 , P_1 에서 기체와 액체는 평형을 이룬다.
 ⇒ t_1 , P_1 에서 온도와 압력은 융해 곡선 상에 있으므로 이점에서 고체와 액체는 평형을 이룬다.
- ✗ P_2 에서 B의 밀도는 C의 밀도보다 크다.
 ⇒ X의 융해 곡선의 기울기는 양(+)의 값을 가지므로 P_2 에서 밀도는 고체인 C에서 액체인 B에서보다 크다.

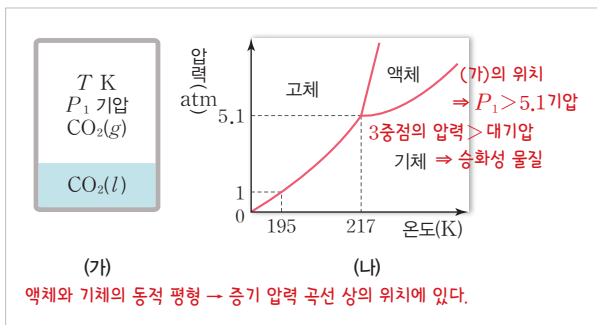
03 | 선택지 분석 |

- ㄱ 20 °C, 1기압에서 A의 안정한 상은 액체이다.
 ⇒ 증기 압력 곡선은 액체와 기체가 평형을 이루는 온도와 압력에 해당하는 점을 연결한 곡선이다. 따라서 A는 20 °C, 1기압에서 액체로 존재한다.
- ✗ B의 3중점의 압력은 1기압보다 높다. 낮다.
 ⇒ B는 1기압에서 액체와 기체로 존재할 수 있으므로 3중점의 압력은 1기압보다 낮다.
- ㄷ 일정한 온도에서 증기 압력은 A가 B보다 크다.
 ⇒ 증기 압력은 액체와 기체가 평형을 이루고 있을 때 증기가 나타내는 압력이다. 일정한 온도에서 액체와 기체가 평형을 이루는 압력은 A가 B보다 크므로 증기 압력은 A가 B보다 크다.

04 | 선택지 분석 |

- ㄱ A는 1기압에서 고체에서 기체로만 상이 변한다.
 ⇒ A의 3중점의 압력은 1기압보다 높으므로 A는 승화성 물질이며, 1기압에서 고체 상의 A의 온도를 높이면 기체로 상이 변한다.
- ✗ 온도와 압력이 같을 때 B의 밀도는 고체가 액체보다 크다.
 ⇒ 온도와 압력이 같을 때 B의 융해 곡선의 기울기는 음(-)의 값을 가지므로 밀도는 액체가 고체보다 크다.
- ✗ 고체 상태에서 외부 압력이 증가하면 A와 B의 녹는점은 모두 높아진다.
 ⇒ 고체 상태에서 외부 압력이 증가하면 A의 녹는점은 높아지지만 B의 녹는점은 낮아진다.

05 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- ✗ $T < 217$ 이다.

⇒ (가)는 기체와 액체가 공존하므로 평형 상태에 있다. 이 상태는 증기 압력 곡선 상의 어느 한 점에 해당되므로 (가)의 온도는 217 K보다 크다.

- ㄷ $P_1 > 5.1$ 이다.

⇒ 2가지 상으로 존재하는 증기 압력 곡선 상의 어느 한 점의 압력은 3중점의 압력보다 크므로 P_1 은 5.1 기압보다 크다.

- ㄷ (가)의 온도를 195 K으로 낮추었을 때 $\text{CO}_2(g)$ 의 압력은 1기압이다.

⇒ 밀폐 용기 속에서 (가)의 온도를 195 K으로 낮추면 기체가 고체로 승화되어 상이 변하면서 압력이 감소하고 기체와 고체가 평형을 이루게 되므로 (가)를 195 K까지 낮추면 기체의 압력은 1기압이 된다.

06 | 선택지 분석 |

- ㄱ 2분일 때 A의 온도는 80 °C이다.

⇒ 2분~8분일 때 고체와 액체가 공존하므로 이때 융해가 일어난다. 융해가 일어날 때의 온도는 기준 어는점이므로 2분일 때 A의 온도는 80 °C이다.

- ㄷ A의 비열은 액체일 때가 고체일 때보다 크다.

⇒ 고체 상의 A가 녹기 시작할 때까지 걸린 시간이 2분이고, 액체 상의 A가 기화되기 시작할 때까지 걸린 시간은 8분이므로 1 °C를 높이는 데 필요한 열량은 액체일 때가 고체일 때보다 크다. 따라서 A의 비열은 액체일 때가 고체일 때보다 크다.

- ✗ A는 기화 엔탈피가 융해 엔탈피보다 작다. 크다.

⇒ A는 융해될 때 걸린 시간이 6분이고 기화될 때 걸린 시간이 14분이므로 기화 엔탈피가 융해 엔탈피보다 크다.

- 07 (1) A는 고체 상이므로 일정한 온도에서 압력을 낮추면 승화가 일어나 기체 상으로 변한다.

- (2) 물의 융해 곡선의 기울기는 음(-)의 값을 가지므로 얼음에 압력을 가하면 얼음이 물로 상이 변하기 때문이다.

채점 기준	배점
융해 곡선의 기울기를 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
'고체에서 액체로 상변화했기 때문이다.'라고 서술한 경우	30 %

- 08 (1) 이산화 탄소의 3중점의 압력이 1기압보다 높아 1기압에서 승화가 일어나기 때문에 (가)에서 드라이아이스의 양이 줄어들었다.

채점 기준	배점
3중점의 압력이 1기압보다 높다는 내용을 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
'1기압에서 승화가 일어나기 때문이다.'라고만 서술한 경우	40 %

- (2) 이산화 탄소의 3중점의 압력은 1기압보다 높아 드라이아이스가 액체 상으로 존재하는 압력도 1기압보다 높다. 따라서 P는 대기압보다 높다.

채점 기준	배점
3중점의 압력이 1기압보다 높다는 내용을 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
'P는 대기압보다 높다.'라고만 서술한 경우	40 %

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

01 | 선택지 분석 |

꼭지를 열었을 때 반응한 A의 양을 x 몰이라고 하면 평형에 도달했을 때 A가 $(0.3-x)$ 몰, B가 $(0.4-x)$ 몰, C가 x 몰이므로 전체 분자 수 $= 0.3-x+0.4-x+x=0.5$, $x=0.2$ 이다.

㉠ $K=20$ 이다.

⇒ 평형 상태에서 A~C의 양은 각각 0.1몰, 0.2몰, 0.2몰이고, 부피는 2L이므로 몰 농도는 각각 0.05M, 0.1M, 0.1M이다. 따라서 평형 상수는

$$K = \frac{[C]}{[A][B]} = \frac{0.1}{0.05 \times 0.1} = 20 \text{이다.}$$

㉡ 기체의 부분 압력은 B(g)와 C(g)가 같다.

⇒ 평형 상태에서 기체의 양은 B와 C가 같으므로 기체의 부분 압력도 B와 C가 같다.

✗ 온도 T에서 용기 속에 네온(Ne)을 넣으면 정반응 쪽으로 평형이 이동한다.

⇒ 네온을 넣어 주면 전체 압력은 증가하지만 A~C의 부분 압력은 변하지 않으므로 평형 이동에 영향을 주지 않는다. 따라서 평형 이동은 일어나지 않는다.

02 평형 상태에 도달할 때까지 생성된 B의 몰 농도는 0.5M이므로 반응한 A의 몰 농도는 0.5aM이다. 평형 상태에서 A와 B의 몰 농도는 각각 $(4-0.5a)$ M, 0.5M이고

$$\frac{0.5}{4-0.5a+0.5} = \frac{1}{7} \text{에서 } a=2 \text{이고, } y=3 \text{이다.}$$

$$\text{또한 } K = \frac{[B]}{[A]^2} = \frac{0.5}{3^2} = \frac{1}{18} = x \text{이다.}$$

$$\text{따라서 } x = \frac{1}{18}, y=3 \text{이므로 } \frac{y}{x} = 54 \text{이다.}$$

03 반응이 진행되어 C의 몰 분율이 $\frac{1}{3}$ 일 때까지 반응한 A의 양이 x 몰이라면 반응 후 용기에 들어 있는 기체의 양은 A가 $(1-x)$ 몰, B가 $(2-x)$ 몰, C가 $2x$ 몰이므로

$$\frac{2x}{1-x+2-x+2x} = \frac{1}{3} \text{이고 } x=0.5 \text{이다.}$$

따라서 A~C 몰수는 각각 0.5몰, 1.5몰, 1몰이므로 반응 지수 $Q = \frac{1^2}{0.5 \times 1.5} = \frac{4}{3}$ 이다. 평형 상태에 도달할 때까지 반응한 A의 양이 y 몰이라면 반응 후 용기에 들어 있는 기체의 양은 A가 $(1-y)$ 몰, B가 $(2-y)$ 몰, C가 $2y$ 몰이다.

$$K = 3Q = 3 \times \frac{4}{3} = 4 \text{이므로 } K = \frac{(2y)^2}{(1-y)(2-y)} = 4 \text{이다.}$$

따라서 $y = \frac{2}{3}$ 이고, 평형 상태에서 A의 양은 $1-y = \frac{1}{3}$ 몰이다.

04 | 선택지 분석 |

㉠ $K \times c = 8$ 이다.

⇒ 반응 몰비는 A : B : C = 1 : 1 : 2이므로 $c=20$ 이고,

$$K = \frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{2^2}{1 \times 1} = 4 \text{이다. 따라서 } K \times c = 8 \text{이다.}$$

✗ t_1 에서 반응 지수 Q는 평형 상수 K보다 크다.

⇒ t_1 에서 정반응이 진행되므로 반응 지수는 평형 상수보다 작다.

✗ t_2 에서 A(g)~C(g)를 각각 1M씩 추가로 넣으면 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

⇒ t_2 에서 A(g)~C(g)를 각 1M씩 추가했을 때 반응 지수는

$$Q = \frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{3^2}{2 \times 2} = \frac{9}{4} \text{이므로 평형 상수보다 작다.}$$

따라서 평형은 정반응 쪽으로 이동한다.

05 | 선택지 분석 |

✗ $x=0.1$ 이다. 0.2

⇒ 반응 몰비는 $\text{NO}_2 : \text{N}_2\text{O}_4 = 2 : 1$ 이므로 N_2O_4 가 0.1몰 생성되었을 때 NO_2 는 0.2몰 반응한다. 따라서 $x=0.2$ 이다.

✗ 평형 상수는 $\frac{2}{5}$ 이다. $\frac{25}{2}$

$$\Rightarrow K = \frac{[\text{N}_2\text{O}_4]}{[\text{NO}_2]^2} = \frac{0.5}{0.2^2} = \frac{50}{4} = \frac{25}{2} \text{이다.}$$

㉡ 동일한 조건에서 N_2O_4 (g) 0.6몰을 넣고 반응시킨 후 평형에 도달했을 때 NO_2 의 몰 분율은 $\frac{2}{7}$ 이다.

⇒ NO_2 0.4몰이 모두 반응하면 N_2O_4 0.2몰이 새로 생성되므로 용기에는 N_2O_4 0.6몰이 들어 있다. 따라서 N_2O_4 0.6몰을 넣어 반응시켰을 때와 NO_2 0.4몰, N_2O_4 0.4몰을 넣고 반응시켰을 때 동일한 평형 상태에 도달하므로 평형 상태에서 기체의 양은 같다. 따라서 NO_2 의 몰 분율은 $\frac{2}{7}$ 이다.

06 평형 I까지 반응한 A의 양을 $2m$ 몰이라고 할 때 생성된 B

의 양은 bm 몰, C의 양은 n 몰이다. 평형 I에서 $\frac{P_B}{P_A} = 1$ 로

A와 B의 부분 압력이 같으므로 $(2-2n) = bm$ 이고 온도와 압력이 일정할 때 기체의 총 양은 부피에 비례하므로 $2 : (2-2n+bm+n) = 1 : \frac{5}{4}$ 이다. 따라서 $n=0.5$, $b=2$ 이다. 평형 I에서 A~C의 양은 각각 1몰, 1몰, 0.5몰이

$$\text{므로 } K_1 = \frac{[B]^2[C]}{[A]^2} = \frac{\left(\frac{1}{4V}\right)^2 \cdot \frac{0.5}{4V}}{\left(\frac{1}{5V}\right)^2} = \frac{2}{5V} \text{이다.}$$

또한 평형 II까지 반응한 A의 양을 $2m$ 몰이라고 할 때 생성된 B와 C의 양은 각각 $2m$ 몰, m 몰이므로 평형 II에서 A~C의 양은 각각 $(2-2m)$ 몰, $2m$ 몰, m 몰이다. 평형 II에서 B의 부분 압력은 A의 2배이므로

$$2m = 2 \times (2-2m), m = \frac{2}{3} \text{이다.}$$

따라서 평형 II에서 A~C의 양은 각각 $\frac{2}{3}$ 몰, $\frac{4}{3}$ 몰, $\frac{2}{3}$ 몰이다. 평형 II에서 기체의 부피를 x 라고 할 때, 평형 II에서 기체의 총 양은 $\frac{8}{3}$ 몰, 온도는 $\frac{5}{4}T$ 이고 평형 I과 평형

$$\text{II의 압력은 같으므로 } \frac{2.5 \times RT}{\frac{5}{4}V} = \frac{\frac{8}{3} \times R \times \frac{5}{4}T}{x},$$

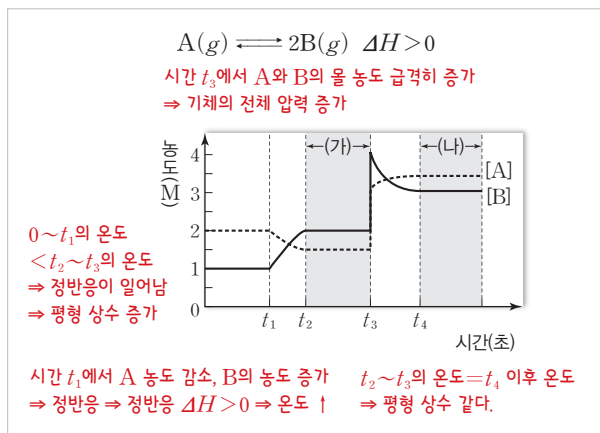
$x = \frac{5}{3}V$ 이다. 평형 II에서 A~C의 몰 농도는 각각

$$\frac{2}{5V} \text{ M, } \frac{4}{5V} \text{ M, } \frac{2}{5V} \text{ M이므로 평형 상수는}$$

$$K_{\text{II}} = \frac{\left(\frac{4}{5V}\right)^2 \times \frac{2}{5V}}{\left(\frac{2}{5V}\right)^2} = \frac{8}{5V} \text{이다.}$$

$$\text{따라서 } \frac{K_{\text{I}}}{K_{\text{II}}} = \frac{\frac{5V}{8}}{\frac{8}{5V}} = \frac{1}{4} \text{이다.}$$

07 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

㉠ 시간 t_1 일 때 기체의 온도를 높였다.

⇒ 시간 t_1 에서 조건을 변화시켰을 때 기체의 부분 압력이 급격히 변하지 않았으므로 온도를 변화시킨 것이며, 온도를 변화시켰을 때 흡열 반응인 정반응이 일어났으므로 온도를 높인 것이다.

㉡ 시간 t_3 일 때 용기에 B(g)를 넣어 주었다.

⇒ 시간 t_3 일 때 기체 A와 B의 농도가 2배로 급격히 증가했으므로 기체의 압력을 2배로 증가시킨 것이다. B(g)를 넣었다면 B의 농도만 급격히 증가했다가 감소해야 한다.

㉢ 평형 상수는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

⇒ 시간 t_3 일 때 압력을 변화시킨 것이므로 평형 상수는 변하지 않는다.

08 | 선택지 분석 |

화학 반응식에서 반응물의 계수와 생성물의 계수 합이 같으므로 반응이 일어나 평형 상태에 도달해도 기체의 전체 양은 같다. $PV = nRT$ 이므로 온도가 같다고 가정할 때 A~D의 기체의 양을 구하면 A가 2, B가 4, C가 1, D가 2이므로 기체의 양은 모두 같아야 한다는 것에 모순이다. 따라서 B와 C일 때는 온도를 변화시킨 것이며, B에서 온도를 높였고 C에서 온도를 낮췄다.

㉠ 평형 상수가 가장 큰 평형 상태는 C이다.

⇒ 온도를 낮추면 정반응 쪽으로 평형이 이동하여 평형 상수가 증가한다. 따라서 평형 상수가 가장 큰 평형 상태는 C이다.

㉡ $N_2(g)$ 의 몰 분율이 가장 큰 평형 상태는 B이다. C

⇒ A를 기준으로 조건을 변화시키면 B는 역반응, C는 정반응이 일어나고, D는 평형 이동이 일어나지 않았으므로 N_2 의 몰 분율이 가장 큰 평형 상태는 C이다.

㉢ $NO(g)$ 의 부분 압력이 가장 큰 평형 상태는 B이다. B

⇒ NO의 몰 분율은 B에서 가장 크므로 NO의 부분 압력이 가장 큰 평형 상태는 B이다.

09 (나)에서 압력을 높였을 때 B의 몰 분율이 (가)에서보다 작

으므로 역반응이 진행되었다. 평형 상태에서 압력을 높이면 기체의 양이 작아지는 쪽으로 평형이 이동하므로 화학 반응식에서 반응물의 계수는 생성물의 계수보다 작다. 따라서 생성물의 계수가 2이므로 반응물의 계수인 $a=1$ 이다.

(가)~(다)에서 반응한 A의 양을 각각 $m_1 \sim m_3$ 몰이라고 할 때, 평형에서 기체의 양은 A는 각각 $n-m_1$ 몰, $n-m_2$ 몰, $n-m_3$ 몰이고, B는 각각 $2m_1$ 몰, $2m_2$ 몰, $2m_3$ 몰이므로 (가)~(다)에서 B의 몰분율은 각각 $\frac{2m_1}{n+m_1} = \frac{1}{2}$,

$$\frac{2m_2}{n+m_2} = \frac{1}{3}, \frac{2m_3}{n+m_3} = \frac{1}{5} \text{이다. 따라서 } m_1 = \frac{1}{3}n, m_2 = \frac{1}{5}n,$$

$$m_3 = \frac{1}{9}n \text{이다. 따라서 평형 상태의 (가)~(다)에서 A와}$$

B의 양을 구하면 다음과 같다.

평형 상태	절대 온도	기체의 양(몰)		부피
		A	B	
(가)	T_1	$\frac{2}{3}n$	$\frac{2}{3}n$	x
(나)	T_2	$\frac{4}{5}n$	$\frac{2}{5}n$	
(다)	T_3	$\frac{8}{9}n$	$\frac{2}{9}n$	y

$$(가)에서 평형 상수는 $K_1 = \frac{\left(\frac{2}{3}n\right)^2}{\frac{2}{3}n} = \frac{2n}{3x}$ 이고, (다)에서$$

$$\text{평형 상수는 } K_2 = \frac{\left(\frac{2}{9}n\right)^2}{\frac{8}{9}n} = \frac{n}{18y} \text{이다. } \frac{T_2}{T_1}에서 K = \frac{1}{3}$$

$$\text{이므로 } \frac{\frac{n}{18y}}{\frac{2n}{3x}} = \frac{1}{3} \text{이다. 따라서 } \frac{x}{y} = 4 \text{이다.}$$

10 | 선택지 분석 |

㉠ 평형 상태 I의 온도가 III보다 높다.

⇒ 제시된 반응이 발열 반응이고, 발열 반응에서 온도가 낮을수록 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 평형 상수는 증가한다. 따라서 평형 상수가 작은 I에서가 III에서보다 온도가 높다.

㉡ 평형 상태 II에서 온도를 높이면 역반응이 일어난다.

⇒ 이 반응의 정반응은 발열 반응이므로 평형 II에서 온도를 높이면 역반응이 일어난다. 따라서 Z의 몰 분율은 감소한다.

✗ 평형 상태 Ⅲ에서 압력을 높이면 Z의 몰 분율이 증가한다.

⇒ $K_1 \sim K_3$ 를 이용하여 반응 계수를 구하면 $K_1 = \frac{1^z}{2^x \times 1^y} = 0.5$,

$K_2 = \frac{2^z}{1^x \times 2^y} = 2$, $K_3 = \frac{3^z}{3^x \times 1^y} = 30$ 이며, 이를 풀면 $x=1, y=1$,

$z=2$ 이다. 따라서 반응물의 계수 합과 생성물의 계수가 같으므로 이 반응은 압력에 의한 평형 이동은 일어나지 않는다.

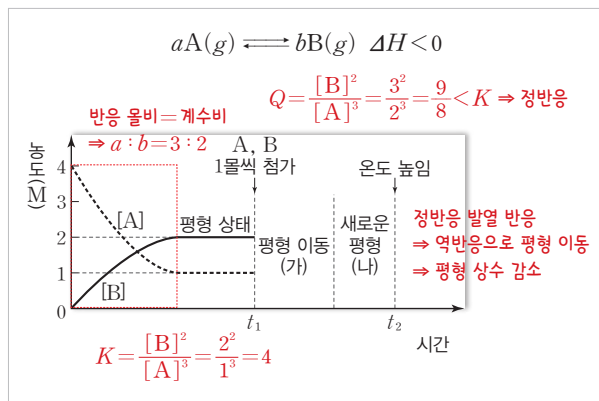
11 평형 I까지 생성된 C의 양이 n 몰이므로 반응한 A와 B의 양은 $0.5n$ 몰이고, 평형 I에서 A~C의 양은 각각 $(1-0.5n)$ 몰, $(3-0.5n)$ 몰, n 몰이다. 평형 II까지 생성된 C의 양이 $2n$ 몰이므로 반응한 A와 B의 양은 n 몰이고, 평형 II에서 A~C의 양은 각각 $(3-n)$ 몰, $(3-n)$ 몰, $2n$ 몰이다. 또한 평형 III까지 생성된 C의 양이 $3n$ 몰이므로 반응한 A와 B의 양은 $1.5n$ 몰이고, 평형 III에서 A~C의 양은 각각 $(3-1.5n)$ 몰, $(3-1.5n)$ 몰, $3n$ 몰이다.

$$K_I = \frac{n^2}{(1-0.5n)(3-0.5n)}, K_{II} = \frac{2n^2}{(3-n)(3-n)},$$

$$K_{III} = \frac{3n^2}{(3-1.5n)(3-1.5n)} \text{이다. } K_I = K_{III} \text{이므로}$$

$n=1.5$ 이고, 이를 대입하면 $\frac{K_{II}}{K_I} = 9$ 이다.

12 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

✗ 평형 상수 K 는 $\frac{a}{b}$ 의 2배이다.

⇒ 평형 상태에 도달하기 전 반응 몰비는 A : B = 3 : 2이므로 반

응 계수 비는 $a : b = 3 : 2$ 이다. $K = \frac{[B]^2}{[A]^3} = \frac{2^2}{1^3} = 4$ 이므로

$K = \frac{8}{3} \times \frac{a}{b}$ 이다. 따라서 K 는 $\frac{a}{b}$ 의 2배보다 크다.

㉠ (가)에서 B의 양은 증가한다.

⇒ t_1 에서 A, B 1몰씩 첨가하였으므로 $Q = \frac{[B]^2}{[A]^3} = \frac{3^2}{2^3} = \frac{9}{8}$ 이다. 따라서 $K > Q$ 이다. 따라서 (가)에서 정반응이 일어나므로 B의 양은 증가한다.

㉡ 시간이 t_2 일 때 역반응이 일어난다.

⇒ 제시된 반응은 발열 반응이고 t_2 일 때 온도를 높였으므로 역반응이 일어난다.

13 | 선택지 분석 |

✗ (가)의 시간 t_1 에서 $N_2(g)$ 를 넣었다.

⇒ $N_2(g)$ 를 넣으면 전체 기체의 압력이 급격히 증가한 후 정반응이 일어나므로 다시 서서히 압력이 감소한다. 따라서 제시된 자료의 (나)와 같은 결과를 얻을 수 없다.

✗ (가)의 시간 t_1 에서 온도를 높인 후 일정하게 유지하였다.

⇒ t_1 에서 온도를 높이면 역반응이 일어나 기체의 양이 증가하므로 전체 압력은 증가한다. 따라서 평형에서 물질의 농도 변화가 없으므로 온도를 변화시키지 않았다.

㉠ 시간 t_2 에서 기체의 압력을 높이면 NH_3 의 수득률은 증가한다.

⇒ t_2 에서 기체의 압력을 높이면 정반응으로 평형이 이동하므로 NH_3 의 수득률은 증가한다.

14 | 선택지 분석 |

㉠ 평형 상수는 4이다.

⇒ 온도가 일정하므로 평형이 이동하여도 평형 상수는 변하지 않는다. 따라서 평형 상태에서 평형 상수는 4이다.

✗ X의 몰 분율은 $\frac{3}{8}$ 이다. $\frac{1}{4}$

⇒ 평형까지 반응한 X의 양을 x 몰이라고 하면 생성된 Z의 양은 $2x$ 몰이고, 남은 X, Y의 양은 각각 $(1-x)$ 몰이다.

$K = \frac{(2x)^2}{(1-x)^2} = 4$ 이므로 $x = \frac{1}{2}$ 이다. 따라서 X~Z의 양은

각각 $\frac{1}{2}$ 몰, $\frac{1}{2}$ 몰, 1몰이므로 X의 몰 분율은 $\frac{1}{4}$ 이다.

✗ 온도를 높이면 Z의 수득률은 증가한다. 감소

⇒ 정반응이 발열 반응이므로 온도를 높이면 역반응이 일어나고, Z의 수득률은 감소한다.

15 | 선택지 분석 |

㉠ $P_2 > 5.1$ 이다.

⇒ $t_1 < t_0$ 이고 t_1, P_2 일 때 액체와 고체가 평형을 이루고 있으므로 용해 곡선 상에 존재한다. 따라서 용해 곡선 상에 있을 때 압력은 3중점의 압력보다 크므로 $P_2 > 5.1$ 이다.

✗ $P_1 > P_2$ 이다. $P_1 < P_2$

⇒ CO_2 의 상평형에서 용해 곡선의 기울기는 양(+)의 값이므로 같은 온도에서 압력을 낮추면 고체에서 액체로 상이 변한다. 따라서 t_1, P_1 일 때 안정한 상이 액체이므로 $P_1 < P_2$ 이다.

✗ $25^\circ C, P_1$ 기압에서 안정한 상은 액체이다. 기체

⇒ CO_2 는 압력이 높을수록 녹는점과 끓는점의 차이가 커지므로 t_1, P_1 일 때 안정한 상은 액체이고, $t_1 < t_0$ 이므로 $P_1, 25^\circ C$ 일 때 안정한 상은 기체이다.

16 | 선택지 분석 |

㉠ $t_2 > t_1$ 이다.

⇒ (가)는 3중점에 해당하며 (다)는 액체와 기체가 평형을 이루는 증기 압력 곡선 상에 해당한다. 따라서 $t_2 > t_1$ 이다.

✗ $P_1 > P_2$ 이다.

⇒ 3중점의 압력을 낮추면 기체로 상이 변하고 압력을 높이면 고체로 변한다. (나)의 안정한 상이 고체이므로 $P_2 > P_1$ 이다.

㉡ t_2, P_1 에서 안정한 상은 기체이다.

⇒ t_2, P_1 에서 안정한 상은 기체이다.



3 >>> 산 염기 평형

01~ 산과 염기의 세기

꼭꼭! 개념 확인하기

194쪽

✓ 잠깐 확인!

1 양성자 2 양쪽성 물질 3 Cl^- , NH_4^+ 4 이온화 상수 5 온도, 농도 6 이온화도 7 약염기, 강염기

01 (1) ○ (2) × (3) ○ 02 H_2O 03 (1) ○ (2) ○ (3) ○

04 ㉠ 이온화 상수, ㉡ 약염기 05 (1) × (2) ○ (3) ○

01 (2) 브뢴스테드·로리 염기는 양성자(H^+)를 받는 물질이므로 $\text{NH}_3 + \text{BF}_3 \longrightarrow \text{H}_3\text{NBF}_3$ 의 반응과 같이 전자쌍만을 주는 물질은 브뢴스테드·로리 개념으로 정의할 수 없다.

02 반응에 따라 산이 될 수도 있고 염기가 될 수도 있는 물질을 양쪽성 물질이라고 한다. NH_3 와 H_2O 의 반응에서 H_2O 은 브뢴스테드·로리 산으로 작용하고, H_2CO_3 와 H_2O 의 반응에서 H_2O 은 브뢴스테드·로리 염기로 작용하므로 H_2O 은 양쪽성 물질이다.

03 (1) 이온화도가 클수록 수소 이온이나 수산화 이온의 농도가 크므로 산, 염기의 세기는 강하다.
(2) 산, 염기 평형에서 이온화 상수가 클수록 정반응이 우세하게 일어나므로 생성물의 양이 많다.
(3) 이온화 상수도 산, 염기 이온화 반응의 평형 상수이므로 온도에 의해서만 달라진다.

04 이온화 상수가 클수록 정반응이 우세하므로 수소 이온의 농도가 크다. 따라서 이온화 상수가 클수록 강산이며 그 짝염기는 약염기이다.

05 (1) H_2O 은 (가)와 (나)에서 모두 H^+ 을 받았으므로 브뢴스테드·로리 염기로 작용하였다. 따라서 (가), (나)에서 H_2O 은 양쪽성 물질이 아니다.
(2) 이온화 상수가 클수록 강산이다.
(3) 약산의 짝염기는 강염기이므로 산의 이온화 상수가 작은 산의 짝염기가 염기의 세기가 크다.

탄탄! 내신 다지기

195쪽~197쪽

01 ④ 02 ④ 03 ⑤ 04 ③ 05 H_2O 06 ② 07 ③ 08 ③

09 1×10^{-5} 10 ④ 11 ① 12 ④ 13 ④ 14 ③ 15 ③

01 짝산과 짝염기는 H^+ 의 이동에 따라 산과 염기가 되는 한 쌍의 물질이다. 따라서 NH_3 의 짝산은 NH_4^+ 이다.

02 브뢴스테드·로리 산과 염기는 H^+ 을 주거나 받을 수 있는 물질이므로 브뢴스테드·로리 산으로 작용하려면 H^+ 을 포함하고 있어야 한다. 또한 브뢴스테드·로리 염기로 작용하려면 H^+ 을 받을 수 있어야 한다. 따라서 브뢴스테드·로리 산과 염기로 모두 작용할 수 있는 이온은 HCO_3^- 이다.

03 | 선택지 분석 |

㉠ $\text{HCl}(aq)$ 은 산성이다.

→ HCl 을 물에 녹였을 때 H_3O^+ 이 생성되었으므로 $\text{HCl}(aq)$ 은 산성이다.

㉡ Cl^- 은 브뢴스테드·로리 염기이다.

→ 역반응이 일어날 때 Cl^- 은 H^+ 을 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

㉢ H_2O 의 짝산은 H_3O^+ 이다.

→ 짝산과 짝염기는 H^+ 의 이동에 따라서 산과 염기가 되는 한 쌍의 물질이다. 따라서 H_2O 의 짝산은 H_3O^+ 이다.

04 | 선택지 분석 |

㉠ (가)에서 HA 는 아레니우스 산이다.

→ (가)에서 HA 는 물에 녹아 H^+ 을 내놓으므로 아레니우스 산이다.

㉡ (나)에서 BH^+ 의 짝염기는 B 이다.

→ (나)에서 BH^+ 과 B 는 H^+ 에 의해 산과 염기가 되는 한 쌍이므로 BH^+ 의 짝염기는 B 이다.

✗ (가)와 (나)에서 H_2O 은 모두 브뢴스테드·로리 ^산염기이다.

→ (가)에서 H_2O 은 H^+ 을 얻었으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.
(나)에서 H_2O 은 H^+ 을 주었으므로 브뢴스테드·로리 산이다.

05 (가)와 (나)에서 H_2O 은 산으로도 작용하고 염기로도 작용하므로 양쪽성 물질이다.

06 짝산과 짝염기는 H^+ 의 이동에 따라서 산과 염기가 되는 한 쌍의 물질이다. 따라서 H_2CO_3 의 짝염기는 HCO_3^- 이다. (가)에서 H_2O 은 H_2CO_3^- 으로부터 H^+ 을 받으므로 염기로 작용하고, (나)에서 H_2O 은 HCO_3^- 에게 H^+ 을 주므로 산으로 작용한다. 따라서 양쪽성 물질은 H_2O 이다.

07 | 선택지 분석 |

㉠ 같은 전해질인 경우, 온도가 높을수록 이온화도가 크다.

→ 이온화 반응의 정반응은 흡열 반응이므로 온도를 높이면 정반응 쪽으로 평형이 이동하여 이온화도가 증가한다.

✗ 같은 전해질인 경우, 농도가 묽을수록 이온화도가 ^{작아}커진다.

→ 물을 가해 농도가 묽어지면 이온 수가 증가하는 방향인 정반응 쪽으로 평형이 이동하므로 이온화도가 커진다.

㉢ 온도와 농도가 같은 서로 다른 산 수용액에서 이온화도가 클수록 산의 세기가 강하다.

⇒ 온도와 농도가 같을 때 이온화도가 클수록 수용액 속 H^+ 의 농도는 크므로 산의 세기가 강하다.

08 | 선택지 분석 |

㉠ 산의 이온화도

⇒ 0.1 M $HA(aq)$ 의 pH는 1이므로 $[H_3O^+] = 0.1$ M이고, 0.1 M $HB(aq)$ 의 pH는 3이므로 $[H_3O^+] = 0.001$ M이다.

$[H_3O^+] = Ca$ 이므로 산의 이온화도는 HA가 1, HB가 0.01이다.

㉡ 수용액 속 $[H_3O^+]$

⇒ $HA(aq)$ 의 $[H_3O^+] = 0.1$ M이고, $HB(aq)$ 의 $[H_3O^+] = 0.001$ M이다.

✕ 짝염기의 이온화 상수

⇒ 짝염기의 이온화 상수 $K_b = \frac{K_w}{K_a}$ 이므로 K_a 가 작을수록 짝염기의 K_b 가 크다. 따라서 짝염기의 이온화 상수는 $HB(aq)$ 가 크다.

09 $K_a = Ca^2 = 0.1 \times 0.01^2 = 1 \times 10^{-5}$ 이다.

10 | 선택지 분석 |

① $[CH_3COOH] > [CH_3COO^-]$ 이다.

⇒ CH_3COOH 의 이온화 상수가 작으므로 CH_3COOH 은 역반응이 우세한 반응이다. 따라서 $[CH_3COOH] > [CH_3COO^-]$ 이다.

② 이온화도는 $HCl > CH_3COOH$ 이다.

⇒ 온도와 몰 농도가 같을 때 이온화 상수가 클수록 산의 이온화도는 크다. 이온화도는 $HCl > CH_3COOH$ 이다.

③ 산의 세기는 $HCl > CH_3COOH$ 이다.

⇒ 이온화 상수가 클수록 정반응이 우세하여 수용액 속 H_3O^+ 농도가 크므로 산의 세기는 $HCl > CH_3COOH$ 이다.

✓ ④ 산의 상대적인 세기는 $CH_3COOH > H_3O^+$ 이다.

⇒ CH_3COOH 의 이온화 반응은 역반응이 우세하므로 산의 상대적인 세기는 $H_3O^+ > CH_3COOH$ 이다.

⑤ 염기의 상대적인 세기는 $CH_3COO^- > Cl^-$ 이다.

⇒ HCl 의 이온화 반응은 정반응이 우세한 반응이므로 상대적인 염기의 세기는 H_2O 이 Cl^- 보다 크다. 또한 CH_3COOH 의 이온화 반응은 역반응이 우세한 반응이므로 상대적인 염기의 세기는 CH_3COO^- 이 H_2O 보다 크다. 따라서 염기의 상대적인 세기는 $CH_3COO^- > Cl^-$ 이다.

11 | 선택지 분석 |

㉠ $CH_3COOH(aq)$ 의 이온화도는 증가한다.

⇒ $CH_3COOH(aq)$ 에 $NaOH(aq)$ 을 소량 넣으면 정반응이 일어나므로 $CH_3COOH(aq)$ 의 이온화도는 증가한다.

✕ $CH_3COOH(aq)$ 의 이온화 상수는 증가한다. 변하지 않는다.

⇒ 온도는 일정하므로 $CH_3COOH(aq)$ 의 이온화 상수는 변하지 않는다.

✕ $CH_3COOH(aq)$ 의 pH는 변하지 않는다. 증가한다.

⇒ $CH_3COOH(aq)$ 속 $[H_3O^+]$ 는 감소하므로 pH는 증가한다.

12 | 선택지 분석 |

✕ $H_2O(l)$ 은 양쪽성 물질로 작용하였다.

⇒ 2가지 이온화 평형에서 H_2O 은 모두 브뢴스테드-로리 염기로 작용하였다.

㉡ 25 °C, 0.1 M 수용액에서 HA의 이온화도는 0.01이다.

⇒ $K_a = Ca^2$ 이므로 HA의 이온화도는 0.01이다.

㉢ 25 °C, 0.1 M 수용액의 pH는 HA가 HB보다 크다.

⇒ 온도와 농도가 같을 때 이온화 상수가 클수록 pH는 작다. 따라서 수용액의 pH는 HA가 HB보다 크다.

13 | 선택지 분석 |

① (가)에서 $[H_3O^+] = a$ M이다.

⇒ HA는 약산이므로 이온화도가 1보다 작다. 따라서 (가)에서 $[H_3O^+] < a$ M이다.

② (나)에서 $[A^-] = 10a$ M이다.

⇒ $[A^-] = Ca$ 이므로 $10a$ M보다 작다.

③ A^- 의 양(몰)은 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

⇒ A^- 의 양(몰)은 (가)와 (나)에서 모두 $0.1 \times a$ 몰이다. 그런데 이온화도는 (가)에서가 (나)에서보다 크므로 A^- 의 양(몰)은 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

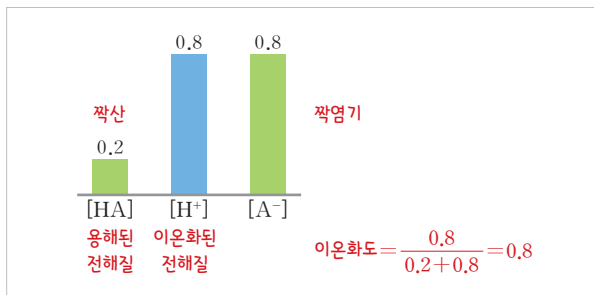
✓ ④ HA의 이온화도는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

⇒ 온도가 일정할 때 이온화도는 수용액의 몰 농도가 작을수록 크다. 따라서 HA의 이온화도는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

⑤ HA의 이온화 상수는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.

⇒ HA의 이온화 상수는 온도가 같으므로 (가)와 (나)에서 같다.

14 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

㉠ HA의 짝염기는 A^- 이다.

⇒ 짝산과 짝염기는 H^+ 의 이동에 따라서 산과 염기가 되는 한 쌍의 물질이다. 따라서 HA의 짝염기는 A^- 이다.

✕ HA의 이온화도는 0.2이다. 0.8

⇒ 이온화도는 용해된 전해질의 양(몰)에 대한 이온화한 전해질의 양(몰)으로 나타내므로 HA의 이온화도는 0.8이다.

㉢ HA의 K_a 는 0.32이다.

⇒ $[H^+] = C \times \alpha$ 이므로

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{0.08 \times 0.08}{0.02} = 0.32 \text{이다.}$$

15 | 선택지 분석 |

㉠ HA의 이온화 상수는 1×10^{-5} 이다.

→ HA 수용액 속 $[H_3O^+] = \frac{0.0001 \text{ 몰}}{0.1 \text{ L}} = 0.001 \text{ M}$ 이므로 HA의 이온화도는 0.01이다. $K_a = C\alpha^2$ 이므로 $K_a = 1 \times 10^{-5}$ 이다.

㉠ HB(aq)의 pH는 3이다.

→ HB(aq)에서 $[H_3O^+] = \frac{0.0002 \text{ 몰}}{0.2 \text{ L}} = 0.001 \text{ M} = 1 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이므로 pH는 3이다.

✗ 이온화도는 HA가 HB보다 작다. 크다.

→ 몰 농도는 HB(aq) > HA(aq)이고 $[H_3O^+]$ 는 서로 같으므로 이온화도는 HA가 HB보다 크다.

도전! 실력 올리기

198쪽~199쪽

01 ① 02 ① 03 ④ 04 ② 05 ① 06 ③

07 0.01

08 (1) (가)=(나)=(다)

(2) | 모범 답안 | (나) > (가) > (다), (나)에서 0.1 M HA(aq)에 NaOH(aq)을 넣으면 정반응이 일어나므로 HA의 이온화도는 증가하고, (다)에서 HCl(aq)을 넣으면 역반응이 일어나므로 HA의 이온화도는 감소한다. 따라서 이온화도는 (나) > (가) > (다)이다.

09 (1) $K_a = 1 \times 10^{-5}$

(2) | 모범 답안 | (나)에서 $[H_3O^+] = C\alpha$ 이므로 HB의 이온화도는 0.005이다. 따라서 HA와 HB의 이온화도 비는 HA : HB = 2 : 1이다.

01 | 선택지 분석 |

㉠ HA의 짝염기는 A^- 이다.

→ 짝산과 짝염기는 H^+ 의 이동에 따라 산과 염기가 되는 한 쌍의 물질이다. 따라서 HA의 짝염기는 A^- 이다.

✗ 상대적인 산의 세기는 HB가 H_3O^+ 보다 크다.

→ HB의 이온화 상수는 1보다 매우 작으므로 이온화 평형에서 역반응이 우세한 반응이다. 따라서 상대적인 산의 세기는 H_3O^+ 이 HB보다 크다.

✗ 25 °C에서 이온화 상수는 $\frac{HA}{HB}$ 가 HA보다 크다.

→ 이온화도가 클수록 이온화 상수가 크므로 이온화 상수는 HA가 HB보다 크다.

02 | 선택지 분석 |

㉠ HA의 짝염기는 A^- 이다.

→ 짝산과 짝염기는 H^+ 의 이동에 따라 산과 염기가 되는 한 쌍의 물질이다. 따라서 HA의 짝염기는 A^- 이다.

✗ HA의 이온화도는 0.8이다. 0.2

→ 이온화도는 용해된 전해질의 양(몰)에 대한 이온화된 전해질의 양(몰)의 비율을 나타낸 값이므로 HA의 이온화도는 0.2이다.

✗ HA의 이온화 상수는 0.05이다. 0.005

→ HA(aq)에서 $[HA] = 0.08 \text{ M}$, $[H^+] = 0.02 \text{ M}$, $[A^-] = 0.02 \text{ M}$ 이므로 $K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{0.02 \times 0.02}{0.08} = 0.005$ 이다.

03 | 선택지 분석 |

✗ 25 °C에서 $K < 1$ 이다. $K > 1$

→ $K = \frac{[HB][A^-]}{[HA][B^-]}$ 이고, K_a 는 HA가 HB보다 크므로 $K > 1$ 이다.

㉠ 상대적인 염기의 세기는 $B^- > A^-$ 이다.

→ 이온화 평형이 정반응이 우세하므로 상대적인 염기의 세기는 $B^- > A^-$ 이다.

㉡ X 수용액에 소량의 NaOH(aq)을 넣으면 $[B^-]$ 는 증가한다.

→ X 수용액에 소량의 NaOH(aq)을 넣으면 상대적으로 강산인 HA가 반응하므로 역반응으로 평형이 이동한다. 따라서 $[B^-]$ 는 증가한다.

04 | 선택지 분석 |

✗ HB의 이온화 상수 K_a 는 1.0×10^{-5} 이다.

→ HB(aq)에서 $[HB]$, $[H^+]$, $[B^-]$ 는 각각 0.9 M, 0.1 M, 0.1 M이므로 $K_a = \frac{[H^+][B^-]}{[HB]} = \frac{0.1 \times 0.1}{0.9} = \frac{1}{90}$ 이다.

㉠ 이온화도 α 는 HA가 HB의 9배이다.

→ HA의 이온화도는 0.9, HB의 이온화도는 0.1이므로 이온화도는 HA가 HB의 9배이다.

✗ HB(aq)의 pH는 HA(aq)의 pH+1이다.

→ HA(aq)에서 $[H_3O^+] = 0.09 \text{ M}$ 이고 HB(aq)에서 $[H_3O^+] = 0.01 \text{ M}$ 이다. 수용액 속 $[H_3O^+]$ 가 10배 클수록 pH는 1 작아지는데 $[H_3O^+]$ 는 HA(aq)에서가 HB(aq)에서의 9배이므로 HB(aq)의 pH는 HA(aq)의 pH+1보다 작다.

05 | 선택지 분석 |

✗ $x = 0.1$ 이다.

→ I에서 pH는 3이므로 $[H_3O^+] = 0.001 \text{ M}$ 이고 부피는 10 mL이므로 H_3O^+ 의 양은 $1.0 \times 10^{-5} \text{ 몰}$ 이다. NaOH(aq)의 몰 농도가 0.1 M일 때 반응한 OH^- 은 $0.1 \times 0.005 \text{ 몰}$ 이므로 II의 pH는 7보다 커진다. 그런데 혼합 용액 II의 pH=5.0이므로 $x < 0.1$ 이다.

㉠ HA의 이온화도는 II에서가 I에서보다 크다.

→ HA(aq)에 NaOH(aq)을 넣으면 정반응이 일어나므로 이온화도는 증가한다.

✗ HA의 이온화 상수는 II에서가 I에서보다 크다.

→ 온도가 일정하므로 HA의 이온화 상수는 일정하다.

06 | 선택지 분석 |

㉠ $x < 3$ 이다.

→ $[H_3O^+] = C\alpha$ 이므로 (나)에서 $[H_3O^+] = 0.4 \times 5 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-3}$ 이다. 따라서 (나)의 pH는 3보다 작다.

㉡ (나)에서 HA의 이온화도는 5.0×10^{-3} 이다.

→ $K_a = C\alpha^2$ 이므로 25 °C인 (가)에서 HA의 이온화 상수는 $K_a = 0.1 \times 0.01^2 = 1 \times 10^{-5}$ 이다. 온도가 같을 때 이온화 상수도 같으므로 (나)에서 HA의 이온화 상수는 $K_a = 0.4 \times \alpha^2 = 1 \times 10^{-5}$ 이다. 따라서 (나)에서 HA의 이온화도는 5×10^{-3} 이다.

✗ A⁻의 양은 (나)에서가 (가)에서의 2배이다. 4배
 → [A⁻] = [H₃O⁺]이므로 A⁻의 양은 (가)에서 0.1 × 0.001 = 1 × 10⁻⁴몰이고, (나)에서 0.4 × 0.2 × 0.005 = 4 × 10⁻⁴몰이다. 따라서 A⁻의 양은 (나)에서가 (가)에서의 4배이다.

07 HA의 이온화 상수가 매우 작으므로 HA는 약산이다. 따라서 $K_a = C\alpha^2 = 0.1 \times \alpha^2 = 1.0 \times 10^{-5}$ 이므로 $\alpha = 0.01$ 이다.

08 (1) (가)~(다)의 온도가 같으므로 (가)~(다)에서 HA의 이온화 상수는 같다.
 (2) (나)에서 0.1 M HA(aq)에 NaOH(aq)을 넣으면 정반응이 일어나므로 HA의 이온화도는 증가하고, (다)에서 HCl(aq)을 넣으면 역반응이 일어나므로 HA의 이온화도는 감소한다. 따라서 이온화도는 (나) > (가) > (다)이다.

채점 기준	배점
평형 이동 법칙을 이용하여 (가)~(다)의 이온화도를 옳게 비교하여 서술한 경우	100%
(가)~(다)의 이온화도만을 옳게 비교한 경우	30%

09 (1) $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = 3$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-3}$ M이다. 또한 HA(aq)의 몰 농도 C는 0.1 M이고, $[\text{H}_3\text{O}^+] = C\alpha$ 이므로 HA의 이온화도는 0.01이다. 따라서 $K_a = C\alpha^2 = 0.1 \times 0.01^2 = 1 \times 10^{-5}$ 이다.
 (2) (나)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = C\alpha$ 이므로 HB의 이온화도는 0.005이다. 따라서 HA와 HB의 이온화도 비는 HA : HB = 2 : 1이다.

채점 기준	배점
HA와 HB의 이온화도를 구하는 과정을 포함하여 옳게 서술한 경우	100%
HA와 HB의 이온화도를 구하는 과정 중 1가지만 옳게 서술한 경우	50%
이온화도 비만 옳게 쓴 경우	30%

02~ 염의 가수 분해와 완충 용액

탐구 POOL

204쪽

01 ㉠ 1 : 1, ㉡ pH 02 (1) ○ (2) ○ (3) ×

01 완충 용액에 소량의 산을 넣으면 완충 용액의 염기가 중화시키고, 소량의 염기를 넣으면 완충 용액의 산이 중화시킴으로 pH가 거의 일정하게 유지된다.

02 (1) CH₃COOH와 CH₃COONa를 각각 0.1몰씩 혼합하여 만든 완충 용액이므로 수용액 속의 [CH₃COOH]와 [CH₃COO⁻]는 거의 같다. 따라서

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

(3) 온도가 일정하므로 이온화 상수는 일정하다.

꼭꼭! 개념 확인하기

205쪽

✓ 잠깐 확인

1 음이온, 양이온 2 가수 분해 3 산성 4 CH₃COO⁻, OH⁻ 5 공통 이온 6 완충 용액 7 H₂CO₃, HCO₃⁻ 8 이산화 탄소

01 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ 02 ㉠ OH⁻, ㉡ 염기성 03 (1) × (2) ○ (3) × 04 (1) × (2) ○ (3) × 05 역반응 쪽

01 (1) 강산과 강염기가 반응하여 생성된 염 중 NaCl과 같은 정염은 물에 녹아 이온화가 되므로 수소 이온 또는 수산화 이온을 생성하지 않는다.

(3) 강산과 강염기가 반응하여 생성된 염은 종류에 따라 수용액의 액성이 다르다. NaCl(aq)은 중성이지만 NaHSO₄(aq)은 산성이다.

02 CH₃COONa은 약산인 CH₃COOH과 강염기인 NaOH이 반응하여 생성된 염으로 약산의 짝염기인 CH₃COO⁻이 물과 반응하여 OH⁻을 생성하므로 수용액의 액성은 염기성이다.

03 (1) 짝산과 짝염기는 H⁺의 이동에 따라 산과 염기가 되는 한 쌍의 물질이므로 CH₃COO⁻의 짝산은 CH₃COOH이다.

(3) 수용액에 소량의 CH₃COONa을 넣어 주어도 K_a는 변하지 않는다.

04 (1) 완충 용액은 약염기와 그 짝산을, 또는 약산과 그 짝염기를 약 1 : 1의 몰비로 혼합하여 만든다.

(3) [HA + NaA]인 완충 용액에 소량의 HCl(aq)을 넣으면 증가한 H⁺를 감소시키기 위해 A⁻이 반응하므로 A⁻의 농도는 감소한다.

05 젖산이 생성되면 혈액 속 [H₃O⁺]가 증가하므로 증가한 농도를 감소시키기 위해 역반응이 일어나고 우리 몸에서 호흡을 통해 이산화 탄소를 몸 밖으로 배출한다.

탄탄! 내신 다지기

206쪽~207쪽

01 ④ 02 ④ 03 ② 04 ⑤ 05 ③
 06 NaHSO₄ < NaCl < NaHCO₃ 07 공통 이온
 08 ② 09 ⑤ 10 ① 11 ③

01 | 선택지 분석 |

- ① 염은 공유 결합 물질이다.
 ➔ 염은 양이온과 음이온의 정전기적 인력에 의해 형성된 이온 결합 물질이다.
- ② 염은 모두 물에 잘 용해된다.
 ➔ NaCl은 물에 잘 용해되는 염이지만 AgCl은 물에 녹지 않는 염이다.
- ③ 강산과 강염기의 반응으로 생성된 염은 가수 분해한다.
 ➔ 강산과 강염기의 반응으로 생성된 염은 약한 짝염기와 짝산으로 구성되어 있으므로 가수 분해하지 않는다.
- ④ 강산과 약염기의 반응으로 생성된 염의 수용액은 산성이다.
 ➔ 강산과 약염기의 반응으로 생성된 염의 수용액은 약염기의 짝산이 가수 분해하여 수소 이온을 생성하므로 산성이다.
- ⑤ H^+ 을 포함하는 염을 녹인 수용액의 액성은 모두 산성이다.
 ➔ H^+ 을 포함하는 염 중에는 가수 분해하여 수산화 이온을 생성하는 물질이 있다.

02 약산과 강염기의 반응에 의해 생성된 염을 물에 녹이면 수산화 이온을 생성한다.
 NaHCO₃을 물에 녹이면
 $HCO_3^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_2CO_3(aq) + OH^-(aq)$ 반응이 일어나 OH^- 을 생성하므로 NaHCO₃(aq)의 액성은 염기성이다.

03 | 선택지 분석 |

- ✗ 수용액의 pH가 7보다 큰 염은 2가지이다.
 ➔ (가)는 수용액에서 이온화만 일어나므로 수용액의 pH는 7이다. (나)는 CH₃COO⁻이 가수 분해하여 OH^- 을 생성하므로 수용액의 pH는 7보다 크다. (다)는 NH₄⁺이 가수 분해하여 H^+ 을 생성하므로 수용액의 pH는 7보다 작고, (라)는 $K^+ + H^+ + SO_4^{2-}$ 으로 이온화하므로 수용액의 pH는 7보다 작다.
- ㉠ 수용액에서 가수 분해하는 염은 2가지이다.
 ➔ 가수 분해하는 염은 (나)와 (다)의 2가지이다.
- ✗ 수용액 속 양이온의 수가 음이온의 수보다 많은 염은 2가지이다.
 ➔ (가)~(다)는 이온의 전하의 크기가 모두 같으므로 수용액 속 양이온 수와 음이온 수는 모두 같다. (다)는 이온의 전하의 크기가 음이온이 양이온보다 크므로 양이온 수가 음이온 수보다 많다.

04 | 선택지 분석 |

- ㉡ 중화점까지 넣어 준 CH₃COOH(aq)의 부피는 100 mL이다.
 ➔ $MV = M'V'$ 에서 NaOH(aq)과 CH₃COOH(aq)의 몰 농도가 같으므로 중화점까지 넣어 준 CH₃COOH(aq)의 부피는 100 mL이다.
- ㉢ 중화점에서 혼합 용액의 pH는 7보다 크다.
 ➔ 중화점에서 CH₃COO⁻이 가수 분해하므로 혼합 용액의 pH는 7보다 크다.

- ㉣ 중화점에서 혼합 용액에 가장 많이 들어 있는 이온은 Na⁺이다.
 ➔ 중화점에서 CH₃COO⁻의 일부는 가수 분해하여 CH₃COOH이 되므로 중화점에서 혼합 용액에 가장 많이 들어 있는 이온은 Na⁺이다.

05 중화점에서 반응한 H^+ 의 양과 OH^- 의 양은 같으므로 $MV = M'V'$ 이다. 따라서 0.1 M HCl(aq) 100 mL를 완전히 중화시키기 위해 넣어 주어야 할 0.2 M NH₃(aq)의 부피는 50 mL이다. 또한 중화점에서 NH₄⁺이 가수 분해하므로 수용액은 산성이다.
 $NH_4^+(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_3(aq) + H_3O^+(aq)$

06 NaCl은 강산과 강염기의 중화 반응에 의해 생성된 염으로 가수 분해하지 않으므로 그 수용액은 중성이다.
 NaHSO₄은 강산과 강염기의 중화 반응에 의해 생성된 염으로 수용액에서 이온화하여 H₃O⁺을 내놓는다. 따라서 수용액은 산성이다.
 $NaHSO_4(aq) \longrightarrow Na^+(aq) + H^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$
 NaHCO₃은 약산과 강염기의 중화 반응에 의해 생성된 염으로 약산의 짝염기인 HCO₃⁻이 가수 분해하여 OH^- 을 내놓으므로 수용액은 염기성이다.
 $NaHCO_3(aq) \longrightarrow Na^+(aq) + HCO_3^-(aq)$
 $HCO_3^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_2CO_3(aq) + OH^-(aq)$
 따라서 염을 물에 녹인 수용액의 pH는 산성인 NaHSO₄이 가장 작다.

07 평형 이동 법칙에 따라 공통 이온의 농도가 증가하면 그 이온의 농도를 감소시키는 방향으로 평형이 이동한다.

08 서로 다른 전해질 수용액 속에 들어 있는 공통적인 이온을 공통 이온이라고 한다. NaF는 수용액에서 Na⁺과 F⁻으로 이온화하므로 공통 이온은 F⁻이다. 또한 HF(aq)에 NaF(s)을 넣으면 [F⁻]가 증가하므로 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.

09 산과 염기를 소량 넣었을 때 pH 변화가 거의 없는 용액을 완충 용액이라고 한다. 완충 용액은 약산과 그 짝염기 또는 약염기와 그 짝산을 약 1 : 1의 몰비로 혼합하여 만든다. CH₃COOH은 약산이고, CH₃COONa을 물에 녹이면 CH₃COOH의 짝염기인 CH₃COO⁻이 생성되므로 CH₃COOH과 CH₃COONa을 1 : 1의 몰비로 혼합한 용액은 완충 용액이다.

10 | 선택지 분석 |

- ㉠ NH₃의 짝산은 NH₄⁺이다.
 ➔ 짝산과 짝염기는 H^+ 의 이동에 따라 산과 염기가 되는 한 쌍의 물질이므로 NH₃의 짝산은 NH₄⁺이다.
- ✗ HCl(aq)을 조금 넣어 주면 역반응이 일어난다.
 ➔ HCl(aq)을 조금 넣어 주면 H^+ 과 OH^- 이 중화 반응을 하므로 [OH⁻]는 감소한다. 따라서 감소한 OH^- 의 농도를 다시 증가시키기 위해 정반응이 일어난다.

✗ NaOH(aq)을 조금 넣어 주면 K_a 는 감소한다.
 변하지 않는다.

⇒ NaOH(aq)을 조금 넣어 주면 역반응이 일어나지만 이온화 상수는 변하지 않는다.

11 | 선택지 분석 |

㉠ 혈액은 H_2CO_3 의 이온화 평형에 의해 pH가 일정하게 유지된다.

⇒ 혈액 속에는 H_2CO_3 과 HCO_3^- 이 이온화 평형을 이루고 있어 H_3O^+ 과 OH^- 의 농도가 변화되어도 완충 작용을 하므로 혈액의 pH는 일정하게 유지된다.

✗ 혈액 속 OH^- 의 농도가 증가하면 역반응이 일어난다.
 정반응

⇒ 혈액 속 OH^- 의 농도가 증가하면 H_3O^+ 의 농도가 감소하므로 정반응이 일어난다.

㉡ 혈액 속 H_3O^+ 의 농도가 증가하면 이산화 탄소가 몸 밖으로 배출된다.

⇒ H_3O^+ 의 농도가 증가하면 역반응이 일어나므로 혈액 속에 있는 CO_2 는 호흡에 의해 몸 밖으로 배출된다.

도전! 실력 올리기

208쪽~209쪽

01 ② 02 ① 03 ③ 04 ② 05 ③ 06 ①

07 (1) Na^+

(2) | 모범 답안 | $NaHCO_3$ 은 약산과 강염기의 중화 반응에 의해 생성된 염으로, 물에 녹아 HCO_3^- 이 가수 분해하여 OH^- 을 생성하므로 $NaHCO_3(aq)$ 은 염기성이다.

$NaHSO_4$ 은 강산과 강염기의 중화 반응에 의해 생성된 염으로, 물에 녹아 이온화하여 H^+ 을 내놓으므로 $NaHSO_4(aq)$ 은 산성이다. 따라서 수용액의 pH는 $NaHCO_3(aq)$ 이 $NaHSO_4(aq)$ 보다 크다.

08 (1) | 모범 답안 |



$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]}$$

이고, $[CH_3COOH]$ 와 $[CH_3COO^-]$ 는 모두 0.1 M으로 같으므로 $[H_3O^+] = K_a = 2 \times 10^{-5}$ 이다. 따라서 수용액의

$$pH = -\log[H_3O^+] = -\log(2 \times 10^{-5}) = 5 - \log 2 = 4.7$$

(2) | 모범 답안 | 수용액의 pH는 거의 변하지 않는다. 그 까닭은 H^+ 이 들어가면 짝염기인 CH_3COO^- 과 반응하여 소모되기 때문이다.

01 | 선택지 분석 |

✗ NH_4^+ 의 짝염기는 NH_3 이다.

✗ (가)와 (나)에서 Cl^- 은 가수 분해한다.

⇒ (가)에서 NH_4^+ 이 물과 반응하여 H_3O^+ 을 생성하기 때문에 (가)는 산성을 띤다. (나)에서 Na^+ 과 Cl^- 은 가수 분해하지 않는다.

㉠ (다)에서 수용액은 $CH_3COO^- + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^-$ 반응에 의해 염기성을 띤다.

⇒ (다)에서 CH_3COO^- 은 약산의 짝염기이므로 물과 반응하여 OH^- 을 생성한다. 따라서 수용액은 염기성을 띤다.

02 | 선택지 분석 |

㉠ 혼합 용액의 pH는 9이다.

⇒ 혼합 용액은 0.1 M $NaA(aq)$ 100 mL이고, 중화점에서 $A^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons HA(aq) + OH^-(aq)$ 반응이 일어난다.

$$K_b = \frac{[HA][OH^-]}{[A^-]} = 1.0 \times 10^{-9} \text{에서}$$

$$x^2 = 1.0 \times 10^{-10} \text{이므로 } [OH^-] = 1.0 \times 10^{-5} \text{이다.}$$

따라서 $[H_3O^+] = 1.0 \times 10^{-9}$ 이므로 pH는 9이다.

✗ 가장 많이 들어 있는 이온은 A^- 이다. Na^+

⇒ A^- 의 가수 분해가 일어나므로 가장 많이 들어 있는 이온은 Na^+ 이다.

✗ 소량의 $HCl(aq)$ 을 넣어도 혼합 용액의 pH는 거의 변하지 않는다. 급격히 감소한다.

⇒ 이 혼합 용액은 완충 용액이 아니므로 소량의 염산을 넣으면 혼합 용액의 pH는 급격히 감소한다.

03 | 선택지 분석 |

㉠ 염기성이다.

⇒ $NaHCO_3$ 을 물에 녹이면 가수 분해하여 OH^- 을 생성하므로 수용액은 염기성이다.

✗ 평형 상태에서 $[HCO_3^-]$ 가 가장 작다.

⇒ 평형 상태에서 HCO_3^- 의 일부만 가수 분해하므로 $[OH^-]$ 가 가장 작다.

㉡ $NaOH(aq)$ 을 넣으면 $[HCO_3^-]$ 는 증가한다.

⇒ $NaOH(aq)$ 을 넣으면 $[OH^-]$ 가 증가하므로 역반응이 일어난다. 따라서 $[HCO_3^-]$ 는 증가한다.

04 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

✗ $NaOH(aq)$ 을 넣기 전 수용액의 pH는 (가)가 (나)보다 크다.

⇒ 이온화도는 HX가 HY보다 크므로 $HX(aq)$ 속 H^+ 은 (가)가 (나)보다 많다. 따라서 pH는 (나)가 (가)보다 크다.

㉠ 중화점에서의 pH는 (나)가 (가)보다 크다.

⇒ (가)는 강산과 강염기의 반응이므로 중화점에서 염은 가수 분해하지 않는다. (나)는 약산과 강염기의 반응이므로 중화점에서 Y^- 이 가수 분해하여 OH^- 을 생성한다. 따라서 중화점에서 pH는 (나)가 (가)보다 크다.

- ✗ 중화점까지 넣어 준 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피는 (가)가 (나)보다 크다.
 ➔ (가)와 (나)의 농도와 부피가 같으므로 중화점까지 넣어 준 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피는 같다.

05 | 선택지 분석 |

- ㄱ 상대적인 산의 세기는 NH_4^+ 이 H_2O 보다 크다.
 ➔ NH_3 의 이온화 상수가 1보다 작으므로 역반응이 우세한 반응이다. 따라서 상대적인 산의 세기는 NH_4^+ 이 H_2O 보다 크다.
- ㄴ 혼합 용액에 소량의 염기를 넣어 주면 역반응이 일어난다.
 ➔ 소량의 염기를 넣어 주면 OH^- 의 농도가 증가하므로 역반응이 일어난다.
- ✗ 혼합 용액에 소량의 산을 넣어 주면 혼합 용액의 pH는 급격히 증가한다. 거의 변하지 않는다.
 ➔ 혼합 용액은 약염기와 그 짝산으로 구성된 완충 용액이므로 소량의 산을 넣어 주어도 pH는 거의 변하지 않는다.

06 | 선택지 분석 |

- ㄱ 혼합 용액의 pH는 7보다 크다.
 ➔ 약산과 그 짝염기를 혼합하여 만든 용액은 완충 용액으로 약산의 짝염기는 가수 분해하여 OH^- 를 생성하므로 혼합 용액의 pH는 7보다 크다.
- ✗ 과정 (가)에서 HA의 이온화 상수는 감소한다. 변하지 않는다.
 ➔ 과정 (가)에서 온도는 일정하므로 HA의 이온화 상수는 변하지 않는다.
- ✗ 과정 (나)에서 혼합 용액의 pH는 급격히 증가한다. 증가하지 않는다.
 ➔ 과정 (나)에서 염기를 넣어도 혼합 용액은 완충 용액이므로 pH는 급격히 증가하지 않는다.

- 07 (1) NaHCO_3 은 물에 녹아 이온화하며, 약산의 짝염기인 HCO_3^- 의 일부는 가수 분해한다.
 따라서 $\text{NaHCO}_3(aq)$ 에 가장 많은 이온은 Na^+ 이다.
 $\text{NaHCO}_3(aq) \longrightarrow \text{Na}^+(aq) + \text{HCO}_3^-(aq)$
 $\text{HCO}_3^-(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3(aq) + \text{OH}^-(aq)$
- (2) NaHCO_3 은 약산과 강염기의 중화 반응에 의해 생성된 염으로, 물에 녹아 HCO_3^- 이 가수 분해하여 OH^- 를 생성하므로 $\text{NaHCO}_3(aq)$ 은 염기성이다.
 NaHSO_4 은 강산과 강염기의 중화 반응에 의해 생성된 염으로, 물에 녹아 이온화하여 H^+ 을 내놓으므로 $\text{NaHSO}_4(aq)$ 은 산성이다.
 따라서 수용액의 pH는 $\text{NaHCO}_3(aq)$ 이 $\text{NaHSO}_4(aq)$ 보다 크다.
 $\text{NaHSO}_4(aq) \longrightarrow \text{Na}^+(aq) + \text{H}^+(aq) + \text{SO}_4^{2-}(aq)$

채점 기준	배점
NaHCO_3 은 물에서 가수 분해하고 NaHSO_4 은 물에 녹아 이온화된다는 것을 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
수용액의 pH만을 옳게 비교한 경우	30 %

- 08 (1) $\text{CH}_3\text{COOH}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^-(aq) + \text{H}_3\text{O}^+(aq)$ 의
 $K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$ 이고, $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ 와 $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ 는 모두 0.1 M로 같으므로
 $[\text{H}_3\text{O}^+] = K_a = 2 \times 10^{-5}$ 이다. 따라서 수용액의 pH는
 $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log(2 \times 10^{-5})$
 $= 5 - \log 2 = 4.7$ 이다.

채점 기준	배점
수용액의 pH를 구하는 과정을 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
수용액의 pH만을 옳게 쓴 경우	30 %

- (2) H^+ 이 들어가면 짝염기인 CH_3COO^- 과 반응하여 소모되므로 수용액의 pH는 거의 변하지 않는다.

채점 기준	배점
완충 용액에서 산과 염기의 반응을 이용하여 옳게 서술한 경우	100 %
pH가 거의 변하지 않는다는 것만 쓴 경우	30 %

실전! 수능 도전하기

211쪽~213쪽

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

01 | 선택지 분석 |

- ㄱ (가)에서 H_2CO_3 의 짝염기는 HCO_3^- 이다.
 ➔ 짝산과 짝염기는 H^+ 의 이동에 따라 산과 염기가 되는 한 쌍의 물질이다. 따라서 H_2CO_3 의 짝염기는 HCO_3^- 이다.
- ✗ H_2O 은 양쪽성 물질이다.
 ➔ (가)와 (나)에서 H_2O 은 모두 H^+ 을 받았으므로 브뢴스테드·로리 염기로 작용한다.
- ㄴ 이온화 상수(K_a)는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.
 ➔ HCO_3^- 은 음이온이고 H^+ 은 양이온이므로 HCO_3^- 에서 H^+ 이 떨어져 나오기가 매우 어렵다. 따라서 HCO_3^- 의 이온화도가 매우 작으므로 이온화 상수는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

02 | 선택지 분석 |

- ✗ 0.05 M 수용액의 pH는 $\text{HB} < \text{HA}$ 이다.
 ➔ $[\text{H}_3\text{O}^+] = C\alpha$ 이고, $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$ 이다. 0.05 M에서 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 $\text{HA} > \text{HB}$ 이므로 pH는 $\text{HB} > \text{HA}$ 이다.
- ✗ HB의 이온화 상수 K_a 는 0.04 M일 때가 0.1 M일 때보다 크다. 와 같다.
 ➔ 온도가 일정하므로 이온화 상수는 농도와 무관하게 일정하다. 따라서 HB의 이온화 상수는 0.04 M일 때와 0.1 M일 때가 같다.
- ㄴ 0.1 M 수용액에 들어 있는 이온의 몰 농도는 $\text{A}^- > \text{B}^-$ 이다.
 ➔ 0.1 M 수용액에 들어 있는 이온의 몰 농도는 이온화도가 클수록 크다. 따라서 $\text{A}^- > \text{B}^-$ 이다.

03 | 선택지 분석 |

- ㄱ 산의 세기는 HCOOH 이 HCN 보다 크다.
 → 이온화 상수가 클수록 산의 세기가 크므로, 산의 세기는 HCOOH 이 HCN 보다 크다.
- ㄴ CH_3NH_2 의 짝산은 CH_3NH_3^+ 이다.
 → 짝산과 짝염기는 H^+ 의 이동에 따라 산과 염기가 되는 한 쌍의 물질이다. 따라서 CH_3NH_2 의 짝산은 CH_3NH_3^+ 이다.
- ㄷ 0.1 M 수용액의 pH가 가장 큰 것은 $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ 이다.
 → 몰 농도가 같을 때 이온화 상수가 클수록 이온화도가 크다. 따라서 $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ 보다 이온화 상수가 큰 CH_3NH_2 의 0.1 M 수용액에 가장 많은 OH^- 이 들어 있으므로 수용액의 pH는 CH_3NH_2 가 가장 크다.

04 | 선택지 분석 |

- ㄱ 산의 세기는 HA 가 HNO_2 보다 크다.
 → 이온화 상수가 클수록 산의 세기가 크므로, 산의 세기는 HNO_2 이 HA 보다 크다.
- ㄴ $K > 1$ 이다.
 → 상대적인 염기의 세기는 $\text{A}^- > \text{NO}_2^-$ 이므로 용액 (가)에서 이온화 평형은 정반응이 우세한 반응이다. 따라서 $K > 1$ 이다.
- ㄷ (가)에 소량의 NaA(s) 를 넣으면 NO_2^- 의 농도는 증가한다.
 → (가)에 소량의 NaA(s) 를 넣으면 A^- 의 농도가 증가하므로 정반응 쪽으로 평형이 이동한다. 따라서 NO_2^- 의 농도는 증가한다.

05 | 선택지 분석 |

- ㄱ 완충 용액이다.
 → 약산인 HA 와 그 짝염기인 A^- 이 1 : 1의 몰비로 구성된 용액이므로 완충 용액이다.
- ㄴ pH는 5이다.
 → $K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = 1 \times 10^{-5}$ 이고, $[\text{HA}] = [\text{A}^-]$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = K_a$ 이다. 따라서 수용액의 pH는 5이다.
- ㄷ NaOH(s) $5 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 을 첨가하면 수용액의 pH는 7보다 커진다.
 → NaOH(s) $5 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 을 넣으면 중화점에 도달한다. 이때 A^- 은 가수 분해하여 OH^- 을 내놓으므로 혼합 용액의 pH는 7보다 커진다. $\text{A}^-(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{HA}(aq) + \text{OH}^-(aq)$

06 | 선택지 분석 |

- (가)에서 혼합 전 HX(aq) 의 몰 농도는 0.1 M이므로 $MV = M'V'$ 에서 NaOH(aq) 의 몰 농도(a)는 0.2 M이다.
- ㄱ $x = 0.02$ 이다.
 → (나)에서 중화점에서 혼합한 수용액의 부피비가 1 : 1이므로 두 수용액의 몰 농도는 같다. 따라서 HY(aq) 의 몰 농도는 0.2 M이므로 $x = 0.02$ 이다.
- ㄷ 혼합 전 넣기 전 HY 의 이온화도는 0.007이다.
 → $K_a = C\alpha^2$ 이므로 $1 \times 10^{-5} = 0.2 \times \alpha^2$ 이다. 따라서 $\alpha \approx 0.007$ 이다.

- ㄱ 혼합 후 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-7}$ 이다.
 → HY 는 약산이므로 중화점에서 약산의 짝염기인 Y^- 은 가수 분해하여 OH^- 을 내놓는다. 따라서 혼합 후 $[\text{OH}^-] > 1 \times 10^{-7}$ 이다.

07 | 선택지 분석 |

- (나)에서 HB(aq) 와 NaOH(aq) 의 부피 비가 1 : 1일 때 혼합 용액의 pH가 7이므로 두 수용액의 몰 농도는 같다. 따라서 $x = 0.1$ 이다.
- ㄱ HA 의 이온화 상수(K_a)는 1×10^{-5} 이다.
 → 0.1 M HA(aq) 100 mL와 0.1 M NaOH(aq) 50 mL를 혼합한 용액에서 $[\text{HA}] = [\text{A}^-]$ 이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = K_a$ 이다. 따라서 HA 의 K_a 는 1×10^{-5} 이다.
- ㄴ 혼합 전 수용액의 pH는 HA(aq) 가 HB(aq) 의 3배이다.
 → $K_a = C\alpha^2$ 이므로 HA 의 이온화도는 0.01이다. 혼합 전 $[\text{H}_3\text{O}^+] = C\alpha = 0.001$ 이므로 HA(aq) 의 pH는 3이다. HB(aq) 는 강산이므로 pH = 1이다.
- ㄷ (가)에 x M NaOH(aq) 50 mL를 추가로 넣은 혼합 용액에서 $[\text{Na}^+] = [\text{A}^-]$ 이다. $[\text{Na}^+] = [\text{A}^-]$
 → (가)에 0.1 M NaOH(aq) 50 mL를 혼합하면 중화점에 해당되므로 A^- 의 가수 분해가 일어난다. 따라서 $[\text{Na}^+] > [\text{A}^-]$ 이다.

08 | 선택지 분석 |

- ㄱ $x = 0.1$ 이다.
 → $K_a = C\alpha^2$, $[\text{H}_3\text{O}^+] = C\alpha$ 이다. HA 와 HB 의 이온화도를 모두 α 라고 할 때, HA(aq) 에서 $x\alpha^2 = 1 \times 10^{-5}$ 이고 HB(aq) 에서 $0.1x\alpha = 10^{-4}$ 이다. 따라서 $\alpha = 0.01$, $x = 0.1$ 이다.
- ㄷ (가)에서 $\frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]} = 1$ 이다. 100
 → HA 의 이온화 상수 K_a 는 1×10^{-5} 이고 (가)의 pH는 3이므로 $K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = 1 \times 10^{-5}$ 에서 $\frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]} = 100$ 이다.
- ㄴ HB 의 이온화 상수 K_a 는 1×10^{-6} 이다.
 → $K_a = C\alpha^2$ 이므로 HB 의 이온화 상수는 $K_a = 1 \times 10^{-6}$ 이다.

- 09 (가)와 (나)에서 A^- 와 B^- 의 이온화도를 각각 α_1 , α_2 라고 하면 용액에 들어 있는 $[\text{OH}^-]$ 는 각각 $1 \times \alpha_1 \text{ M}$, $0.1 \times \alpha_2 \text{ M}$ 이다. pH는 (가)가 (나)보다 1만큼 크므로 $[\text{OH}^-]$ 는 (나)가 (가)의 10배이며, $1 \times \alpha_1 = 10 \times 0.1 \times \alpha_2$ 이다. 따라서 $\alpha_1 = \alpha_2$ 이고 K_b 는 각각 $1 \times \alpha_1^2$, $10 \times \alpha_1^2$ 이다. 1 M HA(aq) 와 0.1 M HB(aq) 에서 이온화도를 각각 n_1 , n_2 라고 하면 $\frac{\text{HA의 } K_a}{\text{HB의 } K_a} = \frac{1 \times n_1^2}{0.1 \times n_2^2} = \frac{\text{B}^- \text{의 } K_b}{\text{A}^- \text{의 } K_b} = \frac{10 \times \alpha_1^2}{1 \times \alpha_1^2}$ 이다. 따라서 $\frac{1 \text{ M HA(aq)에서 HA의 이온화도}}{0.1 \text{ M HB(aq)에서 HB의 이온화도}} = 0.1$ 이다.

- 10 (가)에서 0.1 M HA(aq) 의 pH가 3이므로 $[\text{H}^+] = C\alpha$ 에서 HA 의 $\alpha = 0.01$ 이다.

| 선택지 분석 |

㉠ 0.2 M HA(aq)의 $[H^+]$ 는 2×10^{-3} M보다 작다.
 ➡ $[H^+] = Ca$ 이므로 0.2 M HA(aq)에서 이온화도가 0.01이라고 할 때 $[H^+] = 2 \times 10^{-3}$ M이다. 그런데 이온화도는 농도가 진할수록 감소하므로 2 M HA(aq)의 $[H^+]$ 는 2×10^{-3} 보다 작다.

✗ $x=0.1$ 이다. 0.4

➡ 25 °C에서 HA의 $K_a = Ca^2 = 1 \times 10^{-5}$ 이고 $\frac{[A^-]}{[HA]} = 1$ 일 때 $[H_3O^+] = K_a$ 이므로 (가)에 넣어 준 NaOH의 양은 HA의 $\frac{1}{2}$ 이다. 따라서 $x \times 0.005 = 2 \times 0.1 \times 0.01$ 이므로 $x = 0.4$ 이다.

✗ II에 x M NaOH(aq) 5 mL를 추가한 수용액은 산성염기성이다.

➡ II에 x M NaOH(aq) 5 mL를 추가하면 중화점에 해당하고 A^- 이 가수 분해하여 OH^- 을 내놓으므로 수용액은 염기성이다.

11 (가)에서 $\frac{[A^-]}{[HA]} = 1$ 이므로 HA(aq)의 양(몰)은 NaOH(aq)의 2배이다. 따라서 $0.2x = 2 \times 0.2 \times 0.05$ 이므로 $x = 0.1$ 이다. (가)에서 $K_a = [H_3O^+]$ 이므로 HA의 $K_a = 1 \times 10^{-5}$ 이며, $K_b = 1 \times 10^{-9}$ 이다.
 (나)에서 0.2 M HA(aq)와 0.2 M NaOH(aq)을 혼합한 용액은 0.1 M NaA(aq) 200 mL와 같은 용액이므로 이 용액의 $[OH^-] = \sqrt{C \times K_b} = \sqrt{0.1 \times 10^{-9}} = 1 \times 10^{-5}$ 이다.
 따라서 $K_b = \frac{[HA][OH^-]}{[A^-]}$ 이므로
 $\frac{[A^-]}{[HA]} = y = \frac{[OH^-]}{K_b} = \frac{1 \times 10^{-5}}{1 \times 10^{-9}} = 10^4$ 이다.
 $x \times y = 10^3$ 이다.

12 넣어 준 NaOH(aq)이 80 mL일 때 A^- 이 거의 존재하지 않으므로 반응 초기 HCl의 양은 0.08몰이다. 또한 NaOH(aq)을 100 mL 넣었을 때 A^- 의 양(몰)이 0.02몰이므로 반응 초기 HA의 양(몰)은 0.02몰이다.

| 선택지 분석 |

㉠ 염기 A^- 의 이온화 상수 K_b 는 1×10^{-8} 보다 크다.
 ➡ 약산 HA의 이온화 상수 K_a 는 중화점의 $\frac{1}{2}$ 인 지점에서 $[HA] = [A^-]$ 이므로 $[H_3O^+] = K_a$ 이다. 따라서 P점에서의 pH가 6.3이므로 HA의 $K_a = 1 \times 10^{-6.3}$ 이고, 염기 A^- 의 이온화 상수 $K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-6.3}} = 1 \times 10^{-7.7}$ 이다.

㉡ P에서 $\frac{[Cl^-]}{[A^-]} = 8$ 이다.

➡ P에서 Cl^- 의 양은 0.08몰, A^- 의 양은 0.01몰이므로

$$\frac{[Cl^-]}{[A^-]} = 8 \text{이다. } \frac{1}{9}$$

✗ Q에서 $[OH^-] = 0.2$ M이다.

➡ Q에서 추가로 들어간 NaOH(aq)의 부피는 25 mL이므로 OH^- 의 양은 0.025몰이다. 이때 수용액의 부피는 225 mL이므로 $[OH^-] = \frac{0.025 \text{ 몰}}{0.225 \text{ L}} = \frac{1}{9}$ M이다.

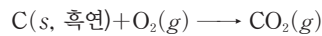
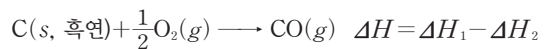
한번에 끝내는 대단원 문제

216쪽~219쪽

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

13 (1) ΔH_1

(2) | 모범 답안 | 헤스 법칙에 의해 처음과 나중 상태가 같을 때 경로에 관계없이 총 열량은 일정하다.



$$\Delta H = \Delta H_1 - \Delta H_2 + \Delta H_3 \text{이다.}$$

14 | 모범 답안 | 온도가 일정할 때 기체의 양은 PV에 비례하므로 반응 전 A, B의 양을 각각 9x몰, 6x몰이라고 가정하면 양적 관계는 다음과 같다.

	$2A(g) + B(g) \rightleftharpoons cC(g)$		
반응 전(몰)	9x	6x	0
반응(몰)	$-\frac{6n}{c}$	$-\frac{3n}{c}$	3n
반응 후(몰)	4n	3n	3n

$$9x - \frac{6n}{c} = 4n, 6x - \frac{3n}{c} = 3n \text{이므로 } x = \frac{2}{3}n \text{이고, } c = 3 \text{이}$$

$$\text{다. 따라서 } K = \frac{[C]^3}{[A]^2[B]} = \frac{(3n)^3}{(4n)^2 \times 3n} = \frac{9}{16} \text{이다.}$$

15 (1) | 모범 답안 | 혼합 기체의 양이 (다)에서가 (나)에서보다 크므로 (나)의 온도를 높였을 때 기체의 양이 증가하는 방향은 정반응이 일어난 것이다. 평형 상태의 온도를 높이면 흡열 반응 쪽으로 반응이 일어나므로 이 반응의 $\Delta H > 0$ 이다.

$$(2) K = \frac{2}{45}$$

16 (1) 0.01

(2) | 모범 답안 | 두 용액을 혼합하면 중화점에 해당하며 HA는 강산이고 B는 약염기이므로 B의 짝산이 가수 분해하여 H_3O^+ 을 생성하므로 이 혼합 용액의 pH는 7보다 작다.

01 | 선택지 분석 |

㉠ 흡열 반응이다.

➡ $NH_4NO_3(s)$ 가 용해될 때 비커가 차가워졌으므로 열을 흡수하였다. 따라서 $NH_4NO_3(s)$ 의 용해 반응은 흡열 반응이다.

㉡ 반응엔탈피는 0보다 크다.

➡ $NH_4NO_3(s)$ 가 용해될 때 엔탈피가 증가하므로 반응엔탈피는 0보다 크다.

✗ 엔탈피는 $NH_4NO_3(s)$ 가 $NH_4NO_3(aq)$ 보다 크다.

➡ 흡열 반응은 생성물의 엔탈피가 반응물의 엔탈피보다 크다. 따라서 엔탈피는 $NH_4NO_3(aq)$ 이 $NH_4NO_3(s)$ 보다 크다.

02 | 선택지 분석 |

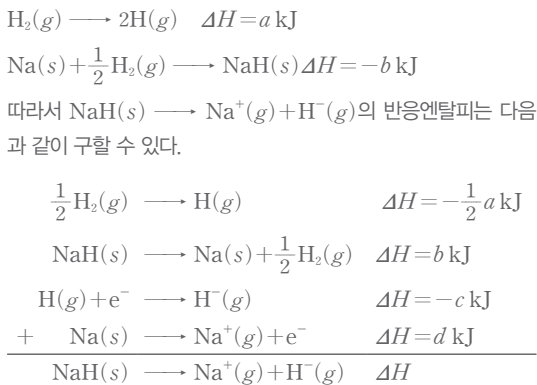
✗ $\Delta H > 0$ 이다.

➡ $H_2O_2(l)$ 의 분해 반응은 발열 반응이므로 $\Delta H < 0$ 이다.

- ㉠ 반응이 일어나면 주위의 온도는 높아진다.
 → $\text{H}_2\text{O}_2(l)$ 의 분해 반응이 일어날 때 열을 방출하므로 주위의 온도는 높아진다.
- ✗ 생성 엔탈피는 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 $\text{H}_2\text{O}_2(l)$ 보다 크다.
 → $\Delta H = (\text{H}_2\text{O}(l) \text{의 생성 엔탈피}) - (\text{H}_2\text{O}_2(l) \text{의 생성 엔탈피})$
 이므로 생성 엔탈피는 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 $\text{H}_2\text{O}_2(l)$ 보다 작다.

03 | 선택지 분석 |

- ㉠ $\text{H}(g)$ 의 생성 엔탈피는 $\frac{a}{2} \text{ kJ/mol}$ 이다.
 → $\text{H}(g)$ 의 생성 엔탈피는 $\frac{1}{2} \text{H}_2(g) \longrightarrow \text{H}(g)$ 의 반응엔탈피와 같으므로 $\frac{a}{2} \text{ kJ/mol}$ 이다.
- ㉠ $2\text{Na}(s) + \text{H}_2(g) \longrightarrow 2\text{NaH}(s)$ 의 반응은 발열 반응이다.
 → $\text{NaH}(s)$ 의 생성 엔탈피는 $\Delta H < 0$ 이므로 $\text{NaH}(s)$ 의 생성 반응은 발열 반응이다.
- ㉠ $\text{NaH}(s) \longrightarrow \text{Na}^+(g) + \text{H}^-(g)$ 의 반응엔탈피는 $\frac{1}{2}a + b - c + d \text{ kJ/mol}$ 이다.
 → $\text{H}_2(g)$ 의 결합 에너지와 관련된 열화학 반응식과 $\text{NaH}(s)$ 의 생성과 관련된 열화학 반응식은 다음과 같다.



따라서 $\Delta H = -\frac{1}{2}a + b - c + d \text{ kJ/mol}$ 이다.

04 | 선택지 분석 |

- ㉠ $\text{A}(s)$ 의 용해 엔탈피는 0보다 작다.
 → $\text{A}(s)$ 1g이 용해될 때 수용액의 온도가 높아졌으므로 $\text{A}(s)$ 가 용해되는 과정은 발열 반응이다. 따라서 $\text{A}(s)$ 의 용해 엔탈피는 0보다 작다.
- ✗ $\text{B}(s)$ 의 용해 과정은 발열 반응이다.
 → $\text{B}(s)$ 1g이 용해될 때 수용액의 온도가 낮아졌으므로 $\text{B}(s)$ 가 용해되는 과정은 흡열 반응이다.
- ㉠ | 용해 엔탈피 | 는 $\text{A}(s)$ 가 $\text{B}(s)$ 보다 크다.
 → 용해 엔탈피는 물질 1몰이 물에 용해될 때 출입하는 열량이다. 화학식량은 A가 B보다 크므로 용해된 용질의 양(몰)은 B가 A보다 크지만 온도 변화는 (가)에서가 (나)에서보다 크므로 물질 1몰이 용해될 때 출입하는 열량도 A가 B보다 크다. 따라서 |용해엔탈피|는 A가 B보다 크다.

05 | 선택지 분석 |

- ㉠ 반응 몰비는 $\text{A} : \text{B} = 1 : 2$ 이다.
 → 평형에 도달하기 전까지 반응한 A ~ C의 양은 각각 1몰, 2몰, 2몰이다. 따라서 반응 몰비는 $\text{A} : \text{B} = 1 : 2$ 이다.
- ㉠ $t^\circ\text{C}$ 에서 평형 상수는 0.5보다 작다.
 → 이 반응의 화학 반응식은 $\text{A}(g) + 2\text{B}(g) \rightleftharpoons 2\text{C}(g)$ 이므로
 평형 상수는 $K = \frac{[\text{C}]^2}{[\text{A}][\text{B}]^2} = \frac{2^2}{1 \times 3^2} = \frac{4}{9}$ 이다.
- ✗ 평형 상태에서 A와 C를 각각 1몰씩 넣으면 정반응이 일어난다.
 → 평형 상태에서 A와 C 각 1몰을 넣으면 반응 지수는
 $Q = \frac{[\text{C}]^2}{[\text{A}][\text{B}]^2} = \frac{3^2}{2 \times 3^2} = \frac{1}{2}$ 이므로 $K < Q$ 이다.
 따라서 역반응이 일어난다.

06 | 선택지 분석 |

- ㉠ $t^\circ\text{C}$ 에서 역반응의 평형 상수는 $\frac{1}{K}$ 이다.
 → 역반응의 평형 상수는 $\frac{[\text{A}][\text{B}]^2}{[\text{C}]^2}$ 이므로 $\frac{1}{K}$ 이다.
- ✗ 용기에 $\text{Ar}(g)$ 을 넣으면 정반응이 일어난다.
 → 용기에 $\text{Ar}(g)$ 을 넣어도 반응물과 생성물의 부분 압력은 변하지 않으므로 평형 이동은 일어나지 않는다.
- ✗ 용기에 $\text{A}(g)$ 을 넣고 반응시킨 후 평형에 도달했을 때 평형 상수는 K 보다 크다. 변하지 않는다.
 → 용기에 $\text{A}(g)$ 를 넣고 반응시켜 새로운 평형에 도달했을 때 온도는 일정하므로 평형 상수는 변하지 않는다.

07 | 선택지 분석 |

- ✗ $T_2 > T_1$ 이다. $T_1 > T_2$
 → 온도를 변화시켰을 때 정반응이 일어났으므로 온도를 낮춘 것이고, $T_1 > T_2$ 이다.
- ㉠ $x = 0.4$ 이다.
 → (가)에서 A의 양은 $(1-x)$ 몰, B의 양은 x 몰이고, (나)에서 A의 양은 $(1-2x)$ 몰, B의 양은 $2x$ 몰이므로 $K = \frac{[\text{B}]}{[\text{A}]}$ 에서
 $(\text{가}) : (\text{나}) = \frac{1}{1-x} : \frac{2x}{1-2x} = 1 : 6$ 이다. 따라서 $x = 0.4$ 이다.
- ✗ A의 몰 분율은 (가)에서가 (나)에서의 3배이다.
 → A의 양은 (가)에서 0.6몰, (나)에서 0.2몰이다. 따라서 전체 몰수는 1몰로 같고 반응 전후 변하지 않으므로 A의 몰 분율은 A의 몰수에 비례한다. 따라서 (가)에서가 (나)에서의 3배이다.

08 | 선택지 분석 |

- ✗ 평형 상수는 (다)에서가 (나)에서보다 크다.
 → 압력 변화에 의해 평형 상수는 변하지 않으므로 (나)와 (다)에서 평형 상수는 같다.
- ㉠ NH_3 의 몰 분율은 (다)에서가 (가)에서보다 크다.
 → 압력을 증가시키면 기체의 양이 작아지는 정반응이 일어나므로 NH_3 의 양은 증가한다. 따라서 NH_3 의 몰 분율은 (다)에서가 (가)에서보다 크다.

- ㉔ (나)에 아르곤(Ar)을 넣어 주면 역반응 쪽으로 평형이 이동한다.
 ➡ (나)에 아르곤을 넣으면 부피가 증가하면서 수소, 질소, 암모니아의 부분 압력이 감소하므로 기체의 양이 증가하는 쪽으로 평형이 이동한다. 따라서 역반응이 일어난다.

09 | 선택지 분석 |

- ㉔ P점의 온도는 기준 어는점이다.
 ➡ 1기압에서 액체가 고체로 될 때의 온도를 기준 어는점이라고 한다.
- ㉔ R점에서 고체, 액체, 기체가 동적 평형을 이룬다.
 ➡ R점은 3중점으로 고체, 액체, 기체가 동적 평형을 이룬다.
- ㉔ T_1 에서 Q점의 압력을 낮추면 기체로 상이 변할 수 있다.
 ➡ Q점의 압력을 낮추면 증기 압력 곡선을 지나가게 되므로 기체로 상이 변할 수 있다.

10 | 선택지 분석 |

$[H_3O^+] = C \times \alpha$ 이므로 0.001 M이다.

- ㉔ 이온화도는 0.01이다.
 ➡ $K_a = C \times \alpha^2$ 이므로 이온화도는 0.01이다.
- ㉔ 수용액에 들어 있는 $[H_3O^+]$ 는 0.001 M이다.
 ➡ $[H_3O^+] = C \times \alpha$ 이므로 0.001 M이다.
- ✕ HA와 NaA를 1 : 1의 몰비로 혼합한 수용액의 pH는 5이다.
 ➡ HA와 NaA를 1 : 1의 몰비로 혼합한 수용액에서 $[H_3O^+]$ 는 K_a 와 같다. 따라서 pH는 5이다.

11 | 선택지 분석 |

- ㉔ $x > y$ 이다.
 ➡ (나)는 HCO_3^- 의 가수 분해가 일어나 수용액의 pH는 7보다 크다. (다)는 HSO_4^- 이 이온화되므로 수용액의 pH는 7보다 작다.
- ㉔ (나)에서 $[Na^+] > [HCO_3^-]$ 이다.
 ➡ (나)는 HCO_3^- 의 가수 분해가 일어나므로 $[Na^+] > [HCO_3^-]$ 이다.
- ✕ (가)와 (다)에서 Na^+ 의 가수 분해가 일어난다.
 ➡ Na^+ 은 강염기의 짝산이므로 가수 분해하지 않는다.

12 | 선택지 분석 |

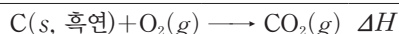
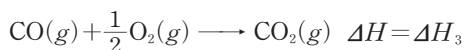
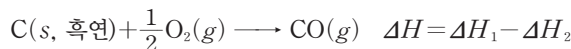
- ㉔ 수용액의 농도는 A가 C보다 크다.
 ➡ $[H_3O^+] = C \times \alpha$, $[OH^-] = C \times \alpha$ 이므로 A(aq)에서 $0.01 M = C \times 0.98$ 이므로 수용액 A의 농도는 약 0.1 M이고, C(aq)에서 $10^{-5} = C \times 0.01$ 이므로 수용액 C의 농도는 $10^{-3} M$ 이다.
- ✕ 이온화 상수는 C가 B보다 크다.
 ➡ 약산과 약염기의 이온화 상수는 $K = C \times \alpha^2$ 이다. B(aq)에서 $[H_3O^+] = C \times \alpha$, $0.01 = C \times 0.01$ 이므로 $C = 1 M$ 이다. 따라서 B의 이온화 상수는 $1 \times (0.01)^2 = 10^{-4}$ 이다. C의 이온화 상수는 $10^{-3} \times 0.01^2$ 이므로 10^{-7} 이다.

- ㉔ 물 농도가 같은 B(aq)와 D(aq)를 1 : 1의 부피비로 혼합한 용액의 pH는 7보다 크다.
 ➡ B는 약산, D는 강염기이므로 물 농도가 같은 B(aq)와 D(aq)를 1 : 1의 부피비로 혼합한 용액의 pH는 7보다 크다.

13 (1) $H_2O(g)$ 의 생성 엔탈피는

$H_2(g) + \frac{1}{2} O_2(g) \longrightarrow H_2O(g)$ 의 반응엔탈피와 같으므로 ΔH_1 이다.

(2) 헤스 법칙에 의해 처음과 나중 상태가 같을 때 경로에 관계없이 총 열량은 일정하다. 따라서



따라서 C(s, 흑연)의 연소 엔탈피는

$\Delta H = \Delta H_1 - \Delta H_2 + \Delta H_3$ 이다.

채점 기준	배점
C(s, 흑연)의 연소 엔탈피와 관계된 열화학 반응식을 모두 제시하고 헤스 법칙을 이용하여 풀이한 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
C(s, 흑연)의 연소 반응만을 옳게 제시한 경우	50 %

14 온도가 일정할 때 기체의 양은 PV에 비례하므로 반응 전 A, B의 양을 각각 9x몰, 6x몰이라고 가정할 수 있다. 이를 이용하여 양적 관계를 나타내면 다음과 같다.

	$2A(g)$	$+ B(g)$	$\rightleftharpoons$	$cC(g)$
반응 전(몰)	9x	6x		0
반응(몰)	$-\frac{6n}{c}$	$-\frac{3n}{c}$		
반응 후(몰)	4n	3n		3n

$$9x - \frac{6n}{c} = 4n, \quad 6x - \frac{3n}{c} = 3n \text{이므로}$$

$$x = \frac{2}{3}n \text{이고, } c = 3 \text{이다.}$$

$$\text{따라서 } K = \frac{[C]^3}{[A]^2[B]} = \frac{(3n)^3}{(4n)^2 \times 3n} = \frac{9}{16} \text{이다.}$$

채점 기준	배점
반응 초기 기체의 몰비와 양적 관계를 이용하여 반응 계수를 구한 후, 평형 상수식을 이용하여 옳게 서술한 경우	100 %
평형 상수식만을 제시하여 평형 상수를 옳게 구한 경우	30 %

15 (1) 혼합 기체의 양이 (다)에서가 (나)에서보다 크므로 (나)의 온도를 높였을 때 기체의 양이 증가하는 방향인 정반응이 일어난 것이다. 평형 상태의 온도를 높이면 흡열 반응 쪽으로 반응이 일어나므로 이 반응의 $\Delta H > 0$ 이다.

채점 기준	배점
(나)와 (다)의 기체의 양을 비교하여 정반응 쪽으로 평형이 이동하였음을 제시하고 온도를 높였을 때 흡열 반응이 일어나기 때문이라고 서술한 경우	100 %
온도를 높였을 때 흡열 반응이 일어나기 때문이라고 답한 경우	50 %

(2) (가)에서 N_2O (분자량은 44)의 질량이 22 g이므로 이는 0.5몰에 해당한다. (다)까지 반응한 N_2O 의 양을 $2x$ 몰이라고 할 때, 양적 관계를 나타내면 다음과 같다.

$$2N_2O(g) \rightleftharpoons 2N_2(g) + O_2(g)$$

반응 전(몰)	0.5	0	0
반응(몰)	$-2x$	$+2x$	$+x$
반응 후(몰)	$0.5-2x$	$2x$	x

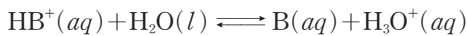
(다)에 들어 있는 N_2O , N_2 , O_2 의 양은 각각 $(0.5-2x)$ 몰, $2x$ 몰, x 몰이다. 혼합 기체의 양은 $0.5-2x+2x+x=0.6$ 이므로 $x=0.1$ 이다. 따라서 N_2O , N_2 , O_2 의 양은 각각 0.3몰, 0.2몰, 0.1몰이므로 평형 상수는

$$K = \frac{[N_2]^2[O_2]}{[N_2O]^2} = \frac{0.2^2 \times 0.1}{0.3^2} = \frac{2}{45} \text{이다.}$$

- 16** (1) 온도가 일정하면 이온화 상수도 일정하므로 HA의 이온화 상수는 R점에서의 Q점에서의 서로 같다. Q점에서 B의 이온화도가 0.5이므로 $[B]=0.01 \text{ M}$ 이고 $[OH^-]$ 와 $[HB^+]$ 도 모두 0.01 M이다.

$$\text{따라서 } K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]} = 0.01 \text{이다.}$$

- (2) 두 용액을 혼합하면 중화점에 해당하며, HA는 강산이고 B는 약염기이므로 B의 짝산이 가수 분해하여 H_3O^+ 을 생성하므로 이 혼합 용액의 pH는 7보다 작다.



채점 기준	배점
B의 짝산이 가수 분해하여 혼합 용액의 pH가 7보다 작다고 서술한 경우	100 %
혼합 용액의 pH는 7보다 작다라고만 답한 경우	30 %



III. 반응 속도와 촉매

1 >>> 반응 속도

01~ 반응 속도

개념 POOL

226쪽

01 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○

02 A의 반응 차수: 1차 반응, B의 반응 차수: 1차 반응, 반응 속도식: $v=0.05[A][B]$

- 01** (2) 1차 반응은 반응물의 농도에 관계없이 반감기가 일정하다.

(4) 반응물의 농도가 초기 농도의 $\frac{1}{4}$ 이 되는 데까지 걸리는 시간이 2분이므로 반응물의 농도가 절반이 되는 데까지 걸리는 시간, 즉 반감기는 1분이다.

- 02** 시간에 따른 A의 농도 그래프에서 반감기가 t 초로 일정하므로 A의 1차 반응이다. 표에서 실험 I과 II를 비교하면, A의 농도가 일정하고 B의 농도가 3배일 때 초기 반응 속도도 3배이므로 B의 1차 반응이다. 따라서 반응 속도식은 $v=k[A][B]$ 이며, 반응 속도식에 실험 I의 값을 대입하면 $k=0.05 \text{ M}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 이므로 반응 속도식은 $v=0.05[A][B]$ 이다.

꼭꼭! 개념 확인하기

227쪽

✓ 잠깐 확인

1 반응 속도 **2** 평균 반응 속도 **3** 반응 속도 상수, 반응 차수 **4** **2** **5** 반감기 **6** **1**

01 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × **02** ㉠ $-\frac{1}{a}$, ㉡ $-\frac{1}{b}$, ㉢ $\frac{1}{c}$

03 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ **04** 1차, s^{-1} **05** ㉠ 비례, ㉡ 반감기

- 01** (3), (4) 특정 시간에서의 반응 속도를 순간 반응 속도라 하고, 시간-농도 그래프에서 특정 시간에서의 접선의 기울기(절댓값)에 해당한다. 반응물이나 생성물의 농도 변화량을 반응이 일어난 시간으로 나누어 나타내는 반응 속도를 평균 반응 속도라 하고, 시간-농도 그래프에서 두 지점을 지나는 직선의 기울기(절댓값)에 해당한다.

- 02** 각 물질의 농도 변화량은 계수에 따라 달라지므로 화학 반응에서 반응 속도를 나타내려면 각 물질의 계수로 농도 변화량을 나누어 주어야 한다. 이때 화학 반응식의 계수의 역수를 반응 속도 앞에 붙여야 반응 속도식이 완성된다.

- 03 (2) 반응 속도 상수(k)는 농도와는 관계없고, 온도에 따라 달라진다.
 (3) 반응 속도식의 반응 차수는 화학 반응식의 계수와 관계없고, 실험으로 결정된다.

04 반응 차수는 1차이고, $k = \frac{v}{[H_2O_2]}$ 에서 반응 속도의 단위가 M/s이고, H_2O_2 농도의 단위는 M이므로 반응 속도 상수(k)의 단위는 s^{-1} 이다.

05 1차 반응의 반응 속도식은 $v = k[A]$ 이고, 반응물의 농도에 관계없이 반감기가 일정하다.

탄탄! 내신 다지기

228쪽~229쪽

01 ① 02 ③ 03 ③ 04 ① 05 ③ 06 $v = k[NO_2]^2$,
 $k = 0.21 M^{-1} \cdot s^{-1}$ 07 ③ 08 ⑤ 09 ① 10 ㉠ t, ㉡ a
 11 ④

01 마그네슘의 연소 반응은 반응이 일어나는 시간이 짧아서 변화를 바로 알 수 있는 빠른 반응이다. 석회 동굴의 생성 반응, 철이 녹스는 반응, 김치가 익는 반응, 사과의 갈변 반응은 느린 반응이다.

02 | 선택지 분석 |

- ㉠ 반응이 진행될수록 반응 속도는 느려진다.
 → 반응이 진행될수록 1분 동안 발생한 H_2 의 부피는 줄어들므로 반응 속도는 느려진다.
- ㉡ 반응 속도의 단위는 mL/분이다.
 → 1분마다 발생한 기체의 부피(mL)를 측정하고 있으므로 반응 속도의 단위는 mL/분이다.
- ㉢ 7분 이후에도 반응은 계속 일어난다.
 → 7분 이후에 H_2 의 부피는 변화가 없으므로 반응은 더 이상 일어나지 않는다.

03 1분~3분, 즉 2분 동안 발생한 H_2 의 부피는 70 mL - 40 mL = 30 mL이다. 따라서 평균 반응 속도는 $\frac{30 \text{ mL}}{2 \text{ 분}} = 15 \text{ mL/분}$ 이다.

04 | 선택지 분석 |

- ㉠ 기체의 부피
 → 실험 장치의 묽은 염산과 마그네슘이 반응하면 수소(H_2)가 발생하므로 시간에 따라 발생하는 기체의 부피를 측정하면 반응 속도를 구할 수 있다.
- ㉡ 마그네슘의 크기
 → 마그네슘의 크기는 감소하지만 제시된 장치로는 그 크기 변화를 측정할 수 없다.

- ㉢ 묽은 염산의 부피
 → 묽은 염산은 반응 전에 일정한 부피로 들어 있으므로 실험 과정에서 측정할 정보가 아니다.
- ㉣ 감소하는 반응물의 질량
 → 실험 장치에서 발생하는 기체의 부피를 측정하고 있으므로 감소하는 반응물의 질량을 측정할 수 없다.
- ㉤ 일정량의 양금이 생성되는 데 걸리는 시간
 → 반응 과정에서는 수소(H_2) 기체가 발생하고, 양금 생성 반응은 일어나지 않는다.

05 | 선택지 분석 |

- ㉠ NO의 1차 반응이다.
 → 반응 속도식으로부터 NO의 2차 반응임을 알 수 있다.
- ㉡ O_2 에 대한 2차 반응이다.
 → 반응 속도식으로부터 O_2 의 1차 반응임을 알 수 있다.
- ㉢ 전체 반응 차수는 3차이다.
 → NO의 2차 반응, O_2 의 1차 반응이므로 전체 반응 차수는 3차이다.
- ㉣ k 의 단위로 $M^{-1} \cdot s^{-1}$ 을 사용할 수 있다.
 $M^{-2} \cdot s^{-1}$
 → v 는 M/s의 단위를 사용하고, 몰 농도의 단위는 M이므로 $k = \frac{v}{[NO]^2[O_2]}$ 에서 k 의 단위로 $M^{-2} \cdot s^{-1}$ 을 사용할 수 있다.
- ㉤ 반응물의 농도가 각각 2배가 되면 반응 속도는 4배가 된다.
 → 반응물의 농도가 각각 2배가 되면 반응 속도는 $2^2 \times 2 = 8$ 배가 된다.

06 실험 1과 2를 비교하면 NO_2 의 농도가 2배일 때 초기 반응 속도가 4배이고, 실험 2와 3을 비교하면 CO의 농도가 2배일 때 초기 반응 속도에 변화가 없음을 알 수 있다. 따라서 이 반응은 NO_2 의 2차 반응이므로 반응 속도식은 $v = k[NO_2]^2$ 이다. 반응 속도 v 의 단위는 M/s이고, 반응 속도식에 실험 1의 값을 대입하면 반응 속도 상수(k)는 다음과 같다.

$$k = \frac{v}{[NO_2]^2} = \frac{0.0021 \text{ M/s}}{(0.1 \text{ M})^2} = 0.21 \text{ M}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

07 | 선택지 분석 |

- ㉠ 반응 속도식은 $v = k[A][B]^2$ 이다.
 → (가)와 (나)를 비교하면 B의 농도가 2배일 때 초기 반응 속도가 4배이므로 B의 2차 반응이고, (나)와 (다)를 비교하면 A의 농도가 3배일 때 초기 반응 속도가 3배이므로 A의 1차 반응임을 알 수 있다. 따라서 반응 속도식은 $v = k[A][B]^2$ 이다.
- ㉢ 전체 반응 차수는 4차이다.
 → 반응 속도식이 $v = k[A][B]^2$ 으로 A의 1차 반응, B의 2차 반응이므로 전체 반응 차수는 3차이다.
- ㉤ $[A]$ 가 2a, $[B]$ 가 2b일 때 초기 반응 속도는 8x이다.
 → 반응 속도식은 $v = k[A][B]^2$ 이므로 $k = \frac{v}{[A][B]^2}$ 이다. 이 식에 실험 (가)의 값을 대입하면 $k = \frac{x}{a \times b^2}$ 이다. 따라서 $[A]$ 가

$2a$, $[B]$ 가 $2b$ 일 때 초기 반응 속도(v)는 다음과 같다.

$$v = \frac{x}{a \times b^2} \times 2a \times (2b)^2 = 8x$$

08 | 선택지 분석 |

ㄱ A의 1차 반응이다.

⇒ 반응 속도가 A의 농도에 비례하므로 A의 1차 반응이다.

ㄴ A의 반감기는 일정하다.

⇒ 1차 반응은 반응물의 농도에 관계없이 반감기가 일정하다. 따라서 A의 1차 반응이므로 A의 반감기는 A의 농도와 관계없이 일정하다.

ㄷ 그래프의 기울기는 반응 속도 상수(k)이다.

⇒ 이 반응은 반응물이 A 1가지이므로 반응 속도식은 $v = k[A]$ 이다. 주어진 그래프는 A의 농도에 따른 반응 속도를 나타낸 것이므로 그래프의 기울기는 $v = k[A]$ 에서 반응 속도 상수(k)에 해당한다.

09 | 선택지 분석 |

ㄱ 반응 속도식은 $v = k$ 이다.

⇒ 0차 반응은 반응물의 농도에 관계없이 반응 속도가 일정하므로 반응 속도식은 $v = k$ 이다.

✗ 반감기가 일정하다.

⇒ 반감기가 일정한 반응은 1차 반응이고, 0차 반응의 반감기는 반응물의 농도가 감소할수록 짧아진다.

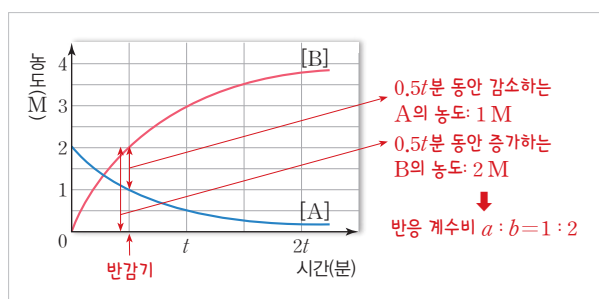
✗ 반응 속도는 반응물의 농도에 비례한다.
관계없이 일정하다.

⇒ 0차 반응의 반응 속도식은 $v = k$ 이므로 반응 속도는 반응물의 농도에 관계없이 일정한 값을 나타낸다. 반응 속도가 반응물의 농도에 비례하는 반응은 1차 반응이다.

10 1차 반응은 반응물의 농도와 관계없이 반감기가 일정하다.

따라서 1차 반응에서 반응물의 농도가 $4a$ 에서 $2a$ 로 줄어드는 데 걸리는 시간이 t 분이라면 반감기가 t 분이며, 다음 t 분은 반감기가 흐른 뒤이므로 농도가 $2a$ 에서 a 로 감소한다.

11 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

① $a = 2$ 이다.

1

② $b = 1$ 이다.

2

③ A의 반감기는 t 분이다.

0.5t분

⇒ A의 농도가 2M의 절반인 1M로 줄어드는 데 걸리는 시간은 0.5t분이므로 A의 반감기는 0.5t분이다.

✗ 반응 속도식은 $v = k[A]$ 이다.

⇒ 반감기가 0.5t분으로 일정하므로 A의 1차 반응이다. 따라서 반응 속도식은 $v = k[A]$ 이다.

⑤ 반응 속도는 A의 농도에 관계없이 일정하다.

비례한다.

⇒ A의 1차 반응이며, 1차 반응은 반응 속도가 농도에 비례한다.

도전! 실력 올리기

230쪽~231쪽

01 ⑤ 02 ③ 03 ③ 04 ① 05 ③ 06 ①

07 $v = k[A]^2$

08 | 모범 답안 | A: 2개, B: 3개, A의 1차 반응이므로 반감기가 일정하다. A는 처음에 8개였고, 2분 후에 4개이므로 반감기는 2분이다. 그리고 2분 동안 A는 4개가 소모되고 B는 2개가 생성되었으므로 반응 계수는 $a = 2$, $b = 1$ 이다. 따라서 (다)에서 A는 (나)의 절반인 2개이고, B는 1개가 더 생성되므로 3개이다.

09 | 모범 답안 | $m = 1$, B의 농도: 15 M, 반감기가 10초로 일정하므로 A의 1차 반응이다. 따라서 $m = 1$ 이다. 증가한 B의 농도는 감소한 A의 농도의 2배이므로 40초일 때 B의 농도는 $8 + 4 + 2 + 1 = 15$ (M)이다.

01 | 선택지 분석 |

ㄱ (가)에서는 시간에 따른 전체 물질의 질량을 측정한다.

⇒ (가)에서는 생성된 CO_2 가 빠져나가 질량이 감소하므로 시간에 따라 감소한 질량을 측정해야 한다.

ㄴ (나)에서는 시간에 따른 생성된 수소 기체의 부피를 측정한다.

⇒ (나)에서는 수소 기체가 발생하므로 시간에 따라 발생하는 기체의 부피를 측정해야 한다.

ㄷ (다)에서는 양금이 생성되어 ×표가 보이지 않을 때까지 걸리는 시간을 측정한다.

⇒ (다)에서는 반응에서 생성되는 황(S) 양금에 의해 ×표가 보이지 않을 때까지 걸리는 시간을 측정해야 한다.

02 | 선택지 분석 |

ㄱ 반응 속도식은 $v = k[A][B]$ 이다.

⇒ 실험 (가)와 (나)를 비교하면 B의 농도가 4배일 때 초기 반응 속도가 4배이므로 B의 1차 반응임을 알 수 있고, 실험 (가)와 (다)를 비교하면 A의 농도가 2배일 때 초기 반응 속도가 2배이므로 A의 1차 반응임을 알 수 있다. 따라서 반응 속도식은 $v = k[A][B]$ 이다.

✗ a 와 b 를 구할 수 있다.

⇒ 반응 계수는 반응물과 생성물의 농도 변화를 통해서 구할 수 있으므로 초기 농도를 다르게 한 초기 반응 속도로부터 반응 계수를 구할 수 없다.

ㄷ 반응 속도 상수(k)는 $1.2 \text{ M}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 이다.

⇒ 실험 (가)의 값을 반응 속도식 $v = k[A][B]$ 에 대입하면 $1.2 \times 10^{-3} = k[0.1][0.01]$ 이므로 $k = 1.2 \text{ M}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 이다.

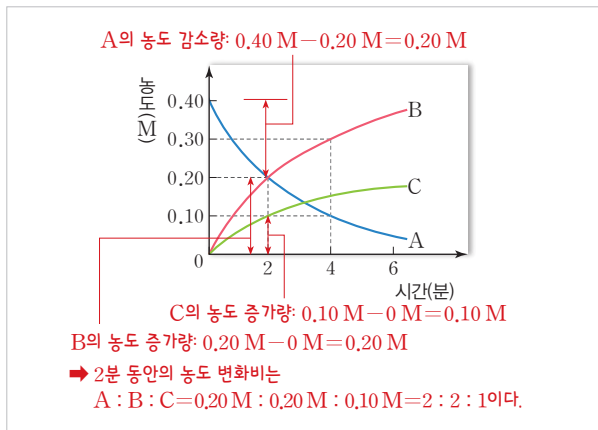
03 | 선택지 분석 |

- ㉠ O_2 의 1차 반응이다.
 → (가)와 (나)를 비교하면 O_2 의 농도가 2배일 때 NO_2 의 생성 속도가 2배이므로 O_2 의 1차 반응이다.
- ㉡ $x=36$ 이다.
 → 전체 반응 차수는 3차이므로 NO 의 2차 반응이다. (다)는 (가)보다 NO 의 농도는 2배, O_2 의 농도는 3배이므로 NO_2 의 생성 속도는 $2^2 \times 3 = 12$ 배이어야 한다. 따라서 $x=36$ 이다.
- ㉢ 반응 속도 상수(k)는 (나)가 (가)의 2배이다.
 일정하다.
 → 온도가 일정하므로 반응 속도 상수(k)는 일정하다.

04 | 선택지 분석 |

- ㉠ 반감기는 2분이다.
 → A의 농도가 절반으로 되는 데 걸리는 시간이 2분이므로 반감기는 2분이다.
- ㉢ 반응 속도식은 $v=k[A]^2$ 이다.
 $k[A]$
 → 반감기가 2분으로 일정한 반응이므로 A의 1차 반응이다. 따라서 반응 속도식은 $v=k[A]$ 이다.
- ㉤ 12분일 때 A의 농도는 0.025 M이다.
 0.0625
 → 반감기가 2분이므로 12분은 반감기가 6번 지났을 때이다. 따라서 A의 농도는 $4.0 \times \left(\frac{1}{2}\right)^6 = 0.0625$ M이다.

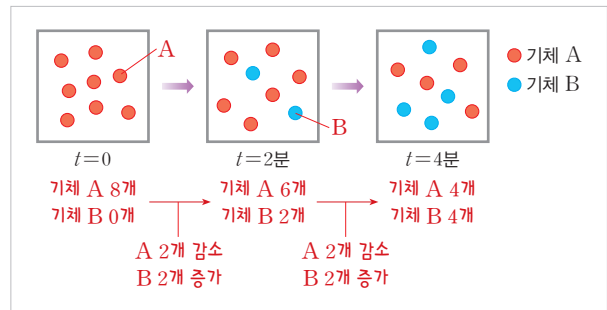
05 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- ㉠ $a+b+c=5$ 이다.
 → 농도 변화비는 $A : B : C = 2 : 2 : 1$ 이므로 반응 계수는 $a=2$, $b=2$, $c=1$ 이다. 따라서 $a+b+c=5$ 이다.
- ㉡ 반응 속도식 $v=k[A]$ 이다.
 → A의 농도가 절반으로 되는 데 걸리는 시간이 2분이므로 A의 반감기가 2분으로 일정한 반응이다. 따라서 A의 1차 반응이다.
- ㉢ 6분일 때 $\frac{[C]}{[A]} = 3.5$ 이다.
 → 6분은 반감기가 3번 지난 지점이므로 $[A]=0.05\text{ M}$ 이다. 그리고 A의 농도 감소량은 0.35 M이고, 농도 변화비는 $A : C = 2 : 1$ 이므로 $[C]=0.175\text{ M}$ 이다. 따라서 $\frac{[C]}{[A]} = 3.5$ 이다.

06 | 자료 분석 |



입자 수 변화에서 A가 2개 소모되면서 B가 2개 생성되므로 A와 B의 반응 몰수비는 같다. 따라서 반응 계수는 $a=b=1$ 이므로 $a+b=2$ 이다. 그리고 2분 동안 감소하는 A의 입자 수가 일정하므로 반응 차수는 0차이다. 따라서 반응 속도식은 $v=k$ 이다.

- 07 (가)와 (나)를 비교하면 A의 농도가 2배일 때 반응 속도는 4배로 증가하고, (가)와 (다)를 비교하면 A의 농도가 3배일 때 반응 속도는 9배로 증가하므로 A의 2차 반응이다. 따라서 반응 속도식은 $v=k[A]^2$ 이다.

- 08 반응 속도식 $v=k[A]$ 에서 A의 1차 반응임을 알 수 있고, 2분 후인 (나)에서 A의 개수는 8개에서 4개로 감소하므로 A의 농도는 초기 농도의 $\frac{1}{2}$ 이다. 따라서 이 반응의 반감기는 2분이다. (가)에서 (나)로 변할 때 A는 4개 감소하고, B는 2개 증가하므로 반응 계수비는 $a : b = 2 : 1$ 이다. 따라서 4분 후인 (다)에서는 반감기가 2번 지난 지점이므로 A 입자는 2개이고, 이때 A 입자가 2개 감소한 것이므로 B 입자는 2개에서 1개가 더 생성되어 3개이다.

채점 기준	배점
A와 B의 입자 수를 옳게 쓰고, 구하는 과정을 반감기를 이용하여 옳게 서술한 경우	100 %
A와 B의 입자 수만 옳게 쓴 경우	40 %

- 09 A의 농도가 10초마다 절반으로 감소하고 있으므로 반감기는 10초로 일정하다. 따라서 A의 1차 반응이므로 반응 속도식은 $v=k[A]$ 이다. 즉, $m=1$ 이다. 화학 반응식 $A(g) \rightarrow 2B(g)$ 에서 계수비는 $A : B = 1 : 2$ 이므로 10초마다 증가한 B의 농도는 감소한 A의 농도의 2배이다. 10초마다 감소한 A의 농도는 4 M, 2 M, 1 M, 0.5 M이므로 10초마다 증가한 B의 농도는 8 M, 4 M, 2 M, 1 M이다. 따라서 40초일 때 B의 농도는 $8+4+2+1=15$ (M)이다.

채점 기준	배점
m과 40초일 때 B의 농도를 옳게 쓰고, 구하는 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
m과 40초일 때 B의 농도 중 1가지에 대해서만 옳게 서술한 경우	50 %
m과 40초일 때 B의 농도만 옳게 쓴 경우	40 %

02~ 활성화 에너지

개념POOL

236쪽

1 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) × 2 (1) < (2) > (3) >

01 (2), (5) 반응이 일어나기 위해서는 활성화 에너지 이상의 에너지를 가지는 분자들이 생성물이 생성되는 데 적합한 방향으로 충돌해야 한다.

(3) 활성화 에너지가 큰 반응의 반응 속도가 더 느리다.

02 활성화 에너지보다 큰 에너지를 가진 분자들이 반응할 수 있으므로 반응을 일으킬 수 있는 분자 수가 많고, 반응 속도가 빠른 것은 활성화 에너지가 E_1 일 때이다.

꼭꼭! 개념 확인하기

237쪽

✓ 잠깐 확인

1 충돌 2 활성화 에너지 3. 활성화물 4 정반응, 역반응
5 작 6 유효

01 (다) 02 (1) × (2) ○ (3) ○ 03 $\Delta H = a - b$
4 184.5 kJ 05 ㉠ 활성화 에너지, ㉡ 유효 충돌

01 NO와 O₃이 반응하여 NO₂와 O₂가 생성되어야 하므로 (가)와 (나)의 충돌 방향은 적합하지 않고, (다)의 방향으로 충돌해야 반응이 일어날 수 있다.

02 (1) 활성화 에너지 이상의 에너지를 가진 입자들이 생성물이 생성되기에 적합한 방향으로 충돌해야 반응이 일어난다.

03 반응엔탈피(ΔH)는 정반응의 활성화 에너지(a)에서 역반응의 활성화 에너지(b)를 빼서 구할 수 있다.

04 반응엔탈피(ΔH) = 정반응의 활성화 에너지 - 역반응의 활성화 에너지이다. 따라서 정반응의 활성화 에너지(x)는 $9.5 = x - 175$ 에서 $x = 184.5$ kJ이다.

05 화학 반응이 일어나기에 적합한 방향으로 활성화 에너지 이상의 에너지를 가진 입자들이 충돌하여 화학 반응이 일어나는 충돌을 유효 충돌이라고 한다.

탄탄! 내신 다지기

238쪽~239쪽

01 ④ 02 ④ 03 ③ 04 ① 05 ④ 06 30 kJ 07 ⑤
08 ④ 09 $z > y$ 10 ① 11 활성화 에너지 12 ①

01 | 선택지 분석 |

① 반응물이 충돌하지 않아도 반응이 일어난다.

→ 반응이 일어나려면 반응물이 서로 충돌해야 한다.

② 모든 반응물의 충돌은 항상 반응을 일으킨다.

→ 반응물의 에너지가 활성화 에너지보다 높고 반응이 일어나기 적합한 방향으로 충돌이 일어나는 경우에만 반응이 일어난다.

③ 반응물의 충돌 방향은 반응이 일어나는 것과 관계가 없다.

→ 충돌 방향이 반응이 일어나기 적합해야 반응이 일어난다. 방향이 적합하지 않으면 충돌하더라도 반응이 일어나지 않는다.

④ 반응물의 충돌 방향이 반응을 일으키기에 적합해야 반응이 일어난다.

→ 반응물의 충돌 방향이 적합하고, 반응물의 에너지가 활성화 에너지보다 높으면 반응이 일어난다.

⑤ 충돌한 반응물이 반응을 일으키지 않으면 다음 충돌에서도 반응이 일어나지 않는다.

→ 충돌한 반응물이 반응을 일으키지 않아도 다음 충돌에서 반응물의 에너지가 활성화 에너지보다 높고 반응이 일어나기 적합한 방향으로 충돌이 일어나면 반응이 일어나게 된다.

02 반응 후에 NO와 CO₂가 생성되므로 충돌 방향은 NO₂의 O가 CO의 C와 충돌해야 반응이 일어나기에 적합하다.

03 반응이 일어나기에 적합한 충돌 방향에서 NO의 N과 O₃의 O가 충돌하므로 생성물은 NO₂와 O₂이다.

04 정반응의 활성화 에너지는 반응물이 에너지를 흡수하여 반응을 일으키는 데 필요한 최소한의 에너지이다.

05 | 선택지 분석 |

❌ 반응엔탈피(ΔH)는 ㉠이다.

→ 반응엔탈피(ΔH)는 ㉠ - ㉡ = ㉡이다.

① 정반응의 활성화 에너지가 역반응의 활성화 에너지보다 크다.

→ 흡열 반응이므로 정반응의 활성화 에너지가 역반응의 활성화 에너지보다 크다.

② 생성물이 활성화물이 되기 위해 흡수해야 할 에너지는 ㉡이다.

→ 생성물이 역반응의 활성화 에너지(㉡)를 흡수하면 활성화물이 된다.

06 반응엔탈피 = 정반응의 활성화 에너지 - 역반응의 활성화 에너지이므로 역반응의 활성화 에너지(x)는 $+20 = 50 - x$ 에서 $x = 30$ kJ이다.

07 | 선택지 분석 |

① 이 반응은 흡열 반응이다.

→ 반응물보다 생성물의 엔탈피가 크므로 흡열 반응이다.

② (가)의 상태에 있는 물질을 활성화물이라고 한다.

→ (가)는 반응이 일어나기 전 일시적으로 에너지가 높은 상태이므로 (가) 상태에 있는 물질은 활성화물이다.

㉔ (가) 상태에 도달하기까지 흡수하는 에너지는 반응물이 생성물보다 크다.

→ 흡열 반응이므로 정반응의 활성화 에너지가 역반응의 활성화 에너지보다 크다. 따라서 (가) 상태에 도달하기까지 흡수하는 에너지는 반응물이 생성물보다 크다.

08 활성화 에너지가 크면 일반적으로 반응이 일어나기 어렵다. 따라서 활성화 에너지가 (나) > (가)이므로 (나)가 (가)보다 반응이 일어나기 어렵다. 반응엔탈피가 (-)일 때 발열 반응, (+)일 때 흡열 반응이고, 반응엔탈피 = 정반응의 활성화 에너지 - 역반응의 활성화 에너지이다. 따라서 (가)에서 반응엔탈피는 $50 \text{ kJ} - 20 \text{ kJ} = 30 \text{ kJ}$ 이고, (나)에서 반응엔탈피는 $80 \text{ kJ} - 90 \text{ kJ} = -10 \text{ kJ}$ 이므로 (가)는 흡열 반응, (나)는 발열 반응이다.

09 $\Delta H = -x \text{ kJ}$ 이므로 발열 반응이다. 따라서 역반응의 활성화 에너지(z)가 정반응의 활성화 에너지(y)보다 크므로 $z > y$ 이다.

10 | 선택지 분석 |

㉔ 유효 충돌이 일어나면 반응이 일어난다.

→ 유효 충돌은 활성화 에너지 이상의 에너지를 가진 입자들이 반응이 일어나기 적합한 방향으로 충돌하는 것이다.

✗ 활성화 에너지보다 작은 에너지를 가진 입자들도 유효 충돌할 수 있다.

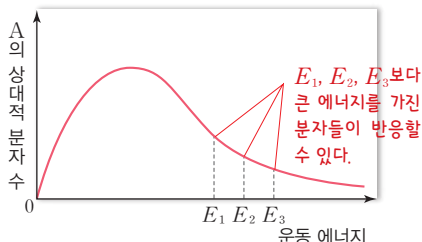
→ 활성화 에너지보다 작은 에너지를 가진 입자들은 충돌하더라도 반응할 수 없으므로 유효 충돌이 일어나지 않는다.

✗ 반응이 일어나기 적합하지 않은 방향이라도 유효 충돌이 일어날 수 있다.

→ 반응이 일어나기 적합하지 않은 방향으로 충돌하면 반응이 일어나지 않으므로 유효 충돌이 일어날 수 없다.

11 유효 충돌은 활성화 에너지보다 큰 에너지를 가진 분자가 반응이 일어나기 적합한 방향으로 충돌하는 것이다.

12 | 자료 분석 |



반응이 일어날 수 있는 분자 수는 $E_1 > E_2 > E_3$ 이므로 반응 속도는 $E_1 > E_2 > E_3$ 이다.

활성화 에너지보다 큰 에너지를 가진 분자들이 반응할 수 있으므로 활성화 에너지가 가장 작은 E_1 일 때 반응이 가장 빠르게 일어나고, 활성화 에너지가 가장 큰 E_3 일 때 반응이 가장 느리게 일어난다.

도전! 실력 올리기

240쪽~241쪽

01 ② 02 ② 03 ② 04 ③ 05 ⑤ 06 ②

07 활성화물

08 | 모범 답안 | 반응 속도가 빨라진다. (가)에서 E_a 가 작아지면 (나)에서 반응을 일으킬 수 있는 분자 수가 증가하기 때문이다.

09 | 모범 답안 | (나), 활성화 에너지(E_a) 이상의 에너지를 갖는 분자 수가 (나)에서 (가)에서보다 많기 때문이다.

01 | 선택지 분석 |

✗ X가 형성되지 않아도 반응이 진행될 수 있다.

→ X는 활성화물로, 반응물이 에너지를 흡수하여 활성화물에 도달해야 반응이 진행될 수 있다.

㉔ 역반응의 활성화 에너지는 $a+b$ 이다.

→ 발열 반응이므로 역반응의 활성화 에너지는 $(a+b)$ 이다.

✗ 반응 속도는 반응엔탈피(ΔH)의 크기와 **밀접한 관련이 없다.**

→ 반응 속도는 활성화 에너지와 관계가 있고, 반응엔탈피(ΔH)와는 관계가 없다.

02 | 선택지 분석 |

✗ 반응엔탈피(ΔH)는 양(+)의 값이다.

→ 발열 반응은 반응엔탈피(ΔH) < 0이고, 흡열 반응은 반응엔탈피(ΔH) > 0이다. 따라서 제시된 반응은 발열 반응이므로 반응엔탈피(ΔH)는 음(-)의 값이다.

✗ 정반응의 활성화 에너지가 역반응의 활성화 에너지보다 **크다.**

→ 발열 반응이므로 정반응의 활성화 에너지가 역반응의 활성화 에너지보다 작다.

㉔ 활성화 에너지가 E_a 보다 커지면 반응 속도는 느려진다.

→ 활성화 에너지가 커지면 에너지 장벽이 커져 반응 속도가 느려진다.

03 | 선택지 분석 |

✗ (가)는 $[\text{N}_2\text{O}(g) + \text{NO}(g)]$ 보다 **안정한** 상태의 물질이다.

→ (가)는 활성화물로 불안정한 상태이므로 반응물인 $[\text{N}_2\text{O}(g) + \text{NO}(g)]$ 보다 불안정하다.

㉔ 역반응의 활성화 에너지가 정반응의 활성화 에너지보다 크다.

→ 발열 반응이므로 역반응의 활성화 에너지가 정반응의 활성화 에너지보다 크다.

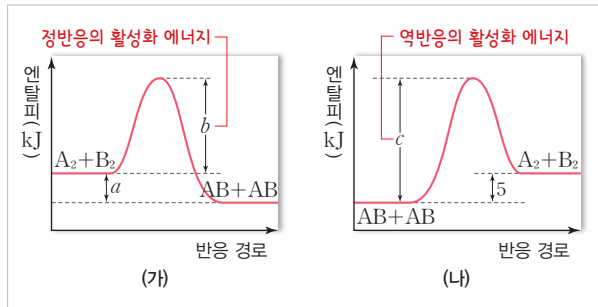
✗ 반응물 $\text{N}_2\text{O}(g)$ 와 $\text{NO}(g)$ 가 충돌하면 모두 생성물이 된다.

→ 반응물이 활성화 에너지 이상의 에너지를 가지고 적합한 방향으로 충돌해야 반응이 일어날 수 있다.

04 | 선택지 분석

- ㄱ 초기 반응 속도는 I에서가 II에서보다 크다.
 → 시간에 따른 A의 농도 변화 그래프의 기울기로부터 I에서가 II에서보다 반응 속도가 빠른 것을 알 수 있다.
- ✗ 반응엔탈피(ΔH)는 I에서가 II에서보다 작다.
 I에서와 II에서 같다.
 → 반응엔탈피는 활성화 에너지의 크기와 관계없다.
- ㄷ 역반응의 활성화 에너지는 II에서가 I에서보다 크다.
 → I에서가 II에서보다 반응 속도가 빠르므로 활성화 에너지는 I에서가 II에서보다 작다. 이 반응은 발열 반응이므로 정반응의 활성화 에너지가 작은 I에서가 II에서보다 역반응의 활성화 에너지도 작다.

05 | 자료 분석



| 선택지 분석 |

- ㄱ 정반응의 활성화 에너지는 b 이다.
 → 정반응의 활성화 에너지는 b 이다.
- ㄴ (가)에서 반응엔탈피(ΔH)는 -5 kJ이다.
 → (가)는 발열 반응이고, $a=5$ 이므로 반응엔탈피는 -5 kJ이다.
- ㄷ $c=a+b$ 이다.
 → c 는 역반응의 활성화 에너지이므로 $a+b$ 이다.
- 06 반응엔탈피 = 정반응의 활성화 에너지 - 역반응의 활성화 에너지이므로 역반응의 활성화 에너지 = 정반응의 활성화 에너지 - 반응엔탈피이다. 따라서 (가)의 역반응의 활성화 에너지는 $50 - 20 = 30$ (kJ), (나)의 역반응의 활성화 에너지는 $80 - (-20) = 100$ (kJ), (다)의 역반응의 활성화 에너지는 $20 - (-30) = 50$ (kJ)이다.

07 반응물이 활성화 에너지를 흡수하면 반응 직전의 에너지가 가장 높은 상태의 물질, 즉 활성화물이 된다.

08 활성화 에너지(E_a)가 작아지면 E_a 보다 큰 에너지를 갖는 분자 수가 증가하게 된다. 그리고 이 분자들이 적합한 방향으로 충돌하면 반응이 일어나게 되므로 반응 속도가 빨라진다.

채점 기준	배점
반응 속도 변화와 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
반응 속도 변화만 옳게 쓴 경우	40 %

09 활성화 에너지(E_a)보다 높은 에너지를 갖는 분자 수가 많을수록 반응 속도가 빠르다. 따라서 분자 운동 에너지가 E_a 보다 큰 분자 수가 많은 (나)에서가 (가)에서보다 반응 속도가 빠르다.

채점 기준	배점
반응 속도가 빠른 것을 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
반응 속도가 빠른 것만 옳게 쓴 경우	40 %

03~ 농도, 온도에 따른 반응 속도

탐구POOL

245쪽

1 (1) × (2) ○ (3) × 2 농도

- 01 (1) 농도에 따라 반응 속도가 달라지는 것을 알아보기 위한 실험이다.
 (2) 아이오딘(I_2)이 녹말 용액과 반응하면 청람색을 나타낸다.
 (3) 용액이 청람색으로 변할 때까지 걸린 시간이 짧을수록 반응 속도가 빠르다.

02 반응물의 농도가 클수록 반응물의 충돌 횟수가 증가하므로 반응 속도가 빨라진다.

탐구POOL

246쪽

- 01 황(S) 양금이 생성되기 때문이다.
 02 걸린 시간이 더 짧아진다.

01 싸이오황산 나트륨 수용액과 묽은 염산이 반응하여 노란 색의 황(S) 양금이 생성되므로 ×표가 보이지 않게 된다.

02 온도가 높아지면 반응 속도가 빨라지므로 황 양금이 생성되는 데 걸리는 시간이 짧아져 ×표가 보이지 않을 때까지 걸린 시간이 짧아진다.

꼭꼭! 개념 확인하기

247쪽

✓ 잠깐 확인!

1 충돌 횟수 2 증가 3 표면적 4 표면적 5 활성화 에너지 6 2, 3

01 (1) ○ (2) × (3) ○ 02 ㉠ 충돌 횟수, ㉡ 빨라 03 (1) 표면적 (2) 표면적 (3) 농도 04 $T_2 > T_1$ 05 온도

01 (2) 기체의 압력이 증가하면 부피가 감소하여 단위 부피당 입자 수가 증가하므로 충돌 횟수가 증가하여 반응 속도가 빨라진다.

02 반응물이 고체일 때 입자의 크기가 작아져 표면적이 넓어지면 충돌 횟수가 증가하여 반응 속도가 빨라진다.

03 (3) 빗물의 산성도가 커질수록 빗물 속 수소 이온 농도가 크다. 따라서 탄산 칼슘이 주성분인 대리석으로 된 건축물이나 조각품들의 부식 속도가 빨라진다.

04 활성화 에너지(E_a)보다 큰 분자 운동 에너지를 가지는 분자 수가 T_1 에서보다 T_2 에서 많으므로 온도는 $T_2 > T_1$ 이다.

05 모두 온도를 이용하여 반응 속도를 조절하는 예이다.

탄탄! 내신 다지기

248쪽~249쪽

01 ① 02 ㉠ 증가, ㉡ 증가 03 ② 04 ③ 05 ② 06 ㉠ 증가, ㉡ 빨라 07 ⑤ 08 ① 09 ③ 10 ⑤

01 | 선택지 분석 |

✓ 충돌 횟수 증가

→ 농도가 증가하면 단위 부피 속의 입자 수가 증가하여 입자 간의 거리가 가까워진다. 입자들의 이동 속도가 같다면 거리가 가까워진 만큼 충돌 횟수가 증가하므로 단위 시간당 충돌 횟수가 증가하고, 같은 시간 동안 반응하는 입자 수도 많아지므로 반응 속도가 빨라진다.

② 활성화물의 양 감소

→ 농도가 증가하여 충돌 횟수가 증가하면 활성화물의 양이 증가한다.

③ 활성화 에너지 증가

→ 반응의 활성화 에너지는 일정하다.

④ 활성화 에너지 감소

→ 반응의 활성화 에너지는 일정하다.

⑤ 단위 부피당 입자 수 감소

→ 농도가 증가하면 단위 부피당 입자 수는 증가한다.

02 기체의 압력이 증가하면 부피가 감소하므로 같은 부피에 들어 있는 입자 수가 많아져 충돌 횟수가 증가한다. 따라서 반응 속도가 빨라진다.

03 | 선택지 분석 |

(가)는 입자의 크기가 작아져서 표면적이 증가함에 따라 반응 속도가 빨라진 것을, (나)는 입자 수가 증가하여 충돌 횟수가 증가함에 따라 반응 속도가 빨라진 것을 나타내는 모형이다.

ㄱ. 알약보다 가루약의 흡수가 빠르다.

→ 가루약은 알약보다 입자의 크기가 작아 표면적이 크므로 반응 속도가 빠르다. 따라서 (가)의 모형으로 설명할 수 있다.

ㄴ. 비닐하우스에서 겨울철에 작물을 재배할 수 있다.

→ 비닐하우스에서는 온도가 높으므로 추운 겨울철에도 작물을 재배할 수 있다. 따라서 온도에 의해 반응 속도가 달라지는 예이다.

ㄷ. 강철솥은 공기 중에서보다 산소가 든 집기병에서 빠르게 연소한다.

→ 산소가 든 집기병에서는 공기 중보다 산소의 농도가 크므로 강철솥의 연소 반응이 빠르게 일어난다. 따라서 (나)의 모형으로 설명할 수 있다.

04 | 선택지 분석 |

① 온도가 높아질수록 반응 속도가 빠르다.

→ 온도는 변화시키지 않으면서 반응물의 농도를 달리하여 반응을 시켰다.

② 촉매를 사용하면 반응 속도가 빨라진다.

→ 촉매를 사용하지 않았고, 농도가 반응 속도에 미치는 영향을 알아보는 실험이다.

✓ 반응물의 농도가 클수록 반응 속도가 빠르다.

→ (가)에서 시험관 속 반응물의 농도는 $A > B > C > D$ 이고, 실험 결과 반응 속도는 $A > B > C > D$ 이므로 반응물의 농도가 클수록 반응 속도가 빠르다는 것을 알 수 있다.

④ 반응물의 부피가 클수록 반응 속도가 빠르다.

→ 반응물의 부피는 모두 같은 상태이고, 반응물의 농도가 다르다.

⑤ 활성화 에너지가 작을수록 반응 속도가 빠르다.

→ 반응의 활성화 에너지는 같고, 반응물의 농도가 다르다.

05 | 선택지 분석 |

✗ 초기 반응 속도는 $C > B > A$ 이다.
 $A > B > C$

→ 시간에 따른 수소 기체의 발생량이 반응 속도이므로 초기 반응 속도는 $A > B > C$ 이다.

✗ 아연 조각의 질량은 A와 C에서 같다.
C에서가 A에서보다 크다.

→ 발생한 수소 기체의 부피가 $C > A$ 이므로 아연 조각의 질량은 $C > A$ 이다.

㉠ 아연 조각의 크기는 A에서가 B에서보다 작다.

→ 아연 조각의 크기가 작을수록 표면적이 커져서 반응 속도가 빨라지므로 아연 조각의 크기는 A에서가 B에서보다 작다.

06 반응물의 입자 크기가 작아지면 표면적이 증가하고, 입자들 사이의 충돌 횟수가 증가하게 되므로 반응 속도가 빨라진다.

07 | 선택지 분석 |

㉠ 감자를 잘게 썰어 볶으면 더 빨리 익는다.

→ 감자를 잘게 썰면 입자 크기가 작아서 표면적이 크므로 빨리 익는다.

㉡ 통나무를 쪼개 장작을 만들어 태우면 더 잘 탄다.

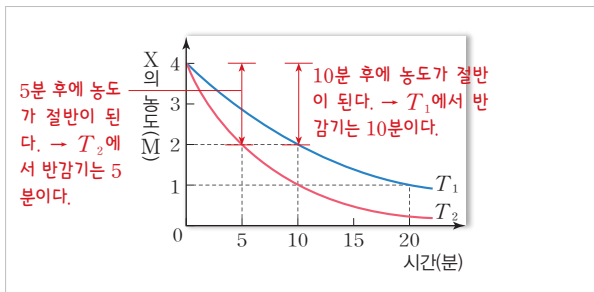
→ 통나무를 쪼개 장작을 만들면 표면적이 증가하므로 연소 반응 속도가 빨라진다.

- ㉔ 미세 먼지가 많은 탄광에서 폭발 사고가 자주 일어난다.
 ⇒ 미세 먼지의 입자 크기가 작아 표면적이 크므로 폭발 사고가 자주 일어날 수 있다.

08 | 선택지 분석 |

- ㉔ $T_2 > T_1$ 이다.
 ⇒ 온도가 높아지면 기체의 평균 운동 에너지가 커진다. 따라서 그래프에서 기체의 온도가 T_1 일 때보다 T_2 일 때 운동 에너지가 큰 분자들이 증가하므로 온도는 $T_2 > T_1$ 이다.
- ✗ 반응 속도는 T_1 에서가 T_2 에서보다 **빠르다.**
 느리다.
 ⇒ 온도가 높을수록 반응 속도가 빠르다. 따라서 온도가 $T_2 > T_1$ 이므로 반응 속도도 $T_2 > T_1$ 이다.
- ✗ 활성화 에너지보다 큰 에너지를 가지는 분자 수는 T_1 에서가 T_2 에서보다 **크다.**
 작다.
 ⇒ 활성화 에너지보다 큰 에너지를 가지는 분자 수는 온도가 높을수록 크므로 $T_2 > T_1$ 이다.

09 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- ㉔ 반응 속도식은 $v = k[X]$ 이다.
 ⇒ X의 초기 농도가 4 M이고, T_1 에서는 10분마다 농도가 절반이 되고, T_2 에서는 5분마다 농도가 절반이 되므로 X의 반감기가 일정하다. 따라서 이 반응은 1차 반응이다.
- ✗ 온도는 $T_1 > T_2$ 이다.
 $T_2 > T_1$
 ⇒ X의 농도가 감소하는 데 걸리는 시간이 T_2 에서가 T_1 에서보다 짧으므로 온도는 $T_2 > T_1$ 이다.
- ㉔ 반응 속도 상수는 T_2 에서가 T_1 에서보다 크다.
 ⇒ X의 농도가 같으므로 온도가 높은 T_2 에서가 T_1 에서보다 반응 속도 상수가 커서 반응 속도가 빠르다.

10 | 선택지 분석 |

- ㉔ A의 1차 반응이다.
 ⇒ 1차 반응은 반응 속도가 농도에 비례한다. 그래프에서 초기 반응 속도가 A의 초기 농도에 비례하므로 A의 1차 반응이다.
- ㉔ 온도는 $T_1 > T_2$ 이다.
 ⇒ 같은 농도일 때 초기 반응 속도가 $T_1 > T_2$ 이므로 온도는 $T_1 > T_2$ 이다.
- ㉔ 반감기는 T_1 에서가 T_2 에서일 때보다 작다.
 ⇒ 온도가 $T_1 > T_2$ 이므로 T_1 일 때 반응 속도가 더 빠르다. 따라서 반감기도 T_1 에서가 T_2 에서일 때보다 작다.

도전! 실력 올리기

250쪽~251쪽

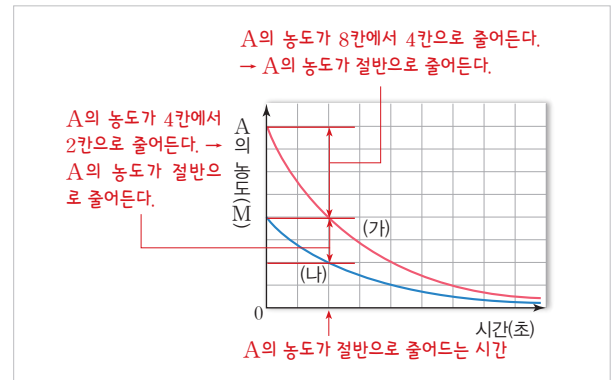
01 ① 02 ⑤ 03 ③ 04 ② 05 ③ 06 ⑤

07 ① 클, ④ 클(넓을), ⑥ 높을

08 | 모범 답안 | 수소 기체의 부피 증가량은 감소한다. 시간이 지남에 따라 반응물의 양이 감소하여 반응 속도가 느려지기 때문이다.

09 | 모범 답안 | 다른 조건은 같게 하며, NaHSO_3 수용액의 부피를 다르게 하고 증류수를 부어 전체 부피를 같게 한 후 두 수용액을 반응시켜 청람색이 나타날 때까지 걸린 시간을 측정한다.

01 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- ㉔ A의 1차 반응이다.
 ⇒ 반감기가 일정한 반응이므로 A의 1차 반응이다.
- ✗ 초기 반응 속도는 (가)와 (나)에서 같다.
 (가)가 (나)보다 빠르다.
 ⇒ 같은 시간 동안 줄어든 A의 농도는 (가)가 (나)의 2배이므로 초기 반응 속도는 (가)가 (나)의 2배이다.
- ✗ 반응 속도 상수는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.
 (가)와 (나)에서 같다.
 ⇒ 반응 속도 상수는 농도와 관계가 없으므로 (가)와 (나)에서 같다.

02 염산의 농도가 클수록 반응 속도가 빠르고, 탄산 칼슘의 상태가 조각일 때보다 가루일 때가 표면적이 넓어 반응 속도가 빠르다. 따라서 염산의 농도가 크고 탄산 칼슘이 가루 상태인 (다)에서 반응 속도가 가장 빠르고, 염산의 농도가 작고 탄산 칼슘이 조각 상태인 (가)에서 가장 느리다. 따라서 초기 반응 속도는 (다) > (나) > (가)이다.

03 | 선택지 분석 |

- ㉔ $\text{CO}_2(g)$ 가 발생한다.
 ⇒ $\text{HCl}(aq)$ 과 CaCO_3 이 반응하면 $\text{CO}_2(g)$ 가 발생한다.
 $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \longrightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$
- ✗ 반응이 완결되었을 때 생성된 기체의 양은 (다)에서가 모두 같다.
 작 크다.
 ⇒ (가)~(다)에서 반응한 $\text{HCl}(aq)$ 의 농도는 다르지만 CaCO_3 의 양이 같으므로 반응이 완결되었을 때 생성된 기체의 양은 같다.

- ㉔ (가)~(다)에서의 실험 결과로부터 농도가 반응 속도에 미치는 영향을 알 수 있다.
- ➡ (가)~(다)에서 $\text{HCl}(aq)$ 의 농도는 (가)<(나)<(다)이므로 이에 따른 반응 속도를 비교할 수 있다.

04 | 선택지 분석 |

✗ 반응 차수: (나)>(가)

➡ X의 농도가 절반으로 감소하는 데 걸리는 시간인 반감기가 (가)에서는 10초, (나)에서는 5초로 일정하므로 모두 1차 반응이다.

✗ 온도: (가)>(나)

➡ 10초 동안 감소한 X의 농도가 (나)>(가)이므로 반응 속도가 (나)>(가)이며, 온도가 높을수록 반응 속도가 빠르므로 온도는 (나)>(가)이다.

㉔ 반응 속도 상수: (나)>(가)

➡ (가)와 (나)는 모두 1차 반응이고, 반응 속도는 (나)>(가)이므로 반응 속도 상수는 (나)>(가)이다.

05 | 선택지 분석 |

㉔ $a > b$ 이다.

➡ (가)와 (나)는 온도가 T_1 으로 같으며, 그래프에서 상대적 분자 수는 (가)>(나)이므로 초기 농도는 $a > b$ 이다.

✗ $T_1 > T_2$ 이다.

➡ 온도가 높을수록 분자 운동 에너지가 크다. 그래프에서 (나)보다 (다)에서 운동 에너지가 큰 분자가 증가하므로 (다)에서 온도가 더 높다는 것을 알 수 있다. 따라서 $T_2 > T_1$ 이다.

㉔ (가)~(다) 중 초기 반응 속도는 (다)에서 가장 크다.

➡ 활성화 에너지보다 큰 에너지를 가지는 분자 수가 많을수록 반응 속도가 크므로 초기 반응 속도는 (다)가 가장 크다.

06 | 선택지 분석 |

㉔ 온도는 $T_1 > T_2$ 이다.

➡ X의 1차 반응은 반감기가 일정하다. 반감기는 (가)가 (나)보다 짧으므로 (가)의 반응 속도가 (나)보다 빠르다. 따라서 온도는 $T_1 > T_2$ 이다.

㉔ 반응 속도 상수(k)는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

➡ 반응 속도는 (가)에서가 (나)에서보다 빠르므로 반응 속도 상수는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

㉔ (가)와 (나)에서 X의 농도가 같아지는 시간은 4분이다.

➡ (가)는 반감기가 1분이므로 4분일 때는 반감기가 4번 지난 것이다. 따라서 4분일 때 X의 농도는 0.25 M이다. (나)는 반감기가 2분이므로 4분일 때는 반감기가 2번 지난 것이다. 따라서 4분일 때 X의 농도는 0.25 M이므로 (가)와 (나)에서 X의 농도가 같아지는 시간은 4분이다.

07 농도가 클수록, 표면적이 클수록 충돌 횟수가 증가하고, 온도가 높을수록 활성화 에너지보다 큰 분자 운동 에너지를 가지는 분자 수가 커서 반응 속도가 빠르다.

08 시간이 지날수록 같은 시간 동안 발생한 수소 기체의 부피가 감소하므로 반응 속도가 감소함을 알 수 있다. 이는 반

응이 진행될수록 반응물의 양이 감소하기 때문이다.

채점 기준	배점
수소 기체의 부피 증가량 변화와 그 까닭을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
수소 기체의 부피 증가량만 옳게 쓴 경우	40 %

09 농도에 따른 반응 속도의 영향을 알아보기 위해서는 반응물의 농도만 다르게 해야 한다. 이 실험에서는 $\text{NaHSO}_3(aq)$ 과 $\text{KIO}_3(aq)$ 이 반응물인데, $\text{KIO}_3(aq)$ 의 농도는 일정하다고 했으므로 $\text{NaHSO}_3(aq)$ 의 농도를 다르게 하는 과정을 포함해야 한다. $\text{NaHSO}_3(aq)$ 의 농도를 다르게 하려면 $\text{NaHSO}_3(aq)$ 의 양을 달리하여 넣고 증류수를 부어 전체 부피를 같게 하면 $\text{NaHSO}_3(aq)$ 의 농도가 달라진다.

채점 기준	배점
$\text{NaHSO}_3(aq)$ 의 농도를 다르게 하여 반응시키는 실험 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
$\text{NaHSO}_3(aq)$ 의 부피를 달리하는 방법만 제시하고, 전체 부피를 같게 한다는 내용을 포함하지 않고 서술한 경우	50 %

실전! 수능 도전하기

253쪽~256쪽

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

01 | 선택지 분석 |

✗ 반응 속도식은 $v = k[A]$ 이다.

➡ A의 농도가 2배일 때 초기 반응 속도가 4배이므로 A의 2차 반응이다.

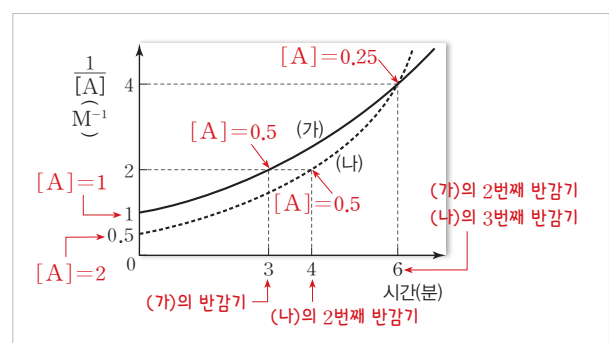
㉔ k 는 (가)에서와 (나)에서 같다.

➡ 온도가 같으므로 반응 속도 상수는 (가)~(다)에서 같다.

✗ 활성화 에너지는 (다)에서가 (나)에서보다 크다.

➡ 반응의 종류가 같으므로 활성화 에너지는 (가)~(다)에서 같다.

02 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

㉔ A의 1차 반응이다.

➡ (가)에서 A의 초기 농도를 1 M이라고 하면 3분이 반감기가 된다. 따라서 A의 1차 반응이다.

✗ 온도는 (가)에서가 (나)에서보다 ^{낮다.} 높다.

⇒ (나)는 A의 초기 농도가 2 M이 되고, 4분일 때 반감기가 2번, 6분일 때 반감기가 3번 지난 것이 되므로 반응 속도는 (나)가 더 빠르다. 따라서 온도는 (나)에서가 (가)에서보다 높다.

㉔ 12분일 때 $\frac{(가)에서 [A]}{(나)에서 [A]} = 2$ 이다.

⇒ 12분일 때 (가)에서는 반감기가 4번 지난 것이므로 $[A] = \frac{1}{16} M$

이고, (나)에서는 반감기가 6번 지난 것이므로 $[A] = \frac{1}{32} M$ 이다.

따라서 $\frac{(가)에서 [A]}{(나)에서 [A]} = \frac{\frac{1}{16} M}{\frac{1}{32} M} = 2$ 이다.

03 | 선택지 분석 |

㉓ $m=1$ 이다.

⇒ 반감기가 1분으로 일정하므로 A의 1차 반응이다. 따라서 $m=1$ 이다.

✗ 평균 반응 속도는 0~1분일 때가 1분~3분일 때의 ^{$\frac{8}{3}$ 배} 2배이다.

⇒ 0~1분일 때 A는 2 M 감소하고, 1분~3분일 때 A는 1.5 M 감소한다. 따라서 평균 반응 속도는 0~1분일 때 $\left(\frac{2M}{1분}\right)$ 가 1분~3분일 때 $\left(\frac{1.5M}{2분}\right)$ 의 $\frac{8}{3}$ 배이다.

✗ 3분일 때 A의 몰 분율은 $\frac{1}{4}$ 이다.

⇒ 반감기가 1분이므로 3분일 때 A의 농도는 0.5 M이며, A와 B의 반응 계수비는 1 : 1이므로 생성된 B의 농도는 3.5 M이다.

따라서 A의 몰 분율은 $\frac{0.5}{0.5+3.5} = \frac{0.5}{4} = \frac{1}{8}$ 이다.

04 | 자료 분석 |

실험	온도	[B](M)						
		$t=0$	$t=20\text{분}$	$t=40\text{분}$	$t=60\text{분}$			
I	T_1	0	6.4 증가	6.4	3.2 증가	9.6	1.6 증가	11.2
II	T_2	0	4.8 증가	4.8	1.2 증가	6.0	0.2 증가	6.3

서로 다른 온도에서 일어나는 $A(g) \rightarrow 2B(g)$ 의 반응이고, 실험 I에서 [B]가 증가하는 비율이 20분마다 $\frac{1}{2}$ 배이므로 반응은 A의 1차 반응이다.

| 선택지 분석 |

㉓ $T_1 < T_2$ 이다.

⇒ 실험 I에서 [B]가 $\frac{1}{2}$ 배씩 증가하는 시간이 20분이고, 실험 II에서 [B]가 $\frac{1}{4}$ 배씩 증가하는 시간이 20분이므로 반응 속도는 실험 II가 I보다 빠르다는 것을 알 수 있다. 따라서 온도는 $T_1 < T_2$ 이다.

㉔ I에서 순간 반응 속도는 20분일 때가 60분일 때의 4배이다.

⇒ I에서 20분일 때 [B]가 6.4 M 증가하였고, 60분일 때 20분 동안 [B]가 1.6 M 증가하였으므로 순간 반응 속도는 20분일 때가 60분일 때의 4배이다.

✗ II에서 A의 초기 농도는 4.8 M이다.

⇒ II에서 [B]가 증가하는 비율이 20분마다 $\frac{1}{4}$ 배이므로 10분마다 $\frac{1}{2}$ 배이다. 반응 계수비가 A : B = 1 : 2이므로 20분일 때 [A]는 2.4 M 감소한 것이다. 따라서 II에서 A의 초기 농도를 x M이라고 하면 20분일 때 [A]는 $\frac{x}{4}$ M이다. 따라서 $x - \frac{x}{4} = 2.4$ 이므로 $x = 3.2(M)$ 이다.

05 | 선택지 분석 |

㉓ $T_1 > T_2$ 이다.

⇒ 반감기가 짧은 반응의 반응 속도가 빠른 것이므로 반감기가 20초인 (가)가 반감기가 40초인 (나)보다 반응 속도가 빠르다. 따라서 온도는 $T_1 > T_2$ 이다.

㉔ (가)와 (나)에서 X의 농도가 같아지는 시간은 40초이다.

⇒ (가)의 반감기는 20초이고 X의 초기 농도는 2 M이므로 40초에서는 2번의 반감기가 지난 것이므로 X의 농도가 0.5 M이 된다. (나)는 반감기가 40초이고, X의 초기 농도가 1 M이므로 40초에서 X의 농도가 0.5 M이 된다. 따라서 40초일 때 (가)와 (나)에서 $[X] = 0.5 M$ 로 같다.

㉔ 반응 속도 상수는 (가) : (나) = 2 : 1이다.

⇒ 첫 반감기에서 농도 변화는 (가)에서 $2M - 1M = 1M$ 이고, (나)에서 $1M - 0.5M = 0.5M$ 이므로 $v_{(가)} : v_{(나)} = \frac{1}{20} : \frac{0.5}{40} = 4 : 1$ 이다. 1차 반응이므로 반응 속도식은 $v = k[X]$ 이다. 따라서 $k_{(가)} : k_{(나)} = \frac{4}{2} : \frac{1}{1} = 2 : 1$ 이다.

06 II에서 반응 시간에 따라 반응 속도가 일정하게 감소하고 있으므로 이 반응은 1차 반응임을 알 수 있다. 그리고 k는 $T_2 K$ 에서 $T_1 K$ 에서의 2배이므로 반응 속도식은 $T_1 K$ 에서는 $v = k[A]$, $T_2 K$ 에서는 $v = 2k[A]$ 로 나타낼 수 있다. 그리고 2초일 때 반응 속도(v)의 상댓값이 $T_1 K$ 에서는 1.5, $T_2 K$ 에서는 1이다. 따라서 2초일 때 반응 속도를 나타내면 $T_1 K$ 에서는 $1.5v = k[A]$ 이고, $T_2 K$ 에서는

$$v = 2k[A] \text{이므로 } \frac{\text{II에서의 } [A]}{\text{I에서의 } [A]} = \frac{\frac{v}{2k}}{\frac{1.5v}{k}} = \frac{1}{3} \text{이다.}$$

07 | 자료 분석 |

반응 시간(초)	0	t	2t	3t
B(g)의 몰 분율	0	$\frac{1}{3}$	$\frac{3}{7}$	x
A의 몰수	0.04	0.02	0.01	0.005
B의 몰수		0.02	0.03	0.035
C의 몰수		0.02	0.03	0.035

t초에서 A~C의 몰수가 0.02몰로 같아야 B의 몰 분율이 $\frac{1}{3}$ 이 된다. 2t초에서는 A가 0.01몰, B와 C는 0.03몰이어야 B의 몰 분율이 $\frac{3}{7}$ 이다. 따라서 t초가 반감기가 되고, A의 1차 반응임을 알 수 있다. 3t초에서 A는 0.005몰, B와 C는 각각 0.035몰이므로 $x = \frac{0.035}{0.075} = \frac{7}{15}$ 이다.

구분 시간(분)	기체의 전체 농도(M)	
	실험 I	실험 II
0 A의 초기 농도	8	12
반감기가 2분일 때	[A]=4, [B]=4, [C]=2	[A]=6, [B]=6, [C]=3
4	x [A]=2, [B]=6, [C]=3	$\frac{33}{2}$ [A]=3, [B]=9, [C]=4.5
6	$\frac{23}{2}$	y
[A]=1, [B]=7, [C]=3.5 [A]=1.5, [B]=10.5, [C]=5.25		

1차 반응이므로 반감기가 일정한 반응이다. 따라서 반감기를 2분이라고 하면 실험 I에서 시간에 따른 A~C의 농도는 다음과 같다.

시간(분)	0	2	4	6
[A](M)	8	4	2	1
[B](M)	0	4	6	7
[C](M)	0	2	3	3.5

따라서 x 는 11이다. 온도가 같은 실험 II에서도 반감기는 2분일 것이므로 시간에 따른 A~C의 농도는 다음과 같다.

시간(분)	0	2	4	6
[A](M)	12	6	3	1.5
[B](M)	0	6	9	10.5
[C](M)	0	3	4.5	5.25

따라서 $y = \frac{69}{4}$ 이므로 $x + y = \frac{113}{4}$ 이다.

09 실험 I보다 실험 II에서 [A]가 2배인데, 초기 반응 속도는 실험 II에서가 실험 I에서의 2배이므로 농도가 2배일 때 반응 속도가 2배가 되는 반응이다. 따라서 A의 1차 반응이므로 $v = k[A]$ 이다. 실험 II에서 $t = 3$ 분 동안 A의 농도가 56 mM만큼 감소하므로 실험 I에서 $t = 3$ 분 동안 $\Delta[A] = -28 \text{ mM}$ 이 된다. 따라서 $x = 4$ 이고, $\Delta[B] = 42 \text{ mM}$, $\Delta[C] = 7 \text{ mM}$ 이므로 반응 몰수비는 $A : B : C = 28 : 42 : 7 = 4 : 6 : 1$ 이다. 따라서 화학 반응식은 $4A \rightarrow 6B + C$ 이고, 실험 II에서 $\Delta[A] = -56 \text{ mM}$, $\Delta[B] = y \text{ mM}$, $\Delta[C] = 14 \text{ mM}$ 이므로 $A : B : C = 56 : y : 14 = 4 : 6 : 1$ 에서 $y = 84$ 이다.

실험 I에서 32 mM이었던 반응물이 $t = 3$ 분에서 4 mM이 되었으므로 $\frac{1}{8}$ 배가 된 것이고, 이는 반감기가 3번 지난 것이다. 반응이 A의 1차 반응이므로 $t = 1$ 분이 반감기이고, $t = 2$ 분은 반감기가 2번 지난 것이다. 따라서 $t = 2$ 분일 때 실험 I에서 $[A] = 8 \text{ mM}$ 이다. 그리고 $t = 2$ 분일 때 실험 II에서 $[A] = 16 \text{ mM}$ 이므로 $\Delta[A] = -48 \text{ mM}$ 이고, 반응 계수비가 $A : C = 4 : 1$ 이므로 $\Delta[C] = 12 \text{ mM}$ 이다. 따라서 $[C] = 12 \text{ mM}$ 이다.

이를 통해 $\frac{\text{I에서 [A]}}{\text{II에서 [C]}} = \frac{8}{12} = \frac{2}{3}$ 이다.

㉠ x 는 1.75이다.

→ A의 농도는 1분마다 0.25 M씩 감소하므로 x 는 $2.0 - 0.25 = 1.75$ 이다.

㉡ A의 1차 반응이다.

→ A의 농도는 시간에 따라 일정하게 감소하므로 A의 0차 반응이다.

㉢ 4분일 때 A의 몰 분율은 $\frac{1}{3}$ 이다.

→ $2A(g) \rightarrow 3B(g) + C(g)$ 에서 반응 계수비가 $A : B : C = 2 : 3 : 1$ 이므로 4분일 때 A는 1 M 감소하여 1 M이고, B 1.5 M, C 0.5 M을 생성하게 된다.

따라서 A의 몰 분율은 $\frac{1}{1+1.5+0.5} = \frac{1}{3}$ 이다.

㉠ $a = b$ 이다.

→ 반응 속도식이 $v = k[A][B]^2$ 이므로 A의 1차 반응이고, B의 2차 반응이다. (가)와 (나)를 비교하면 A의 농도가 일정할 때 초기 반응 속도가 4배가 되므로 B의 농도는 2배가 되어야 한다. 따라서 $b = 0.2$ 이다. (나)와 (다)를 비교하면 B의 농도가 일정할 때 초기 반응 속도가 2배가 되므로 A의 농도도 2배가 되어야 한다. 따라서 $a = 0.2$ 이다.

㉡ $T_2 > T_1$ 이다.

→ (다)와 (라)를 비교하면 $a = 0.2$ 이므로 반응물의 농도가 같은데, 초기 반응 속도는 (라)가 (다)의 2배이므로 온도는 $T_2 > T_1$ 이다.

㉢ 반응 속도 상수는 (라)에서가 (나)에서의 2배이다.

→ 반응 속도식이 $v = k[A][B]^2$ 이고, $b = 0.2$ 이므로 (나)와 (라)에서 B의 농도는 같다. (라)에서는 (나)에서보다 A의 농도가 2배이고, 초기 반응 속도는 4배이므로 반응 속도 상수는 (라)에서가 (나)에서의 2배이다.

㉠ 정반응은 발열 반응이다.

→ 반응물의 엔탈피가 생성물의 엔탈피보다 크므로 정반응은 발열 반응이다.

㉡ 정반응의 활성화 에너지는 $(b - a)$ 이다.

→ 정반응의 활성화 에너지는 $(b - a)$ 이다.

㉢ 온도가 높아지면 역반응의 속도는 ~~느려진다.~~ 빨라진다.

→ 온도가 높아지면 활성화 에너지보다 높은 에너지를 갖는 분자 수가 증가하므로 정반응 속도와 역반응 속도가 모두 빨라진다.

13 A의 초기 농도에 따라 초기 반응 속도가 증가하는 것으로 보아 1차 반응이다. 따라서 $v = k[A]$ 이고, 반감기가 일정하다. 표에서 주어진 B(g)의 반응 시간에 따른 몰 농도는 $2t$ 에서 $3t$ 사이에 $\frac{7}{2} \text{ M} - 3 \text{ M} = 0.5 \text{ M}$ 증가하였음을 알 수 있다. 이때 t 가 반감기라고 하면 $0 \sim t$ 사이의 농도 변화는 2 M, $t \sim 2t$ 사이의 농도 변화는 1 M이므로 $2t \sim 3t$ 사이의 농도 변화인 0.5 M과 부합한다. 따라서 t 는 반감기이고, $x = 2$ 이다. T_2 일 때는 T_1 보다 반응 속도가 0.5배이므로

로 반응 속도 상수(k)가 0.5배인 것이다. 따라서 반감기도 T_2 에서는 $2t$ 분이 되므로 1 L 강철 용기에 A 4몰($=2x$)을 넣고 반응시키면 반감기인 $2t$ 분 후 A(g)의 농도는 처음의 절반인 2 M이 된다.

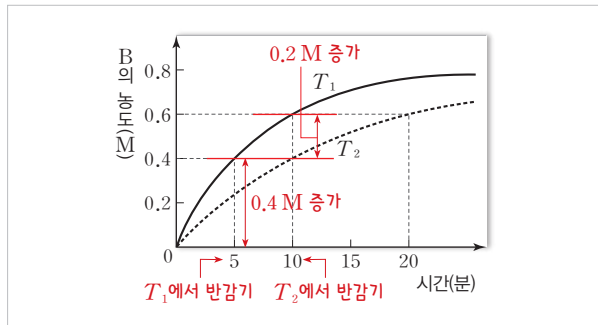
14 | 선택지 분석 |

- ㄱ 반응 속도식은 $v=k[X]$ 이다.
 → 반감기가 A와 B에서는 10초, C에서는 5초로 일정한 반응이므로 X의 1차 반응이다.
- ㄴ 초기 반응 속도는 C에서가 B에서의 3배이다.
 → 10초일 때 B의 농도는 1 M 감소하였고, C의 농도는 3 M 감소하였으므로 초기 반응 속도는 C에서가 B에서의 3배이다.
- ㄷ 온도는 C에서가 A에서보다 높다.
 → 반감기가 C는 5초이고, A는 10초이므로 초기 반응 속도는 C에서가 A에서보다 크다. 따라서 온도는 C에서가 A에서보다 높다.

15 | 선택지 분석 |

- ✗ 활성화 에너지
 → 같은 반응이므로 활성화 에너지는 같다.
- ㄴ 반응 속도 상수
 → 운동 에너지가 큰 분자 수는 T_1 보다 T_2 에서가 많으므로 온도는 $T_2 > T_1$ 이다. 따라서 반응 속도 상수는 T_2 에서가 T_1 에서보다 크다.
- ✗ 반응이 완결된 후 B의 농도
 → 반응 속도는 T_2 에서가 T_1 에서보다 크지만, 반응이 완결된 후 B의 농도는 같다.

16 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- ✗ A의 0차 반응이다.
 1차
 → T_1 에서는 5초마다, T_2 에서는 10초마다 B의 농도가 증가하는 양이 절반으로 감소하고 있으므로 A의 1차 반응이다.
- ✗ A의 초기 농도는 0.8 M이다.
 0.4 M
 → T_1 에서 5초일 때 B의 농도는 0.4 M인데, A와 B의 반응 계수비가 1 : 2이므로 A는 0.2 M이 반응한 것이다. 이때 T_1 에서 반감기가 5초이므로 A의 초기 농도의 절반이 0.2 M인 것이다. 따라서 A의 초기 농도는 0.4 M이다.
- ㄷ 반응 속도 상수는 T_1 에서가 T_2 에서보다 크다.
 → 반감기는 T_1 에서가 T_2 에서보다 짧으므로 온도는 $T_1 > T_2$ 이다. 반응 속도 상수는 온도가 높아지면 커지므로 $T_1 > T_2$ 이다.



III. 반응 속도와 촉매

2 >>> 촉매와 우리 생활

01~ 촉매와 반응 속도

탐구POOL

260쪽

01 (가) > (나) 02 반응 속도를 빠르게 한다.

01 거품이 많이 발생한 (나)에서 분해 반응이 더 빠르므로 활성화 에너지는 (가)에서 더 크다.

02 정촉매는 활성화 에너지를 낮추어 반응 속도를 빠르게 한다.

꼭꼭! 개념 확인하기

261쪽

✓ 잠깐 확인!

1 촉매 2 정촉매, 부촉매 3 정촉매 4 감소 5 정촉매 6 반응 경로 7 부촉매

01 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × 02 ㉠ 정촉매, ㉡ 부촉매 03 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ 04 ㉠ 부촉매, ㉡ 정촉매 05 (가) 정촉매, (나) 부촉매

01 (2) 촉매는 화학 반응에서 소모되지 않으므로 반응물이 아니다.

(4) 부촉매는 활성화 에너지를 높여 반응 속도를 느리게 한다.

02 정촉매는 반응 속도를 빠르게 하고, 부촉매는 반응 속도를 느리게 한다.

03 (1) 촉매를 사용해도 반응엔탈피는 변하지 않는다.

(3) 정촉매를 사용하면 활성화 에너지가 감소하므로 정반응 속도와 역반응 속도가 모두 빨라진다.

04 정촉매는 활성화 에너지를 낮추고, 부촉매는 활성화 에너지를 높여 반응 속도가 달라지게 한다.

05 정촉매는 활성화 에너지를 낮추어 활성화 에너지보다 큰 에너지를 가지는 분자 수가 늘어나게 하고, 부촉매는 활성화 에너지를 높여 활성화 에너지보다 큰 에너지를 가지는 분자 수가 줄어들게 한다.

탄탄! 내신 다지기

262쪽~263쪽

01 ② 02 ② 03 ① 04 ③ 05 ③ 06 ③ 07 ② 08 ①
 09 ④ 10 X: 정촉매, Y: 정촉매, $v_2 > v_3 > v_1$ 11 ⑤ 12
 정촉매: 감자, 이산화 망가니즈, 부촉매: 인산

01 | 선택지 분석 |

- ① 생성물의 양을 변화시킨다.
→ 촉매를 사용하면 생성물이 생성되는 속도는 변하지만 생성물의 양에는 변화가 없다.
- ✓ **활성화 에너지를 변화시킨다.**
→ 정촉매는 활성화 에너지를 감소시키고, 부촉매는 활성화 에너지를 증가시킨다.
- ③ 항상 반응 속도를 빠르게 한다.
→ 정촉매는 반응 속도를 빠르게 하고, 부촉매는 반응 속도를 느리게 한다.
- ④ 반응에 참여하여 양이 줄어든다.
→ 촉매는 화학 반응에 참여하여 반응 속도를 변화시키지만 자신은 변하지 않는다.
- ⑤ 정촉매는 정반응의 속도만 빠르게 한다.
→ 정촉매는 정반응과 역반응의 속도를 모두 빠르게 한다.

02 | 선택지 분석 |

- ① 온도를 높인다.
→ 온도를 높이면 활성화 에너지보다 큰 분자 운동 에너지를 가지는 분자 수가 증가하여 반응 속도가 빨라진다.
- ✓ **촉매를 사용한다.**
→ 촉매를 넣어 주면 활성화 에너지가 변하여 반응 속도가 변한다.
- ③ 반응물을 증가시킨다.
→ 반응물을 증가시키면 단위 부피당 입자 수가 증가하여 충돌 횟수가 증가하므로 반응 속도가 빨라진다.
- ④ 반응물의 표면적을 넓힌다.
→ 표면적을 넓히면 충돌 횟수가 증가하므로 반응 속도가 빨라진다.
- ⑤ 기체 반응물의 압력을 높인다.
→ 기체 반응물의 압력을 높이면 단위 부피당 입자 수가 많아져 충돌 횟수가 증가하므로 반응 속도가 빨라진다.

03 | 선택지 분석 |

- ㄱ **반응 경로를 변화시킨다.**
→ 촉매를 사용하면 반응 경로가 변한다.
- ✗ **역반응 속도를 느리게 한다.**
빠르게
→ 정촉매를 사용하면 활성화 에너지가 감소하므로 정반응 속도와 역반응 속도가 모두 빨라진다.
- ㄷ **활성화 에너지를 감소시킨다.**
→ 정촉매를 사용하면 반응 경로가 달라져서 활성화 에너지가 감소한다.
- ✗ **반응엔탈피(ΔH)를 증가시킨다.**
변화시키지 않는다.
→ 촉매를 사용해도 반응엔탈피는 변하지 않는다.

04 이산화 망가니즈는 과산화 수소의 분해 반응을 빠르게 하는 정촉매이다.

- | 선택지 분석 |
- ① 반응 경로가 변하지 않는다.
→ 정촉매를 사용하면 반응 경로가 달라져서 활성화 에너지가 감소하게 된다.

- ② 생성된 산소의 양이 증가한다.
→ 정촉매를 사용해도 생성물의 양은 변하지 않는다.
- ✓ **산소의 생성 속도가 빨라진다.**
→ 이산화 망가니즈는 정촉매이므로 산소의 생성 속도가 빨라진다.
- ④ 반응의 활성화 에너지가 증가한다.
→ 정촉매를 사용하면 반응의 활성화 에너지가 감소한다.
- ⑤ 이산화 망가니즈의 양이 점점 줄어든다.
→ 이산화 망가니즈는 촉매로, 반응에 참여하지만 자신은 변하지 않는다.

05 (나)는 (가)와 반응 경로가 다르고, (가)보다 활성화 에너지가 낮다. 정촉매는 반응 경로를 변화시켜 활성화 에너지를 감소시키고 반응 속도를 빠르게 하므로 물질 X는 정촉매이다.

06 | 선택지 분석 |

- ㄱ **반응 속도를 느리게 한다.**
→ 촉매를 첨가하지 않았을 때는 초기 반응 속도가 $4v$ 이고, 촉매 X를 첨가했을 때는 초기 반응 속도가 v 이므로 반응 속도가 느려졌다.
- ✗ **X는 정촉매이다.**
부촉매
→ X는 촉매를 첨가하지 않았을 때보다 초기 반응 속도를 느리게 하였으므로 부촉매이다.
- ㄷ **반응의 활성화 에너지를 높인다.**
→ 부촉매는 반응의 활성화 에너지를 높여서 반응 속도를 느리게 한다.

07 촉매를 사용하면 활성화 에너지가 변하므로 정반응의 활성화 에너지인 a 와 역반응의 활성화 에너지인 c 는 변하고, 반응엔탈피의 크기인 b 는 변하지 않는다.

08 | 선택지 분석 |

- ✓ **t 일 때 정촉매를 넣었다.**
→ (나)에서 t 시간 이후에 반응 속도가 빨라져서 압력이 빠르게 감소하였고, 충분한 시간이 지난 후의 전체 압력은 (가)와 같으므로 반응물의 농도 변화는 없고 속도만 빠르게 해 주는 정촉매를 넣은 것이다.
- ② **t 일 때 부촉매를 넣었다.**
→ 부촉매를 넣으면 반응 속도가 느려지므로 기체의 압력이 느리게 감소해야 한다.
- ③ **t 일 때 반응물을 추가하였다.**
→ 반응물을 추가하면 반응 속도가 빨라지고, 최종 생성물의 양도 증가하므로 충분한 시간이 흐른 후 압력이 (가)보다 커야 한다.
- ④ **t 일 때 온도를 높인 후 일정하게 유지하였다.**
→ 온도를 높이면 평형 상수가 변하므로 반응 후 압력이 달라진다.
- ⑤ **t 일 때 온도를 낮춘 후 일정하게 유지하였다.**
→ 온도를 낮추면 평형 상수가 변하므로 반응 후 압력이 달라진다.

① X는 부촉매이다.

정촉매

→ X는 활성화 에너지를 낮추는 역할을 하였으므로 정촉매이다.

② 평형 상수는 (가)가 (나)보다 크다.

(가)와 (나)에서 같다.

→ 온도가 같으므로 평형 상수는 (가)와 (나)에서 같다.

③ 반응엔탈피는 (나)가 (가)보다 크다.

(가)와 (나)에서 같다.

→ 촉매를 사용해도 반응엔탈피는 변하지 않으므로 반응엔탈피는 (가)와 (나)가 같다.

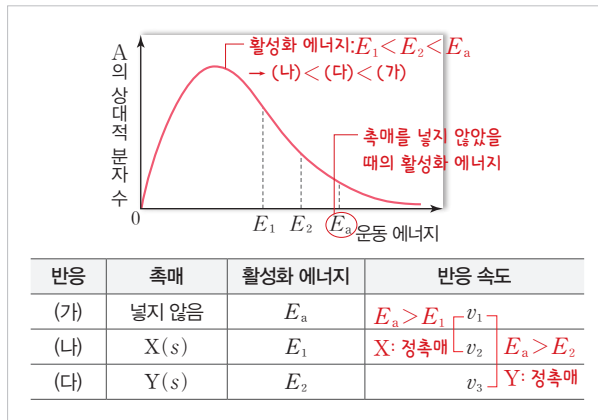
④ 정반응의 활성화 에너지는 (가)가 (나)보다 크다.

→ (나)에서는 정촉매 X가 사용되었으므로 (가)에서보다 활성화 에너지가 작다.

⑤ (가)에서는 정반응의 활성화 에너지가 역반응의 활성화 에너지보다 크다.

→ (가)는 발열 반응이므로 역반응의 활성화 에너지가 정반응의 활성화 에너지보다 크다.

10 | 자료 분석 |



X와 Y를 넣었을 때 촉매를 넣기 전보다 활성화 에너지가 낮아졌으므로 X와 Y는 모두 정촉매이다. 활성화 에너지보다 큰 운동 에너지를 가지는 분자 수는 반응 (나) > (다) > (가)이므로 반응 속도는 $v_2 > v_3 > v_1$ 이다.

11 | 선택지 분석 |

① 온도를 높인다.

→ 온도를 높이면 활성화 에너지 이상의 에너지를 가지는 분자 수가 증가하여 반응 속도가 빨라진다.

② 정촉매를 사용한다.

→ 정촉매를 사용하면 활성화 에너지가 작아져서 반응 속도가 빨라진다.

③ 반응물의 농도를 증가시킨다.

→ 반응물의 농도를 증가시키면 충돌 횟수가 증가하여 반응 속도가 빨라진다.

12 거품이 많이 발생하면 반응 속도가 빨라진 것이므로 정촉매이고, 거품이 거의 발생하지 않으면 반응 속도가 느려진 것이므로 부촉매이다.

01 ④ 02 ③ 03 ④ 04 ④ 05 ① 06 ③

07 촉매

08 | 모범 답안 | X: 정촉매, Y: 부촉매, 반응 속도: (나) > (가) > (다), X는 활성화 에너지를 낮추고, Y는 활성화 에너지를 높이며, 활성화 에너지가 작을수록 반응 속도가 빠르기 때문이다.

09 | 모범 답안 | (가)에서는 B의 생성 속도가 빨라졌지만 B의 나중 농도는 (나)와 같으므로 반응 속도를 빠르게 한 정촉매를 첨가한 것이고, (다)에서는 B의 생성 속도가 느려졌지만 B의 나중 농도는 (나)와 같으므로 반응 속도를 느리게 한 부촉매를 첨가한 것이다.

01 | 선택지 분석 |

X (가)에서 E_1 은 증가한다.

변하지 않는다.

→ (가)에서 E_1 은 반응엔탈피이므로 정촉매를 사용해도 변하지 않는다.① (나)에서 E_a 는 감소한다.→ 정촉매를 사용하면 활성화 에너지가 감소하므로 (나)에서 E_a 는 감소한다.

② (나)에서 활성화 에너지보다 큰 운동 에너지를 가지는 분자 수가 증가한다.

→ 정촉매를 사용하면 활성화 에너지가 감소하므로 (나)에서 E_a 가 낮아져 활성화 에너지보다 큰 운동 에너지를 가지는 분자 수가 증가한다.

02 | 선택지 분석 |

① A와 B는 정촉매이다.

→ 산소의 발생 속도는 (다) > (나) > (가)이다. (나)와 (다)에서 첨가한 A와 B는 자신의 질량은 변하지 않으면서 산소의 발생 속도를 빠르게 하므로 정촉매이다.

② 활성화 에너지는 (가) > (나) > (다)이다.

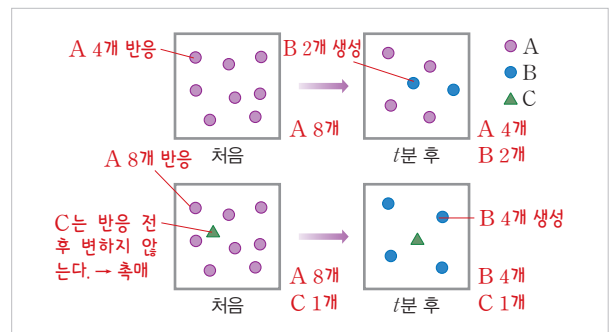
→ 정촉매는 활성화 에너지를 낮추며, 반응 속도는 (다) > (나)이므로 활성화 에너지는 (나) > (다)이다. 따라서 활성화 에너지는 (가) > (나) > (다)이다.

X 반응 속도 상수는 (가) > (나) > (다)이다.

(다) > (나) > (가)

→ 정촉매는 반응 속도 상수를 증가시키므로 반응 속도 상수는 (다) > (나) > (가)이다.

03 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

✗ $a=1$ 이다.
 $a=2$

→ (가)에서 A가 4개 소모되고 B가 2개 생성되므로 A와 B의 반응 계수비는 2 : 1이다. 따라서 $a=2$ 이다.

㉠ C는 정촉매이다.

→ C를 사용한 (나)에서 반응 속도가 더 빠르고, C는 변화 없으므로 C는 정촉매이다.

㉡ $0 \sim t$ 분 동안 평균 반응 속도는 (나)가 (가)의 2배이다.

→ $0 \sim t$ 분 동안 (가)에서는 A가 4개 소모되었고, (나)에서는 A가 8개 소모되었으므로 평균 반응 속도는 (나)가 (가)의 2배이다.

04 | 선택지 분석 |

✗ a 는 증가한다.
변하지 않는다.

→ 정촉매를 사용해도 반응 후 농도에는 변화가 없으므로 a 는 변하지 않는다.

㉠ b 는 감소한다.

→ 정촉매를 사용하면 반응 속도가 빨라지므로 반응이 완결되는 시간(b)은 감소한다.

㉡ 반응 경로가 변한다.

→ 정촉매를 사용하면 활성화 에너지가 감소하여 반응 경로가 변한다.

05 | 선택지 분석 |

㉠ H^+ 은 정촉매이다.

→ 활성화 에너지는 (나)에서가 (가)에서보다 작으므로 H^+ 은 정촉매이다.

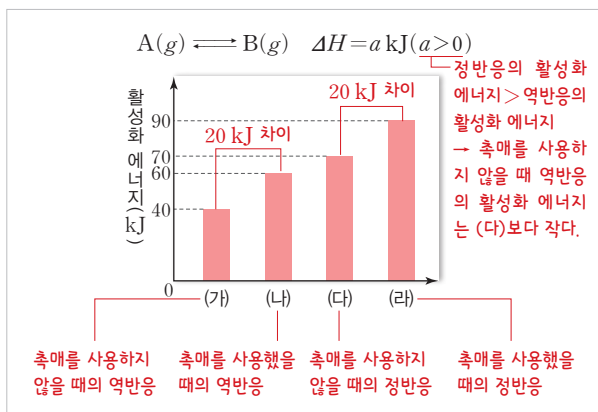
✗ $\Delta H_1 > \Delta H_2$ 이다.

→ 촉매를 사용해도 반응엔탈피는 변하지 않는다. 따라서 $\Delta H_1 = \Delta H_2$ 이다.

✗ 반응 속도는 (가)에서가 (나)에서보다 빠르다.

→ 활성화 에너지가 작아지면 반응 속도가 빨라지므로 반응 속도는 (나)에서가 (가)에서보다 빠르다.

06 | 자료 분석 |



$a > 0$ 이므로 정반응의 활성화 에너지가 역반응의 활성화 에너지보다 크다. 따라서 촉매를 사용하지 않았을 때 역반응의 활성화 에너지는 70 kJ보다 작다. 촉매 X를 사용했

을 때 활성화 에너지가 증가해야 90 kJ의 활성화 에너지가 될 수 있으므로 (라)는 촉매를 사용했을 때 정반응의 활성화 에너지이다. 이때 역반응의 활성화 에너지도 20 kJ이 증가하므로 촉매를 사용하지 않을 때 역반응의 활성화 에너지는 (가)인 40 kJ이고, (나)는 촉매를 사용했을 때 역반응의 활성화 에너지이다.

| 선택지 분석 |

㉠ $a=30$ 이다.

→ $a > 0$ 이므로 흡열 반응이고, 흡열 반응에서 '반응엔탈피 = 정반응의 활성화 에너지 - 역반응의 활성화 에너지'이므로 $70 \text{ kJ} - 40 \text{ kJ} = 30 \text{ kJ}$ 이다.

㉡ X는 부촉매이다.

→ X를 넣어 정반응의 활성화 에너지가 70 kJ에서 90 kJ이 된 것이므로 활성화 에너지가 증가하였다. 따라서 X는 부촉매이다.

✗ X를 사용하였을 때 반응 속도는 빨라진다.
느려진다

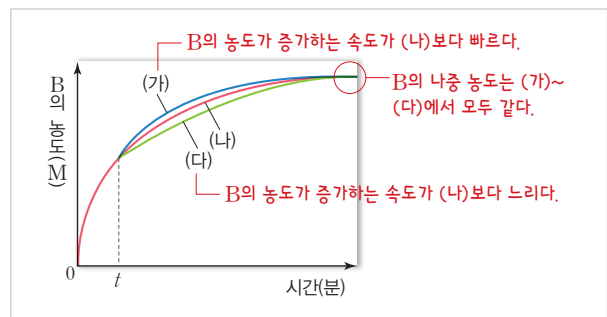
→ X는 부촉매이므로 활성화 에너지가 증가하여 반응 속도가 느려진다.

07 촉매는 활성화 에너지를 변화시키므로 반응이 일어날 수 있는 분자 수가 달라져 반응 속도가 변한다.

08 촉매 X를 넣은 (나)에서가 (가)에서보다 활성화 에너지가 작으므로 X는 정촉매이고, 촉매 Y를 넣은 (다)에서가 (가)에서보다 활성화 에너지가 크므로 Y는 부촉매이다.

채점 기준	배점
촉매의 종류, 반응 속도 비교를 옳게 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
촉매의 종류나 반응 속도 비교 중 1가지에 대해서만 옳게 서술한 경우	50 %
촉매의 종류, 반응 속도 비교만 옳게 한 경우	40 %

09 | 자료 분석 |



(가)에서는 생성물인 B의 농도가 증가하는 속도가 빠르지만 시간이 지난 후 (나)와 같아지므로 반응 속도를 빠르게 한 정촉매를 사용한 것이다. (다)에서는 생성물인 B의 농도가 증가하는 속도가 느리지만 시간이 지난 후 (나)와 같아지므로 반응 속도를 느리게 한 부촉매를 사용한 것이다.

채점 기준	배점
(가)와 (다)에서의 반응 조건을 모두 옳게 설명한 경우	100 %
(가)와 (다) 중 1가지의 반응 조건만 옳게 설명한 경우	50 %

02~ 생활 속의 촉매

꼭꼭! 개념 확인하기

269쪽

✓ 잠깐 확인

1 효소 2 기질 특이성 3 온도 4 발효 5 표면 6 유기 7 광

01 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ 02 ㉠ 단백질, ㉡ 기질 특이성
03 효소 04 (1) ㉢ (2) ㉠ (3) ㉡

01 (2) 효소는 기질 특이성이 있어서 다른 기질과는 반응하지 않고 특정 기질과만 반응한다.

02 단백질 분자로 되어 있는 효소는 특정 기질과만 반응할 수 있는 활성 자리가 존재하므로 기질 특이성을 갖는다. 이때 구멍 모양이 맞는 열쇠만이 자물쇠를 열 수 있는 것으로 효소의 기질 특이성을 비유하여 설명할 수 있다.

03 미생물이 자신이 가지고 있는 효소를 이용하여 유기물을 분해하는 과정을 발효라고 한다.

탄탄! 내신 다지기

270쪽~271쪽

01 ⑤ 02 반응이 일어나지 않는다. 03 ② 04 ① 05 ②
06 ⑤ 07 ② 08 ③ 09 표면 10 ⑤ 11 광촉매 12 ②

01 | 선택지 분석 |

- ① 최적 pH가 있다.
→ 효소는 pH의 영향을 받으므로 특정한 pH에서 반응 속도를 가장 빠르게 한다.
- ② 최적 온도가 있다.
→ 효소는 특정한 온도에서 가장 반응이 활발한 모습을 보인다.
- ③ 기질 특이성이 있다.
→ 효소는 활성 자리와 결합할 수 있는 물질과만 반응하는 기질 특이성이 있다.
- ④ 생물체 내에서 촉매 역할을 한다.
→ 효소는 생체 촉매이다.
- ⑤ 탄수화물과 지방으로 이루어져 있다.
단백질
→ 효소는 단백질로 이루어진 물질이다.

02 효소는 기질 특이성을 가지므로 기질 A와 반응한 효소는 기질 B와는 반응하지 않는다.

03 | 선택지 분석 |

- ① 효소는 최적 pH가 있다.
→ 주어진 자료는 온도에 따른 효소와 촉매의 작용을 나타낸다.

- ② 효소는 최적 온도가 있다.
→ 효소를 사용하면 최적 온도에서 반응 속도가 가장 빠르지만 온도가 달라지면 반응 속도의 변화가 있다.
- ③ 촉매는 온도가 높아지면 파괴된다.
→ 촉매는 온도가 높아질수록 반응 속도가 빨라지므로 효소와 같이 파괴되지 않고 반응 속도를 빠르게 하는 역할을 한다.
- ④ 효소가 촉매보다 반응 속도를 더 빠르게 한다.
→ 최적 온도까지는 효소가 촉매보다 반응 속도를 빠르게 하지만 최적 온도가 지나면 촉매가 반응 속도를 더 빠르게 한다.
- ⑤ 효소의 작용은 온도가 높아질수록 활발해진다.
→ 효소의 작용은 온도가 높아지면 활발해지다가 최적 온도 이상이 되면 급격하게 느려진다.

04 | 선택지 분석 |

- ① 효소는 최적 pH가 있다.
→ 펩신, 카탈레이스, 아밀레이스, 트립신과 같은 소화 효소는 최적 pH가 존재한다.
- ② 효소의 반응 속도는 pH와 관계없다.
→ 효소는 최적 pH에서 반응 속도가 가장 빠르다.
- ③ 효소는 온도가 높아져도 반응할 수 있다.
→ 온도와 효소의 반응 속도 관계는 제시된 그림으로 알 수 없다. 실제로 효소는 단백질로 이루어져 있으므로 최적 온도에서 가장 반응 속도를 빠르게 한다.
- ④ 소화 효소는 pH가 커지면 반응 속도가 증가한다.
→ 소화 효소들은 모두 최적 pH를 가지고 있으므로 pH가 커지면 항상 반응 속도가 증가하는 것은 아니다.
- ⑤ 모든 효소는 같은 pH에서 반응 속도가 가장 빠르다.
→ 효소마다 최적 pH가 다르다.

05 | 선택지 분석 |

- ① 반응 후에 효소의 질량은 감소한다.
변하지 않는다.
→ 효소는 촉매 역할을 하므로 반응 후에 질량의 변화가 없다.
- ② 효소는 다양한 기질과 반응할 수 있다.
특정 기질과만
→ 효소는 특정 기질과만 반응하는 기질 특이성이 있다.
- ③ 효소는 생생물의 생성 속도를 빠르게 한다.
→ 효소는 촉매이므로 기질과 결합하여 반응 속도를 빠르게 한다.

06 | 선택지 분석 |

- ① 메주를 이용해 된장을 만든다.
→ 된장은 효소를 이용한 발효 식품이다.
- ② 우유를 이용해 치즈를 만든다.
→ 치즈는 효소를 이용한 발효 식품이다.
- ③ 맥주 보리를 이용해 맥주를 만든다.
→ 맥주 보리의 발효 과정을 통해 맥주가 만들어진다.
- ④ 새우와 소금을 섞어 새우젓을 만든다.
→ 새우젓은 효소를 이용한 발효 식품이다.
- ⑤ 산화 철을 이용해 암모니아를 합성한다.
→ 산화 철을 이용해 암모니아를 합성하는 것은 고체 상태의 표면 촉매를 이용하는 반응이다.

07 | 선택지 분석 |

- ㄱ 반응 속도는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.
 → 과산화 수소가 분해되어 농도가 낮아지는 속도가 (나) > (가)이므로 반응 속도는 (나) > (가)이다.
- ㄴ 활성화 에너지는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.
 → 반응 속도는 (나) > (가)이므로 활성화 에너지는 (가) > (나)이다.
- ✕ 반응엔탈피 (ΔH)는 (나)에서가 (가)에서보다 크다.
 (가)에서와 (나)에서 같다.
 → 촉매를 사용해도 반응엔탈피는 변하지 않으므로 반응엔탈피는 (가) = (나)이다.

08 | 선택지 분석 |

- ① 대부분 고체 상태의 촉매이다.
 → 표면 촉매는 대부분 금속이 포함된 고체 상태의 촉매이다.
- ② 반응이 촉매의 표면에서 일어난다.
 → 반응물이 표면에 흡착하면서 반응 속도가 빨라지게 한다.
- ✓ 특정 물질에만 반응하는 성질을 갖는다.
 → 표면 촉매는 기질 특이성을 가지지 않으므로 다양한 화학 반응에서 이용될 수 있다.
- ④ 화학 반응의 활성화 에너지를 감소시킨다.
 → 표면 촉매는 촉매이므로 반응의 활성화 에너지를 감소시켜서 반응 속도가 빨라지게 한다.
- ⑤ 촉매의 활성이 높고, 많은 폐기물이 생성될 수 있다.
 → 표면 촉매는 화학 반응이 잘 일어나게 하지만 불안정하고 부수적인 반응들에 대한 예측이 어려워 많은 폐기물이 발생할 수 있다.

09 촉매 변환기 내부에는 백금(Pt), 로듐(Rh), 팔라듐(Pd)과 같은 금속들이 들어 있고, 배기가스의 분자들이 표면에 흡착하여 반응이 잘 일어날 수 있게 해 준다.

10 | 선택지 분석 |

- ㄱ (가)는 표면 촉매이다.
 → (가)는 반응물을 표면에 부착시켜 반응 속도를 빠르게 하므로 표면 촉매이다.
- ㄴ 반응 후 C_2H_6 이 생성된다.
 → C_2H_4 이 H_2 와 반응하여 C_2H_6 이 생성된다.
- ㄷ (가)를 사용하면 활성화 에너지가 낮아진다.
 → (가)를 사용하면 활성화 에너지가 낮아져 반응 속도가 빨라진다.

11 빛에너지를 받으면 촉매 작용을 할 수 있는 물질이므로 광촉매이다.

12 | 선택지 분석 |

- ㄱ 수소 연료 전지
 → 광촉매는 물을 수소와 산소로 분해할 수 있으므로 수소 연료 전지에 활용될 수 있다.
- ㄴ 대기 오염 물질 제거 필터
 → 광촉매는 특별한 에너지 없이도 빛만으로 오염 물질을 제거할 수 있다.
- ✕ 탄화수소의 수소 첨가 반응의 촉매
 → 탄화수소의 수소 첨가 반응은 대량으로 반응이 일어나게 해야 하므로 표면 촉매를 이용한다.

도전! 실력 올리기

272쪽~273쪽

01 ① 02 ④ 03 ③ 04 ② 05 ① 06 ②

07 A, B, D

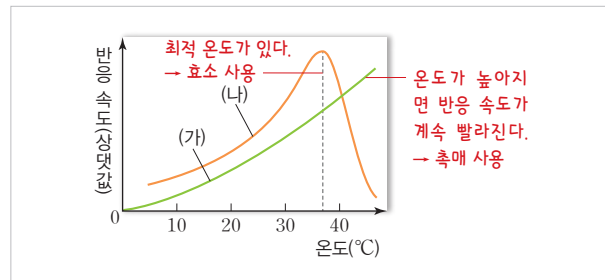
08 | 모범 답안 | 공통점: 촉매와 효소는 반응의 활성화 에너지를 낮추어 반응 속도를 빠르게 해 준다. 차이점: 촉매는 최적의 반응 조건이 존재하지 않지만 효소는 최적 pH와 최적 온도가 존재한다. 등

09 | 모범 답안 | 자물쇠를 열기 위해서는 모양이 맞는 열쇠가 필요한 것처럼 효소는 자신과 맞는 활성 자리를 가진 특정 기질과만 반응한다. (가)에서 수크레아제는 엿당과 설탕 중 설탕과만 반응하여 포도당과 과당으로 분해시킨다.

01 | 선택지 분석 |

- ㄱ 반응 속도가 빨라진다.
 → 효소는 촉매의 역할을 하므로 효소를 사용하면 활성화 에너지가 작아져 반응 속도가 빨라진다.
- ✕ 생성물의 양이 증가한다.
 증가하지 않는다.
 → 효소는 촉매의 역할을 하므로 생성물의 양은 증가하지 않는다.
- ✕ 반응엔탈피가 감소한다.
 변하지 않는다.
 → 효소는 활성화 에너지를 변화시키지만 반응엔탈피는 변화시키지 않는다.

02 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- ✕ (가)는 효소를 넣은 반응이다.
 (나)
 → 효소는 반응의 최적 온도가 있으므로 효소를 넣은 반응은 (나)이고, (가)는 촉매를 넣은 반응이다.
- ㄴ (가)에서 반응 속도 상수는 40 °C일 때가 20 °C일 때보다 크다.
 → (가)에서 반응 속도는 40 °C일 때가 20 °C일 때보다 크므로 반응 속도 상수는 40 °C일 때가 20 °C일 때보다 크다.
- ㄷ 30 °C일 때 활성화 에너지는 (가)가 (나)보다 크다.
 → 30 °C일 때 반응 속도는 (나) > (가)이므로 활성화 에너지는 (가) > (나)이다.

03 | 선택지 분석 |

- ㄱ (가)의 반응식은 $B \rightarrow C + D$ 이다.
 → A는 효소이고, 반응물은 B, 생성물은 C와 D이므로 화학 반응식은 $B \rightarrow C + D$ 이다.

㉠ (가)에서 엔탈피는 효소·기질 복합체가 가장 크다.
 → (가)에서 반응물이 활성화 에너지 크기만큼의 에너지를 흡수하여 효소·기질 복합체가 생성되어야 반응이 진행하므로 효소·기질 복합체의 엔탈피가 가장 크다.

✗ 효소 A는 기질 E의 분해 반응의 속도를 증가시킬 수 있다.
 → 효소 A는 기질 특이성을 가지므로 기질 B의 분해 반응 속도만 빠르게 하고, 기질 E의 분해 반응 속도는 빠르게 할 수 없다.

04 | 선택지 분석 |

✗ 생성물은 C_4H_6 이다.
 $C_2H_4 + H_2 \longrightarrow C_2H_6$ 이다. 따라서 반응 후 생성물은 C_2H_6 이다.

㉠ 반응은 백금(Pt) 촉매 표면에서 일어난다.
 → 반응물이 백금(Pt) 표면에 흡착되어 반응이 일어나므로 백금(Pt) 촉매는 표면 촉매이다.

✗ 반응 후 백금(Pt)의 질량은 감소한다.
 → 백금(Pt)은 촉매이므로 반응 후에 질량이 변하지 않는다.

05 | 선택지 분석 |

㉠ (가)에는 CO_2 , H_2O , N_2 이 포함된다.
 → 촉매 변환기에서는 불안정한 질소 산화물, 일산화 탄소, 탄화수소를 반응시켜 공기 중의 안정한 기체로 변환시키므로 (가)에는 CO_2 , H_2O , N_2 가 빠져나온다.

✗ 촉매 변환기 내부에는 유가 촉매를 사용하는 것이 적절하다.
 → 촉매 변환기 내부에서는 반응이 매우 빠르고 많은 양이 일어나야 하므로 금속인 표면 촉매를 사용하는 것이 적절하다.

✗ 촉매 변환기 내부에서 사용하는 촉매는 빛만으로 오염 물질을 제거할 수 있다.
 → 촉매 변환기 내부에서는 표면 촉매를 사용하며, 특별한 에너지 없이도 빛만으로 오염 물질을 제거할 수 있는 촉매는 광촉매이다.

06 | 선택지 분석 |

✗ 광촉매 전극은 빛에너지가 없어도 반응할 수 있다.
 → 광촉매 전극은 빛에너지를 이용하여 반응의 활성화 에너지를 낮추는 역할을 한다.

✗ 광촉매 전극에 백금(Pt), 로듐(Rh)이 가장 널리 이용된다.
 → 광촉매로는 이산화 타이타늄(TiO_2)이 가장 널리 이용된다.

㉠ 광촉매 전극에서 반응이 일어나면 기체 분자 수가 증가한다.
 → 광촉매 전극에서는 물이 수소와 산소로 분해되어 기체가 생성되므로 반응이 일어나면 기체 분자 수가 증가한다.

07 효소는 활성화 에너지를 낮추므로 정반응의 활성화 에너지인 A와 역반응의 활성화 에너지인 B를 감소시킨다. 그리고 B를 포함하는 D는 감소하게 된다.

08 촉매와 효소는 활성화 에너지를 감소시켜서 반응 속도를 빠르게 한다. 그리고 효소는 기질 특이성을 갖지만 촉매는 기질 특이성이 없고, 효소는 최적 pH와 최적 온도가 있다.

채점 기준	배점
공통점과 차이점을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
공통점과 차이점 중 1가지만 옳게 서술한 경우	50 %

09 (가)는 수크레이스 효소가 엿당과 설탕 중 설탕과만 반응하여 포도당과 과당으로 분해시키는 반응을 나타낸 것이고, (나)는 효소를 열쇠에, 기질을 자물쇠에 비유하여 자물쇠는 특정 모양을 가진 열쇠로만 열 수 있음을 나타낸다.

채점 기준	배점
(나)에 비유하여 (가)의 수크레이스가 설탕과만 반응함을 옳게 서술한 경우	100 %
(나)와의 비유가 적절하지만 (가)의 반응에서 설탕과의 반응을 서술하지 못한 경우	50 %

실전! 수능 도전하기

275쪽~277쪽

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

01 | 선택지 분석 |

㉠ II에서 정촉매를 사용하였다.
 → I보다 II의 활성화 에너지가 작으므로 II에서 정촉매를 사용하였다.

✗ 반응 속도 상수(k)는 I에서가 II에서보다 크다.
 → 활성화 에너지가 작은 II가 I보다 반응 속도 상수가 크다.

✗ 충분한 시간이 흐른 뒤 B의 농도는 I에서가 I에서보다 크다.
 → 정촉매를 사용하면 반응 속도가 빨라질 뿐 최종 생성물의 농도에는 변화가 없다. 따라서 충분한 시간이 흐른 뒤 B의 농도는 I과 II에서 같다.

02 | 선택지 분석 |

㉠ X는 정촉매이다.
 → X를 사용한 (나)의 활성화 에너지가 (가)보다 작으므로 X는 정촉매이다.

✗ (가)에서 역반응과 정반응의 활성화 에너지 차는 a 이다.
 → (가)는 발열 반응이므로 역반응의 활성화 에너지가 정반응의 활성화 에너지보다 크고, 그 차는 반응엔탈피의 크기와 같다.

✗ 평형 상수는 (가)에서가 (나)에서보다 같다.
 → (가)와 (나)에서 온도가 같으므로 평형 상수는 같다.

03 | 선택지 분석 |

~~X~~ $E_1 + E_2 = 60 \text{ kJ}$ 이다.

→ (나)에서 촉매가 있을 때 활성화 에너지는 60 kJ 이므로 $E_2 = 60 \text{ kJ}$ 이다. 따라서 $E_1 + E_2$ 는 60 kJ 보다 크다.

~~ㄴ~~ E_3 는 20 kJ 이다.

→ E_3 는 촉매가 없을 때와 있을 때의 활성화 에너지 차이므로 $80 \text{ kJ} - 60 \text{ kJ} = 20 \text{ kJ}$ 이다.

~~ㄷ~~ 반응 속도는 촉매가 있을 때가 없을 때보다 빠르다.

→ 촉매가 있을 때 활성화 에너지가 작아지므로 반응 속도는 빨라진다.

04 | 자료 분석 |

A의 초기 농도와 온도는 같고 정촉매 첨가 여부만 다르다.

실험	A의 초기 농도(M)	온도(K)	첨가한 정촉매
I	a	$2T$	없음
II	a	$2T$	있음
III	2a	T	없음

실험 II는 정촉매를 첨가했으므로 활성화 에너지가 감소한다.

| 선택지 분석 |

~~ㄱ~~ ΔH 는 I과 II가 같다.

→ 실험 I과 II는 온도가 같으므로 반응엔탈피(ΔH)는 같다. 정촉매는 반응엔탈피에 영향을 미치지 못한다.

~~X~~ 반응 속도 상수(k)는 III이 I보다 크다.

→ 실험 III이 I보다 온도가 낮으므로 반응 속도 상수(k)는 실험 I이 III보다 크다.

~~ㄷ~~ 활성화 에너지(E_a)는 III이 II보다 크다.

→ 실험 II에는 정촉매를 첨가했으므로 활성화 에너지가 감소한다. 따라서 활성화 에너지는 실험 III이 II보다 크다.

05 | 선택지 분석 |

~~ㄱ~~ X는 부촉매이다.

→ X를 넣었을 때 A의 농도가 감소하는 속도가 감소하였으므로 반응 속도가 느려진 것이다. 따라서 X는 부촉매이다.

~~ㄴ~~ 반응의 활성화 에너지는 t_3 일 때가 t_1 일 때보다 크다.

→ 부촉매인 X를 넣었으므로 활성화 에너지는 t_3 일 때가 부촉매를 넣기 전인 t_1 일 때보다 크다.

~~X~~ A(g)의 평균 운동 에너지는 t_3 일 때가 t_1 일 때보다 작다.

→ 온도가 같으므로 A(g)의 평균 운동 에너지는 t_1 일 때와 t_3 일 때가 같다.

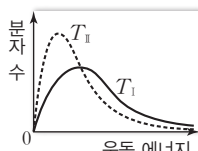
06 | 자료 분석 |

반응 조건	반응 온도	첨가한 물질	활성화 에너지	초기 반응 속도
I	T_1	없음	E_1	v_1
II	T_1	C	E_2	$2v_1$

$T_1 > T_2$

정촉매

II에서 온도가 낮아도 반응 속도가 빠르다.



평균 분자 운동 에너지:
 $T_1 > T_2$
→ 온도: $T_1 > T_2$

| 선택지 분석 |

~~ㄱ~~ $T_1 > T_2$ 이다.

→ 분자 운동 에너지 분포 곡선에서 평균 분자 운동 에너지는 T_1 에서 T_2 에서보다 크므로 온도는 $T_1 > T_2$ 이다.

~~ㄴ~~ $E_1 > E_2$ 이다.

→ II에서 온도가 T_2 로 낮지만 C를 첨가하였더니 초기 반응 속도가 $2v_1$ 로, I에서의 2배가 되었으므로 활성화 에너지의 크기는 $E_1 > E_2$ 이다.

~~ㄷ~~ II에서 C는 정촉매이다.

→ II에서 C를 넣었더니 낮은 온도인 T_2 에서 반응 속도가 더 크므로 C는 정촉매이다.

07 | 자료 분석 |

반응 시간 (분)	온도 (K)	X의 압력 (기압)	Y의 압력 (기압)
0	T_1	3.2	0
1	T_1	1.6	0.8
2	T_1	0.8	1.2
3	T_2	0.8	x



X의 압력: -1.6 기압
Y의 압력: $+0.8$ 기압

X의 압력: -0.8 기압
Y의 압력: $+0.4$ 기압

만약 $T_2 = T_1$ 이라면 3분일 때 X는 0.4 기압 감소해서 0.8 기압 $- 0.4$ 기압 $= 0.4$ 기압

Y는 0.2 기압 증가해서 $1.2 + 0.2 = 1.4$ 기압이어야 한다.

→ 온도가 $T_2 < 2T_1$ 이므로 X는 0.4 기압보다 적게 감소하고, 온도가 높아졌으므로 0.8 기압이 된 것이다.

| 선택지 분석 |

~~ㄱ~~ 표에서 x는 1.2 보다 크다.

→ 3분일 때 온도 T_2 가 T_1 보다 크므로 온도가 증가하여 기체의 압력은 증가해야 한다. 따라서 $x > 1.2$ 이다.

~~ㄴ~~ 넣어 준 촉매는 부촉매이다.

→ 3분 후에 온도가 높아졌지만 X의 압력이 2분 후와 같은 것으로 보아 넣어 준 촉매는 반응 속도를 느리게 하는 부촉매이다.

~~ㄷ~~ 평균 반응 속도는 0~1분에서가 2~3분에서의 4배보다 크다.

→ 0~1분에서 X의 압력이 1.6 기압 감소하였으므로 2~3분에서는 온도가 T_1 이라면 X의 압력은 0.4 기압 감소하여 평균 반응 속도는 0~1분에서가 2~3분에서의 4배이어야 한다. 그러나 3분일 때 온도 T_2 는 $2T_1$ 보다 작으므로 X의 압력이 감소하는 정도는 T_1 일 때 0.4 기압이 감소하는 것보다 작아야 한다. 따라서 0~1분에서의 반응 속도는 2~3분에서의 반응 속도의 4배보다 크다.

08 | 선택지 분석 |

~~ㄱ~~ $k_3 > k_1$ 이다.

→ A의 농도가 감소하는 속도는 (다) > (가)이므로 $k_3 > k_1$ 이다.

~~X~~ D(g)는 정촉매이다.

→ (나)에서 D(g)는 반응 전에는 존재하지만 반응 후에는 사라지므로 반응물이다.

~~X~~ 반응엔탈피는 (다)에서가 (가)에서보다 크다.

→ (가)와 (다)의 반응물과 생성물은 같고, 온도가 같으므로 반응엔탈피는 (가)와 (다)에서 같다.

09 | 선택지 분석 |

- X** 반응의 활성화 에너지는 I에서가 II에서보다 크다.
I과 II에서 같다.
⇒ 실험 I과 II에서 온도는 다르지만 모두 촉매를 첨가하지 않았으므로 반응의 활성화 에너지는 서로 같다.
- X** II에서 0~50초의 $-\frac{\Delta[\text{H}_2\text{O}_2]}{\Delta t} = \frac{4n}{8n}$ 몰/L·초이다.
⇒ II에서 0~50초 동안 생성된 O₂의 양은 5n몰이고, 수용액의 부피는 0.025 L이므로 $\frac{\Delta[\text{H}_2\text{O}_2]}{\Delta t} = \frac{0.025}{50} = 4n$ (몰/L·초)이다. 이때 화학 반응식이 $2\text{H}_2\text{O}_2(aq) \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}(l) + \text{O}_2(g)$ 로 반응 계수비가 H₂O₂ : O₂ = 2 : 1이므로 0~50초의 $-\frac{\Delta[\text{H}_2\text{O}_2]}{\Delta t} = 8n$ 몰/L·초이다.
- ㉠** III에서 MnO₂(s)는 정촉매이다.
⇒ I과 III을 비교하면 다른 조건은 같고, MnO₂(s)를 넣은 III에서 O₂의 초기 생성량이 더 크므로 MnO₂(s)는 반응 속도를 빠르게 하는 정촉매이다.

10 | 선택지 분석 |

- ㉠** X는 표면 촉매이다.
⇒ X는 표면에 반응물을 부착시켜 반응 속도를 빠르게 하는 표면 촉매이다.
- X** X의 질량은 반응 후가 반응 전보다 크다.
반응 전과 후에 같다.
⇒ X는 촉매로, 반응에 참여하지만 자신은 변하지 않으므로 반응 전과 후에 질량 변화가 없다.
- ㉠** 화학 반응식은 $\text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g) \longrightarrow 2\text{NH}_3(g)$ 이다.
⇒ 반응물은 N₂, H₂이고, 생성물은 NH₃이므로 화학 반응식은 $\text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g) \longrightarrow 2\text{NH}_3(g)$ 이다.

11 | 선택지 분석 |

- ㉠** (가)로는 N₂, CO₂, H₂O이 적절하다.
⇒ 촉매 변환기 내부에서는 공기 중의 안전한 물질로의 변화가 일어난다. 따라서 (가)에는 N₂, CO₂, H₂O이 적절하다.
- ㉠** 촉매 변환기 내부에는 표면 촉매가 존재한다.
⇒ 촉매 변환기 내부에는 벌집무늬에 촉매들이 표면을 넓히는 방향으로 존재하고 있으므로 촉매 변환기 내부에는 표면 촉매가 존재한다.
- X** 촉매 변환기 내부에서 일어나는 반응은 실온에서도 쉽게 일어난다.
⇒ 촉매 변환기 내부에서 일어나는 반응은 실온에서 쉽게 일어나지 않지만, 촉매 변환기 내부의 촉매를 통과하면 실온에서 일어날 수 있게 된다.

12 | 선택지 분석 |

- 효소는 단백질 분자이므로 반응 속도가 최대가 되는 최적 온도가 존재한다. 따라서 최적 온도에 도달할 때까지는 반응 속도가 증가하다가 최적 온도 이상이 되면 단백질이 파괴되어 반응 속도가 급격하게 감소한다.

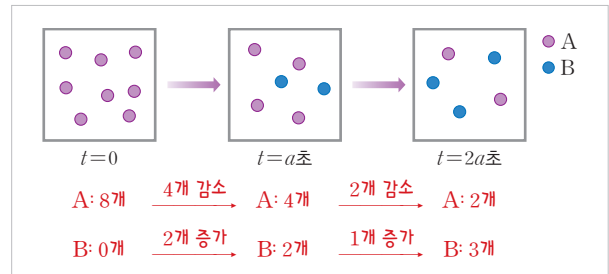
한번에 끝내는 대단원 문제

280쪽~283쪽

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

- 16 | 모범 답안** | 생성물 B의 증가 속도로 평균 반응 속도를 나타내면 P점까지는 1분 동안 B의 농도가 0.2 M 증가하였으므로 평균 반응 속도 $v = 0.2 \text{ M/분}$ 이고, Q점까지는 2분 동안 B의 농도가 0.2 M 증가하였으므로 평균 반응 속도 $v = 0.1 \text{ M/분}$ 이다. 따라서 평균 반응 속도는 P점까지가 Q점까지의 2배이다.
- 17** $v = k[\text{A}][\text{B}]$
- 18 | 모범 답안** | $k = 2 \times 10^6 \text{ M}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, 반응 속도식이 $v = k[\text{A}][\text{B}]$ 이므로 실험 I의 값을 대입하면 $18 \times 10^{-6} \text{ M/s} = k \times (6 \times 10^{-6}) \text{ M} \times (1.5 \times 10^{-6}) \text{ M}$ 이므로 $k = 2 \times 10^6 \text{ M}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 이다.
- 19 | 모범 답안** | T₂에서가 T₁에서보다 빠르다. 활성화 에너지(E_a)보다 큰 운동 에너지를 가지는 분자 수가 T₂에서가 T₁에서보다 많기 때문이다.
- 20 | 모범 답안** | E_a'일 때가 E_a일 때보다 반응 속도가 빠르다. 활성화 에너지는 E_a > E_a'이므로 활성화 에너지보다 큰 운동 에너지를 가지는 분자 수가 E_a'일 때가 E_a일 때보다 많기 때문이다.
- 21 | 모범 답안** | 표면 촉매는 촉매의 활성이 높아 널리 사용되지만, 불안정하고 부수적인 반응들에 대한 예측이 어려워 많은 양의 폐기물이 생성되는 반응을 조절하기 어려운 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 반응의 선택성이 높은 유기 촉매를 개발하여 이용할 수 있다.

01 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- X** 화학 반응식은 $\text{A}(g) \longrightarrow \text{B}(g)$ 이다.
2A(g)
⇒ A 4개가 반응하여 B 2개가 생성되므로 화학 반응식은 $2\text{A}(g) \longrightarrow \text{B}(g)$ 이다.
- ㉠** 반감기는 a초이다.
⇒ A의 농도가 반으로 줄어드는 데 걸리는 시간이 a초로 일정하므로 반감기는 a초이다.
- ㉠** 반응 속도식은 $v = k[\text{A}]$ 이다.
⇒ 반감기가 일정한 반응이므로 A의 1차 반응이다.

- 02** A의 초기 농도는 4 M, 1분 후의 농도는 2 M, 2분 후의 농도는 1 M이다. 따라서 A의 농도가 절반으로 되는 데 걸

리는 시간인 반감기가 1분으로 일정하므로 A의 1차 반응이다. 따라서 반응 속도식은 $v=k[A]$ 이다.

03 화학 반응식의 계수비는 X : Y = 2 : 1이고, 3분 동안 감소한 X의 농도가 3 M이므로 생성된 Y의 농도는 1.5 M이다.

04 | 선택지 분석 |

- ㉠ 반응 속도가 반응물의 농도에 비례한다.
 → 1차 반응의 반응 속도식은 $v=k[A]$ 이므로 반응 속도가 반응물의 농도에 비례한다.
- ㉡ 반감기가 일정하다.
 → 1차 반응은 반응물의 농도가 절반으로 줄어드는 데 걸리는 시간인 반감기가 일정하다
- ㉢ 반응 속도 상수(k)의 단위는 s^{-1} 을 사용할 수 있다.
 → 반응 속도식이 $v=k[A]$ 이므로 $k=\frac{v}{[A]}$ 이다. 따라서 k 의 단위로는 '시간⁻¹'을 사용할 수 있다.

05 | 선택지 분석 |

- ㉠ 반응 속도식은 $v=k[A]$ 이다.
 → T_1 과 T_2 에서 초기 반응 속도가 A의 농도에 비례하므로 A의 1차 반응이다.
- ㉡ $T_1 > T_2$ 이다.
 → 초기 반응 속도는 $T_1 > T_2$ 이므로 온도는 $T_1 > T_2$ 이다.
- ㉢ 반응 속도 상수(k)는 T_1 에서가 T_2 에서의 2배이다.
 → 1차 반응이고, A의 농도가 같을 때 초기 반응 속도는 T_1 에서가 T_2 에서의 2배이므로 반응 속도 상수(k)는 T_1 에서가 T_2 에서의 2배이다.

06 | 자료 분석 |

시간(분)	0	t	$2t$	$3t$	$4t$
[A]+[B]+[C](M)	8	12	14	15	x

$[A]=8M$ $[A]=4M$ $[A]=2M$ $[A]=1M$ $[A]=0.5M$
 $[B]=4M$ $[B]=6M$ $[B]=7M$ $[B]=7.5M$
 $[C]=4M$ $[C]=6M$ $[C]=7M$ $[C]=7.5M$

A 농도 $\frac{1}{2}$ A 농도 $\frac{1}{2}$ A 농도 $\frac{1}{2}$

→ 반감기: t 분 → A의 1차 반응

| 선택지 분석 |

- ㉠ 반응 속도식은 $v=k[A]$ 이다.
 → 0~3t분까지 각 t 분 동안 증가한 A~C 농도 합은 4 M, 2 M, 1 M이므로 일정 시간 동안 증가한 양이 절반으로 줄어든다. 따라서 A의 1차 반응이다.
- ㉡ t 분일 때 A의 몰 분율은 $\frac{1}{3}$ 이다.
 → t 분이 반감기이므로 t 분일 때 A~C의 농도는 모두 4 M이다. 따라서 A의 몰 분율은 $\frac{1}{3}$ 이다.

㉢ $x=15.5$ 이다.

→ 4t분일 때 [A]는 0.5 M, [B]와 [C]는 7.5 M이므로 A~C의 농도 합은 0.5 M + 7.5 M + 7.5 M = 15.5 M이다. 따라서 $x=15.5$ 이다.

07 | 선택지 분석 |

- ㉠ $x=0.8$ 이다.
 0.4
 → 반응 계수비가 A : B = 1 : 2이고, 충분한 시간이 지난 후 B의 농도가 0.8 M이므로 반응물 A의 초기 농도 x 는 0.4 M이다.
- ㉡ $T_1 > T_2$ 이다.
 → 반응 속도는 $T_1 > T_2$ 이므로 온도는 $T_1 > T_2$ 이다.
- ㉢ 반응 속도식은 $v=k[A]$ 이다.
 → T_1 에서 0.5t분마다 증가하는 B의 농도는 0.4 M, 0.2 M, 0.1 M...이므로 0.5t분마다 증가하는 B의 농도가 절반으로 줄어든다. 따라서 A의 농도도 0.5t분마다 절반으로 줄어들므로 A의 1차 반응이다.

08 | 자료 분석 |

실험	온도	A(g)의 몰 분율	
		$t=0$	$t=20$ 초
(가)	T_1	1 A 8n몰 이라고 가정	반감기 2번 $\frac{2}{5}$ A 2n몰 B 3n몰
(나)	T_2	1 A 8n몰 이라고 가정	반감기 1번 $\frac{2}{3}$ A 4n몰 B 2n몰

$2A(g) \longrightarrow B(g)$ $v=k[A]$
 1차 반응이므로
 반감기가 일정하다.

A의 몰 분율이 (가)보다
 크므로 (가)보다 반응이
 적게 진행된 것이다.

| 선택지 분석 |

- ㉠ (가)에서 반감기는 10초이다.
 → A의 1차 반응이므로 반감기가 일정한 반응이다. (가)에서 20초 일 때 A의 몰 분율이 $\frac{2}{5}$ 이므로 A의 초기 몰수를 8n몰이라고 하면 반감기가 2번 진행하여 A의 몰수는 2n몰, B의 몰수는 3n몰인 것이다. 따라서 반감기는 10초이다.
- ㉡ $T_1 > T_2$ 이다.
 → (나)에서 A의 초기 몰수를 8n몰이라고 하면 반감기가 1번 진행하여 A의 몰수는 4n, B의 몰수는 2n몰인 것이다. 따라서 반감기는 20초이다. 즉, (가)에서 $t=20$ 초는 반감기가 2번 지난 시점이고, (나)에서 $t=20$ 초는 반감기가 1번 지난 시점이므로 반응 속도는 $T_1 > T_2$ 이다. 따라서 온도는 $T_1 > T_2$ 이다.
- ㉢ (나)에서 60초일 때 A의 몰 분율은 $\frac{2}{9}$ 이다.
 → (나)에서 60초는 반감기가 3번 지난 시점이므로 A의 초기 몰수를 8n몰이라고 하면 $t=60$ 초에서 A의 몰수는 n몰, B의 몰수는 3.5n몰이다. 따라서 A의 몰 분율은 $\frac{n}{n+3.5n}=\frac{2}{9}$ 이다.

09 | 선택지 분석 |

- ① 반응엔탈피(ΔH)는 음(—)의 값이다.
 양(+)
 → 생성물 Y의 엔탈피가 반응물 X보다 크므로 흡열 반응이다. 따라서 반응엔탈피는 양(+)의 값이다.

② 정반응의 활성화 에너지는 a 이다.

→ 정반응의 활성화 에너지는 $a+b$ 이다.

③ 역반응의 활성화 에너지는 b 이다.

→ 역반응의 활성화 에너지는 b 이다.

④ 부촉매를 사용하면 역반응의 활성화 에너지는 b 보다 감소한다.

→ 부촉매를 사용하면 정반응의 활성화 에너지와 역반응의 활성화 에너지가 모두 증가하므로 역반응의 활성화 에너지는 b 보다 증가한다.

⑤ 온도를 높이면 정반응의 활성화 에너지는 $(a+b)$ 보다 증가한다.

→ 온도를 높여도 활성화 에너지는 변하지 않는다.

10 | 선택지 분석 |

① 숯을 작은 조각으로 쪼개 태운다.

→ 숯을 작은 조각으로 쪼개 태우면 표면적이 증가하여 연소 반응 속도가 빨라진다.

② 알약보다 가루약의 흡수가 빠르다.

→ 가루약은 알약보다 표면적이 넓으므로 흡수가 빠르다.

③ 찬물보다 뜨거운 물에 커피가 잘 용해된다

→ 찬물보다 뜨거운 물에서 활성화 에너지보다 큰 에너지를 가진 분자 수가 증가하므로 용해되는 반응 속도가 빨라진다.

④ 강철솥은 공기 중에서보다 산소가 든 집기병에서 빠르게 연소된다.

→ 공기 중에서보다 산소가 든 집기병에서 산소의 농도가 커지므로 충돌 횟수가 증가하여 강철솥이 빠르게 연소한다. 따라서 같은 부피 속에 들어 있는 입자 수가 증가하여 반응 속도가 빨라지는 모형으로 설명하기 가장 적절하다.

⑤ 과산화 수소수에 이산화 망가니즈를 넣으면 분해가 빠르게 일어난다.

→ 과산화 수소수에 촉매인 이산화 망가니즈를 넣으면 촉매가 활성화 에너지를 낮추어 분해 속도가 빨라진다.

11 | 선택지 분석 |

㉠ 정반응은 발열 반응이다.

→ 반응물보다 생성물의 엔탈피가 작으므로 정반응은 발열 반응이다.

㉡ (나)에서 사용한 촉매는 정촉매이다.

→ (나)에서 활성화 에너지 크기가 작아졌으므로 사용한 촉매는 정촉매이다.

㉢ 반응 속도 상수는 (가)에서가 (나)에서보다 크다.

→ 활성화 에너지 크기는 (가) > (나)이므로 반응 속도 상수는 (나) > (가)이다.

12 | 선택지 분석 |

㉣ $\Delta H_1 > \Delta H_2$ 이다.

→ 두 반응의 반응물 농도와 온도는 같으므로 반응엔탈피(ΔH)는 같다.

㉤ 반응 속도 상수는 (나) > (가)이다.

→ (나)는 (가)보다 활성화 에너지가 작으므로 반응 속도 상수가 크다.

㉥ (가)에서 온도를 높이면 E_a 는 감소한다.

→ (가)에서 온도를 높이면 활성화 에너지(E_a)의 크기가 감소하는 것이 아니라 E_a 보다 큰 운동 에너지를 가지는 분자 수가 증가하여 반응 속도가 빨라진다. 따라서 E_a 는 변하지 않는다.

13 E_a 은 활성화 에너지이다.

| 선택지 분석 |

① 온도를 높인다.

→ 온도를 높여도 활성화 에너지는 변화가 없다.

② 정촉매를 사용한다.

→ 정촉매를 사용하면 반응 경로가 달라지면서 활성화 에너지가 감소한다.

③ A의 농도를 크게 한다.

→ 반응물인 A의 농도를 크게 하는 것과 활성화 에너지의 크기 변화는 관계가 없다.

④ B의 농도를 크게 한다.

→ 생성물인 B의 농도를 크게 하는 것과 활성화 에너지의 크기 변화는 관계가 없다.

⑤ 반응 용기의 부피를 줄인다.

→ 반응 용기의 부피를 줄여서 농도를 증가시켜도 활성화 에너지는 변화가 없다.

14 | 선택지 분석 |

㉦ 효소는 기질 특이성이 있다.

→ 효소는 기질 A와는 반응하지만 기질 B와는 반응하지 않으므로 기질 특이성이 있다.

㉧ 효소는 기질 A와 결합하면 반응의 활성화 에너지를 증가시킨다.

→ 효소는 기질 A와 결합하여 촉매 역할을 하고, 반응 속도를 빠르게 하므로 반응의 활성화 에너지를 낮추는 역할을 한다.

㉨ 효소는 화학 반응에서 정촉매와 같은 역할을 할 수 있다.

→ 효소는 활성화 에너지를 낮추는 역할을 하므로 정촉매와 같은 역할을 한다.

15 광전극에서는 빛에너지를 이용하여 물을 수소와 산소로 분해해야 하므로 광촉매를 사용해야 한다.

16 평균 반응 속도는 구하는 시간 동안에 변화된 물질의 농도를 나타내면 되므로 P점까지의 평균 반응 속도는 0~1분 동안 B의 농도 변화, Q점까지의 평균 반응 속도는 0~2분 동안 B의 농도 변화를 나타내면 된다.

• P점까지의 평균 반응 속도: $\frac{0.2 \text{ M} - 0}{1 \text{ 분}} = 0.2 \text{ M/분}$

• Q점까지의 평균 반응 속도: $\frac{0.2 \text{ M} - 0}{2 \text{ 분}} = 0.1 \text{ M/분}$

채점 기준	배점
P점과 Q점까지의 평균 반응 속도를 구하고, 그 값을 옮겨 비교하여 서술한 경우	100%
P점과 Q점까지의 평균 반응 속도의 크고 작음만 옮겨 비교한 경우	50%

17 반응 속도식은 실험 결과를 비교하여 얻는다. 따라서 실험 I 과 II를 비교하여 A의 반응 차수를 구하고, 실험 II와 III를 비교하여 B의 반응 차수를 구하면 된다. 즉, 실험 I 과 II를 비교하면 A의 농도가 $\frac{8}{6}$ 배일 때 초기 반응 속도도 $\frac{8}{6}$ 배이므로 A의 1차 반응이다. 실험 II와 III를 비교하면 B의 농도가 $\frac{4}{3}$ 배일 때 초기 반응 속도도 $\frac{4}{3}$ 배이므로 B의 1차 반응이다.

18 반응 속도식이 $v=k[A][B]$ 이므로 $k=\frac{v}{[A][B]}$ 를 통해 k 를 구할 수 있다. 단위는 각 요소의 단위를 통해서 구해야 한다.

채점 기준	배점
반응 속도 상수 값을 단위까지 옮겨 구하고, 실험의 값을 반응 속도식에 대입하여 구하는 과정을 옮겨 서술한 경우	100%
반응 속도 상수 값과 구하는 과정을 옮겨 서술했으나 단위가 정확하지 않은 경우	80%
반응 속도 상수 값만 단위까지 옮겨 구한 경우	50%

19 활성화 에너지(E_a)보다 큰 분자 운동 에너지를 가지는 분자 수가 많으면 반응 속도가 빠르다. T_2 에서가 T_1 에서보다 활성화 에너지(E_a)보다 큰 운동 에너지를 가지는 분자 수가 많으므로 반응 속도가 빠르다.

채점 기준	배점
반응 속도를 옮겨 비교하고, 그 까닭을 옮겨 서술한 경우	100%
반응 속도만 옮겨 비교한 경우	50%

20 활성화 에너지보다 큰 분자 운동 에너지를 가지는 분자 수가 많으면 반응 속도가 빠르다. E_a' 일 때가 E_a 일 때보다 활성화 에너지보다 큰 운동 에너지를 가지는 분자 수가 많으므로 반응 속도가 빠르다.

채점 기준	배점
반응 속도를 옮겨 비교하고, 그 까닭을 옮겨 서술한 경우	100%
반응 속도만 옮겨 비교한 경우	50%

21 표면 촉매의 단점인 반응을 조절하기 어려운 점을 보완하기 위해서 유기 촉매를 개발하여 반응 과정에 이용하려고 노력하고 있다.

채점 기준	배점
표면 촉매의 단점과 보완 방법을 모두 옮겨 서술한 경우	100%
표면 촉매의 단점만 옮겨 서술한 경우	50%



1

>>> 전기 화학의 원리와 수소 연료 전지

01~ 화학 전지의 원리

탐구POOL

290쪽

01 CuSO_4 수용액과 Zn의 반응, 구리 이온 수의 감소 때문이다. **02** 아연(Zn)

01 아연이 구리보다 반응성이 크므로 산화 환원 반응이 일어나 구리 이온이 감소하게 되어 푸른색이 없어진다.

02 금속의 반응성이 클수록 양이온이 되려는 경향이 크다.

탐구POOL

291쪽

01 산화 전극: Zn판, 환원 전극: Cu판
02 전해질로 수소 이온(H^+)을 쓰지 않았기 때문이다.

01 Zn판에서는 산화 반응이 일어나고 Cu판에서는 환원 반응이 일어난다.

02 전해질로 해당 금속 양이온이 들어 있는 수용액을 사용했기 때문이다.

꼭꼭! 개념 확인하기

292쪽

✓ 잠깐 확인!

1. 산화 2 동시성 3 이온화 경향 4 화학 전지 5 볼타 6 분극 7 다니엘

01 (1) × (2) ○ (3) × **02** ㉠ 산화, ㉡ 구리, ㉢ 환원
03 ㉠ 전해질, ㉡ 산화, ㉢ 환원 **04** (1) × (2) ○ (3) ×
05 (1) ㉢ (2) ㉠ (3) ㉡

01 (1) 수소보다 반응성이 큰 금속만 묶은 산과 반응하여 수소 기체를 발생한다.

(3) 금속은 이온화 경향이 큰 금속일수록 전자를 잃고 산화된다.

02 마그네슘은 구리보다 반응성이 커서 전자를 잃으면서 산화되고, 구리 이온은 전자를 얻으면서 환원된다.

03 전해질 수용액에 반응성이 서로 다른 두 금속을 담고 도선으로 연결하면 반응성이 큰 금속은 산화 전극이 되고, 반응성이 작은 금속은 환원 전극이 된다.

- 04 (1) 볼타 전지에서 (+)극은 환원 전극으로, 아연이 전자를 잃는 반응은 (-)극에서 일어난다.
- (3) 볼타 전지에서 아연판에서는 산화 반응이 일어나므로 질량이 감소하고, 구리판에서는 환원 반응이 일어나지만 수소 기체가 발생하므로 질량 변화가 나타나지 않는다.

탄탄! 내신 다지기

293쪽~295쪽

01 ④ 02 ② 03 ④ 04 ④ 05 ③ 06 ㉠ 산화, ㉡ 산화, ㉢ 크 07 ② 08 ① 09 $X > Z > Y$ 10 ③ 11 ㉠ 아연, ㉡ 구리, ㉢ 염다리 12 ① 13 ④ 14 ② 15 ④ 16 (1) 아연(Zn) (2) (-)극: $Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2e^-$, (+)극: $Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$

01 | 선택지 분석 |

- ① 반응성이 큰 금속일수록 산화되기 쉽다.
⇒ 반응성이 큰 금속일수록 전자를 잃고 양이온이 되기 쉽다.
- ② 금속의 이온화 경향이 클수록 반응성이 크다.
⇒ 금속의 이온화 경향이 클수록 전자를 잃기 쉽다.
- ③ 수소보다 반응성이 작은 금속은 묽은 염산과 반응하지 않는다.
⇒ 수소보다 반응성이 작은 금속을 묽은 염산에 넣으면 전자의 이동이 일어나지 않는다.
- ④ 수소보다 반응성이 큰 금속은 묽은 염산과 반응하여 수소 기체를 발생한다.
- ⑤ 마그네슘 금속을 구리 이온이 들어 있는 수용액에 넣으면 구리가 석출된다.
⇒ 마그네슘의 반응성이 구리보다 크므로 마그네슘 금속을 구리 이온이 들어 있는 수용액에 넣으면 구리가 석출되고 마그네슘은 이온이 되어 수용액 속으로 들어간다.

02 | 선택지 분석 |

- ✗ 수용액 속 양이온 수는 **증가한다**.
일정하다
⇒ Zn^{2+} 과 Cu^{2+} 의 전하가 +2로 같아 산화 환원 반응이 일어나도 수용액 속 양이온 수는 변함이 없다.
- ✗ 구리(Cu)는 전자를 잃고 산화된다.
아연(Zn)
⇒ Zn의 반응성이 Cu보다 크므로 Zn이 전자를 잃고 산화된다.
- ㉠ 금속의 반응성은 Zn이 Cu보다 크다.
⇒ Zn이 산화되고, Cu^{2+} 이 환원되므로 금속의 반응성은 Zn이 Cu보다 크다.

03 | 선택지 분석 |

- ① 마그네슘은 **환원**된다.
산화
⇒ 마그네슘은 전자를 잃으면서 산화된다.
- ② 은 이온은 전자를 **잃는다**.
얻는다
⇒ 은 이온은 전자를 얻으면서 환원된다.

- ③ 수용액 속 양이온 수는 **증가한다**.
감소
⇒ +1가의 은 이온 2개가 반응하여 +2가의 마그네슘 이온이 생성되므로 수용액 속 양이온 수는 감소한다.
- ✗ 마그네슘 표면에서 은이 석출된다.
⇒ 마그네슘 표면에서 전자를 얻은 은 이온은 환원되면서 금속으로 석출된다.
- ⑤ 금속의 반응성은 마그네슘이 은보다 **작다**.
크다
⇒ 마그네슘이 산화되고, 은 이온이 환원되므로 금속의 반응성은 마그네슘이 은보다 크다.

04 | 선택지 분석 |

- ✗ 수용액의 밀도는 **증가한다**.
감소
⇒ 화학 반응식은 다음과 같이 진행되므로 수용액의 밀도는 감소한다. $Cu + 2Ag^+ \longrightarrow Cu^{2+} + 2Ag$
- ㉡ 수용액은 푸른색으로 변한다.
⇒ 수용액 속에서 Cu^{2+} 이 생성되므로 수용액은 푸른색으로 변한다.
- ㉠ 수용액 속 양이온의 수는 감소한다.
⇒ +1가의 Ag^+ 2개가 반응하여 +2가의 Cu^{2+} 1개가 생성되므로 수용액 속 양이온 수는 감소한다.

05 | 선택지 분석 |

- ㉡ (가)에서 수용액 속 Zn^{2+} 수는 증가한다.
⇒ (가)에서 Zn은 산화되어 Zn^{2+} 이 되고, Fe^{2+} 은 환원되어 Fe로 석출된다. 따라서 수용액 속 Zn^{2+} 수는 증가한다.
- ✗ (나)에서 Cu는 전자를 **잃는다**.
아무런 변화가 나타나지 않는다
⇒ Cu보다 Fe의 반응성이 더 크므로 (나)에서 아무런 변화가 나타나지 않는다.
- ㉠ 금속의 반응성은 $Zn > Fe > Cu$ 이다.
⇒ (가)에서 Zn이 Fe보다 반응성이 크고, (나)에서 Fe이 Cu보다 반응성이 크므로 금속의 반응성은 $Zn > Fe > Cu$ 순이다.

- 06 금속은 반응성이 클수록 전자를 잃고 산화되어 양이온이 되기 쉽다. 따라서 이온화 경향이 클수록 산화되기 쉽고, 반응성이 크다.

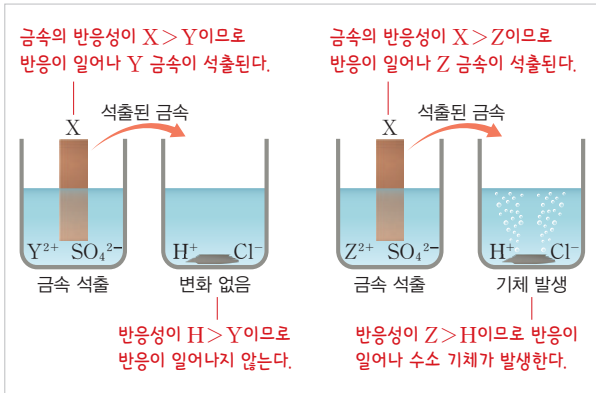
07 | 선택지 분석 |

- ✗ A는 Zn보다 반응성이 **크다**.
작다
⇒ A는 Zn^{2+} 과 반응하지 않으므로 Zn보다 반응성이 작음을 알 수 있다.
- ✗ A를 넣은 수용액에서는 양이온 수가 **증가한다**.
의 변화가 없다
⇒ A를 넣은 수용액에서는 반응이 일어나지 않아 양이온 수의 변화가 없다.
- ㉠ B를 A 이온이 들어 있는 수용액에 넣으면 B는 전자를 **잃는다**.
⇒ B는 Zn^{2+} 과 반응하므로 Zn보다 반응성이 큰 금속임을 알 수 있다. 따라서 금속 B를 A 이온이 들어 있는 수용액에 넣으면 B는 전자를 잃어 산화되고, A 이온은 환원된다.

08 | 선택지 분석 |

- ① 철(Fe) + 황산 아연(ZnSO_4) 수용액
 - Fe보다 Zn의 반응성이 크므로 반응이 일어나지 않는다.
- ② 구리(Cu) + 질산 은(AgNO_3) 수용액
 - Cu가 산화되고, Ag^+ 이 환원된다.
- ③ 아연(Zn) + 질산 니켈($\text{Ni(NO}_3)_2$) 수용액
 - Zn이 산화되고, Ni^{2+} 이 환원된다.
- ④ 마그네슘(Mg) + 질산 은(AgNO_3) 수용액
 - Mg이 산화되고, Ag^+ 이 환원된다.
- ⑤ 알루미늄(Al) + 황산 구리(II)(CuSO_4) 수용액
 - Al이 산화되고, Cu^{2+} 이 환원된다.

09 | 자료 분석 |



반응성이 큰 금속은 전자를 잃으면서 산화되어 양이온이 되고, 반응성이 작은 금속 양이온은 환원되어 금속으로 석출된다. 따라서 X가 Y보다 반응성이 크고, Y는 수소보다 반응성이 작다. 한편, X는 Z보다 반응성이 크고, Z는 수소보다 반응성이 크다. 따라서 금속의 반응성은 $X > Z > Y$ 이다.

10 | 선택지 분석 |

- ㉠ 전자의 이동 방향은 ㉠이다.
 - 전자는 산화 전극에서 환원 전극으로 이동하므로 전자의 이동 방향은 (-)극에서 (+)극으로 이동하는 ㉠이다.
- ㉡ 아연판은 산화 전극으로 작용한다.
 - 아연판은 산화 전극으로, 아연이 전자를 잃으며 양이온이 되어 수용액 속으로 녹아 들어간다.
- ㉢ 아연판의 질량은 감소하고, 구리판의 질량은 증가한다.
 - 아연판에서는 아연이 산화되어 수용액 속으로 녹아 들어가므로 아연판의 질량은 감소하지만, 구리판에서는 수소 이온이 환원되어 수소 기체가 발생하므로 구리판의 질량은 변하지 않는다.

11 다니엘 전지는 반응성이 서로 다른 두 금속을 각각 해당 금속의 양이온 수용액에 넣고 도선과 염다리로 연결한 화학 전지이다.

12 | 선택지 분석 |

- ㉠ 두 반쪽 전지의 전하 균형을 맞춘다.

→ 염다리는 두 반쪽 전지의 전해질 수용액에 양이온과 음이온을 공급하여 전하 균형을 맞춘다.

㉡ 각 반쪽 전지의 수용액 속 이온들과 반응한다.

- 반응하지 않는다

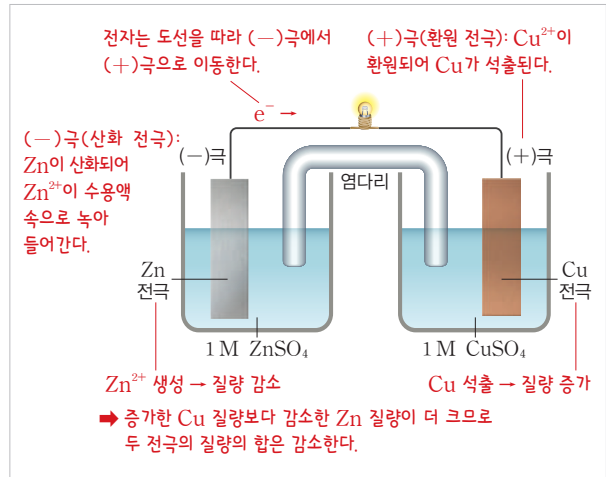
→ 염다리를 구성하는 전해질의 이온들은 반쪽 전지의 수용액 속 이온들과 반응하지 않는다.

㉢ 두 반쪽 전지의 용액 사이에 이온이 이동할 수 있게 한다.

- 은 염다리를 통해 이동하지 않는다

→ 염다리를 통해 두 반쪽 전지의 전해질 수용액을 구성하는 이온이 이동하지 않는다.

13 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

㉠ 전자는 염다리를 통해 이동한다.

- 도선을 따라

→ 전자는 도선을 따라 (-)극에서 (+)극으로 이동한다.

㉡ 두 전극의 질량의 합은 감소한다.

→ Zn판은 산화되어 질량이 감소하고, Cu판은 환원되어 Cu가 석출되므로 질량이 증가한다. 이때 Zn의 원자량이 Cu보다 크므로 두 전극의 질량의 합은 감소한다.

㉢ (-)극에서 산화 반응이 일어난다.

→ (-)극에서 Zn은 전자를 잃고 양이온이 되어 산화 반응이 일어난다.

14 | 선택지 분석 |

㉠ 전자는 A에서 B로 흐른다.

- B에서 A로

→ A가 (+)극이므로 B는 (-)극이 되어 전자는 B에서 A로 흐른다.

㉡ A에서는 수소 기체가 발생한다.

→ A는 (+)극으로 전자를 얻는 환원 반응이 일어나므로 수소 이온이 환원되어 수소 기체가 발생한다.

㉢ 금속의 반응성은 A가 B보다 크다. 작다

→ A는 환원 전극이고, B는 산화 전극이므로 금속의 반응성은 B가 A보다 크다.

15 | 선택지 분석 |

㉠ 구리판에서는 구리가 석출된다.

- 수소 기체가 발생한다

→ 구리판에서는 과일 속 수소 이온이 전자를 얻어 수소 기체가 발생하는 환원 반응이 일어난다.

- ㄱ 아연판에서는 산화 반응이 일어난다.
 ➔ 아연판에서는 아연이 전자를 잃고 아연 이온이 되는 산화 반응이 일어난다.
- ㄷ 과일 속 산은 전해질이므로 전류가 흐른다.
 ➔ 과일 속 산이 전해질로 작용하여 전류가 흐를 수 있다.

16 다니엘 전지에서 산화 전극은 Zn판이고, 환원 전극은 Cu판이다. 이때 (-)극인 Zn판에서는 전자를 잃는 반응이 일어나고, (+)극인 Cu판에서는 전자를 얻는 반응이 일어난다.

도전! 실력 올리기

296쪽~297쪽

01 ③ 02 ② 03 ② 04 ⑤ 05 ④ 06 ⑤

- 07 (1) X 이온: +1, Y 이온: +2, Z 이온: +3
 (2) | 모범 답안 | $Z > Y > X$, 금속의 반응성이 클수록 전자를 잃고 양이온이 되려는 경향이 크기 때문이다.
- 08 (1) 염다리 (2) | 모범 답안 | 묶은 황산을 사용하면 $2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$ 의 반응이 일어나 분극 현상이 발생하기 때문이다.

01 | 선택지 분석 |

- ㄱ 원자량은 B가 A보다 크다.
 ➔ 반응이 진행됨에 따라 양이온 수의 변화 없이 수용액의 밀도가 증가하므로 B의 원자량이 A보다 큼을 알 수 있다.
- ㄴ A 이온과 B 이온의 전하는 같다.
 ➔ 반응이 진행되어도 양이온 수의 변화가 없으므로 A 이온과 B 이온의 전하는 같다.
- ✕ 금속의 반응성은 A가 B보다 크다. 작다
 ➔ 금속 B를 금속 A 이온이 있는 수용액에 넣었을 때 반응이 일어나므로 금속의 반응성은 B가 A보다 크다.

02 | 선택지 분석 |

- ✕ 금속 B가 A보다 산화되기 쉽다.
 ➔ 금속 A를 B 이온이 있는 수용액에 넣거나, 금속 B를 A 이온이 있는 수용액에 넣어 반응시키지 않았으므로 금속 A와 B의 반응성 크기는 비교할 수 없다.
- ✕ 금속 이온의 전하는 A가 B보다 크다. 작다
 ➔ 반응이 진행됨에 따라 A의 경우 양이온 수가 절반으로 감소하므로 A의 전하는 C의 2배임을 알 수 있다. 한편, B의 경우 양이온 수가 절반 이하로 감소하므로 B의 전하는 C의 3배임을 알 수 있다. 따라서 금속 이온의 전하는 B가 A보다 크다.
- ㄷ 같은 양(몰)의 A와 B를 반응시킬 때 석출되는 C의 양은 B가 A보다 많다.
 ➔ 금속 A, B가 C 이온과 반응할 때의 이온 반응식은 다음과 같다. $A + 2C^+ \longrightarrow A^{2+} + 2C$, $B + 3C^+ \longrightarrow B^{3+} + 3C$, 따라서 같은 양의 A와 B를 반응시킬 때 석출되는 C의 양은 B가 A보다 많다.

03 | 선택지 분석 |

- ✕ 금속 A는 B보다 산화되기 쉽다.
 ➔ (가)에서 용액의 전체 이온 수가 감소하였으므로 금속 C와 반응한 금속 이온은 A^+ 이다. 따라서 금속의 반응성은 B가 A보다 크다. 한편 C가 산화되고, A^+ 이 환원되었으므로 C의 반응성은 A보다 크다.
- ㄴ (나)에서는 금속 B에서 금속 C가 석출된다.
 ➔ (나)에서는 한쪽 금속에서만 금속이 석출되었고 금속의 반응성은 B가 C보다 크므로 반응한 금속은 B에 해당한다. 따라서 금속 B에서 C가 석출된다.
- ✕ (나)에서 수용액 속 전체 이온 수는 증가한다.
 ➔ (나)에서 일어나는 이온 반응식은 다음과 같다.
 $2B + 3C^{2+} \longrightarrow 2B^{3+} + 3C$, 따라서 수용액 속 전체 이온 수는 감소한다.

04 | 선택지 분석 |

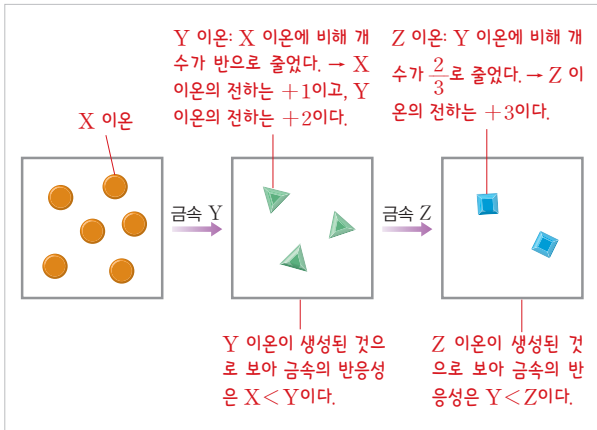
- ㄱ 산화 전극은 Cd이다.
 ➔ 금속의 반응성은 Cd이 Ag보다 크므로 (-)극인 산화 전극은 Cd이고, (+)극인 환원 전극은 Ag이다.
- ㄴ 전자는 Cd에서 Ag으로 이동한다.
 ➔ 전자는 (-)극에서 (+)극으로 이동하므로 Cd에서 Ag으로 이동한다.
- ㄷ 전기적 중성을 유지하기 위해 염다리의 칼륨 이온(K^+)은 $AgNO_3$ 수용액 쪽으로 이동한다.
 ➔ $AgNO_3$ 수용액의 Ag^+ 수가 감소하므로 염다리의 K^+ 은 $AgNO_3$ 수용액 쪽으로 이동하고, NO_3^- 은 $Cd(NO_3)_2$ 수용액 쪽으로 이동한다.

05 | 선택지 분석 |

- ✕ 수용액의 밀도가 감소한다.
 ➔ (가)와 (나)에서 수용액 속 수소 이온은 전자를 얻어 환원되고 아연은 전자를 잃어 산화된다. 이때 아연의 원자량이 수소보다 2배 이상 크므로 수용액의 밀도는 증가한다.
- ㄴ 수용액 속 Zn^{2+} 의 수는 증가한다.
 ➔ (가)와 (나)에서 모두 Zn은 전자를 잃고 산화되므로 수용액 속 Zn^{2+} 의 수는 증가한다.
- ㄷ 환원 반응은 $2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$ 이다.
 ➔ (가)와 (나)에서 수용액 속 H^+ 은 전자를 얻으며 환원된다.

06 | 선택지 분석 |

- ㄱ 산화 전극은 Cu(s)이다.
 ➔ 전자는 Cu에서 Ag으로 이동하므로 전자를 잃는 산화 전극은 (-)극인 Cu에 해당한다.
- ㄴ Ag(s)의 질량은 증가한다.
 ➔ (+)극인 Ag판에서는 Ag^+ 이 전자를 얻고 환원되어 Ag이 석출되므로 질량은 증가한다.
- ㄷ 금속의 반응성은 Cu가 Ag보다 크다.
 ➔ (-)극인 산화 전극은 Cu이고, (+)극인 환원 전극은 Ag이므로 금속의 반응성은 Cu가 Ag보다 크다.



- (1) 금속 Y를 넣었을 때 반응하는 X 이온과 생성되는 Y 이온 수의 비가 2 : 1이므로 전하는 1 : 2임을 알 수 있다. 한편, 금속 Z를 넣었을 때 반응하는 Y 이온과 생성되는 Z 이온 수의 비가 3 : 2이므로 전하는 2 : 3임을 알 수 있다.
- (2) X 이온이 들어 있는 수용액에 금속 Y를 넣으면 Y 이온이 생성되므로 반응성은 $Y > X$ 이고, Y 이온이 들어 있는 수용액에 금속 Z를 넣으면 Z 이온이 생성되므로 반응성은 $Z > Y$ 이다.

채점 기준	배점
금속의 반응성과 이온화 경향을 언급한 경우	100 %
금속의 반응성이나 이온화 경향 중 하나만 언급한 경우	50 %

- 08 (1) 다니엘 전지에서 각 반쪽 전지의 전하 균형을 맞추기 위해 염다리의 이온이 양쪽 전해질 수용액으로 이동한다.
- (2) 각 금속이 들어 있는 수용액을 전해질로 사용하면 수소 기체가 발생하지 않으므로 분극 현상도 발생하지 않는다.

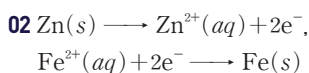
채점 기준	배점
화학 반응식을 언급하며 분극 현상을 서술한 경우	100 %
화학 반응식과 분극 현상 중 하나만 서술한 경우	50 %

02~ 실용 전지와 전지 전위

탐구POOL

302쪽

01 구리(Cu)



- 01 금속의 반응성이 가장 큰 아연이 표준 환원 전위가 가장 작고, 금속의 반응성이 가장 작은 구리가 표준 환원 전위가 가장 크다.

- 02 반응성이 큰 아연판에서는 아연이 전자를 잃으며 산화하고, 반응성이 작은 철판에서는 철 이온이 전자를 얻으며 환원된다.

꼭꼭! 개념 확인하기

303쪽

✓ 잠깐 확인!

1. 1차 2 망가니즈 3 납축 4 수소 전극 5 환원 전위(전극 전위) 6 전지 전위

01 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × 02 (1) ⊕ (2) ⊖ (3) ⊖ 03 (1) × (2) ○ (3) × 04 ⊖ 1 M, ⊖ 1기압, ⊕ 환원, ⊕ 산화

- 01 (1) 충전이 가능한 전지는 2차 전지이다.
- (4) 리튬 이온 전지는 방전과 충전 시 리튬 이온이 두 전극 사이를 이동하며 작동하게 되는데, 이때 산화 환원 반응을 하는 이온은 코발트 이온이다.
- 03 (1) 표준 수소 전극의 전위는 모든 전극 전위의 기준이므로 0.00 V이다.
- (3) 구리의 표준 환원 전위는 산화 전극을 표준 수소 전극으로, 환원 전극을 구리의 반쪽 전지로 설계하여 얻어진 전압계의 값이다.
- 04 표준 전지 전위는 환원 반응의 표준 환원 전위에서 산화 반응의 표준 환원 전위를 뺀 값으로 구하게 되며, 각 표준 환원 전위는 용액의 농도가 1 M, 기체의 압력이 1기압의 조건을 만족해야 한다.

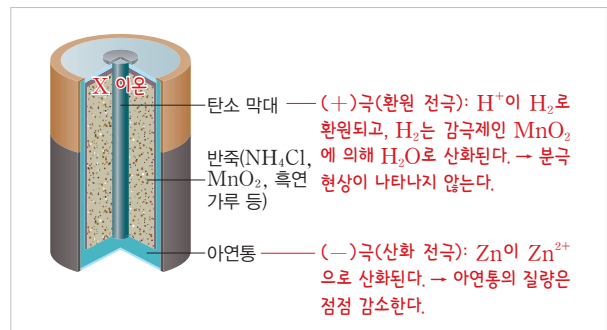
탄탄! 내신 다지기

304쪽~305쪽

01 ④ 02 ③ 03 ④ 04 ① 흑연(C), ② 리튬 이온(Li⁺) 05 ① 06 ⑤ 07 ③ 08 ④ 09 ③ 10 ③

- 01 알칼리 건전지는 망가니즈 건전지에 비해 수명이 길고 전압이 일정하게 유지되는 1차 전지이다.

02 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- ㄱ 아연통은 (-)극으로 산화 반응이 일어난다.
 ➔ 망가니즈 건전지에서 아연통은 (-)극으로 아연이 전자를 잃고 산화된다.
- ㄴ 탄소 막대는 (+)극으로 환원 반응이 일어난다.
 일어나지 않는다
 ➔ 망가니즈 건전지에서 탄소 막대는 (+)극으로 수소 이온이 전자를 얻어 수소 기체가 발생하는 환원 전극이다.
- ㄹ 수소 이온이 환원되어 분극 현상이 일어난다.
 일어나지 않는다
 ➔ 수소 이온이 환원되어도 감극제인 이산화 망가니즈에 의해 물로 산화되므로 분극 현상이 일어나지 않는다.

03 | 선택지 분석 |

- ① 1차 전지이다.
 2차
- ② 방전 시 두 전극의 질량은 감소한다.
 증가
 ➔ 방전 시 두 전극에는 황산 납(PbSO_4)이 생성되므로 두 전극의 질량은 모두 증가한다.
- ③ 방전 시 묽은 황산의 농도가 전해진다. 묽어진다
 ➔ 방전 시 (+)극과 (-)극에서 모두 황산 이온이 반응하므로 묽은 황산의 농도가 묽어진다.
- ㉔ 충전 시 (+)극에서는 PbO_2 이 생성된다.
 ➔ 충전 시에는 방전할 때의 역반응이 일어나 PbO_2 이 생성된다.

$$\text{PbSO}_4(s) + 2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{PbO}_2(s) + 4\text{H}^+(aq) + \text{SO}_4^{2-}(aq) + 2e^-$$
- ⑤ 충전 시 (-)극에서는 PbSO_4 이 생성된다.
 Pb

04 리튬 이온 전지는 리튬 이온이 (-)극과 (+)극 사이를 이동하여 작동하며, 리튬은 원자량이 가장 작은 금속이므로 다른 2차 전지에 비해 가볍다.

05 | 선택지 분석 |

- ㄱ 2차 전지의 종류가 다양하게 발전하였다.
 ➔ 니켈 카드뮴 전지, 리튬 이온 전지, 리튬 고분자 전지는 모두 2차 전지이다.
- ㄴ 전지의 크기가 소형에서 대형화로 발전하였다.
 대형에서 소형화로
- ㄹ 전지의 발달로 휴대용 전자 기기의 개발이 감소하였다.
 증가

06 | 선택지 분석 |

- ① 표준 수소 전극의 전위는 0.00 V이다.
 ➔ 표준 수소 전극은 반쪽 전지의 전위를 정하는 기준으로 전극 전위는 0.00 V이다.
- ② 표준 환원 전위가 클수록 금속의 반응성은 작다.
 ➔ 표준 환원 전위가 클수록 환원되기 쉬우므로 금속의 반응성은 작다.
- ③ 전지에서 표준 환원 전위가 큰 전극이 (+)극이 된다.
 ➔ 표준 환원 전위가 큰 전극에서 환원 반응이 일어나기 쉬우므로 (+)극이 된다.
- ④ 표준 전지 전위는 두 전극의 표준 환원 전위 차이가 클수록 크다.

➔ 표준 전지 전위는 표준 상태에서 두 반쪽 전지의 전극 전위차를 나타낸 값이다.

- ㉔ 표준 전지 전위는 산화 전극의 표준 환원 전위에서 환원 전극의 표준 환원 전위를 뺀 값이다.

07 | 선택지 분석 |

- ㄱ 금속의 반응성은 Al이 Cr보다 크다.
 ➔ 표준 환원 전위가 작을수록 금속의 반응성이 크므로 금속의 반응성은 Al이 Cr보다 크다.
- ㄴ Cr과 Cu로 구성된 전지의 표준 전지 전위는 +1.20 V보다 크다. 작다
 ➔ Cr과 Cu의 표준 환원 전위 차이가 +1.08 V이므로 표준 전지 전위는 +1.20 V보다 작다.

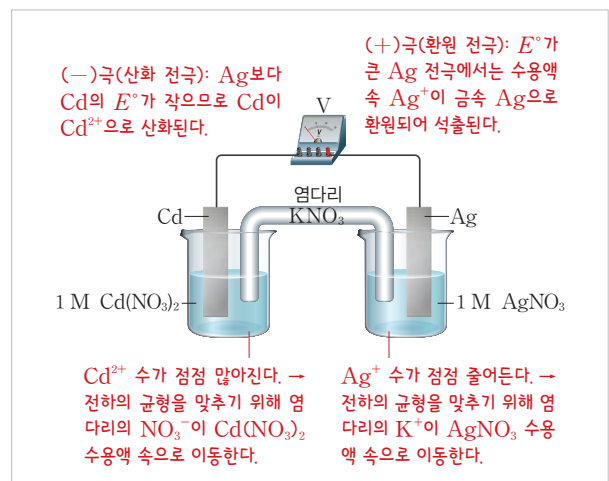
$$E^\circ_{\text{전지}} = E^\circ_{\text{큰 값}} - E^\circ_{\text{작은 값}} = +0.34 \text{ V} - (-0.74 \text{ V}) = +1.08 \text{ V}$$
- ㉔ Al과 Au로 구성된 화학 전지의 표준 전지 전위가 가장 크다.
 ➔ 표준 전지 전위가 가장 큰 금속의 조합은 표준 환원 전위의 차이가 가장 큰 금속에 해당하므로 Al과 Au로 이루어진 화학 전지에서 가장 크게 나타난다.

08 | 선택지 분석 |

- ㄴ (+)극에서는 pH가 감소한다. 변하지 않는다
 ➔ (-)극에서는 $\text{Fe}(s) \longrightarrow \text{Fe}^{2+}(aq) + 2e^-$ 의 반응이 일어나고, (+)극에서는 $\text{Fe}^{3+}(aq) + e^- \longrightarrow \text{Fe}^{2+}(aq)$ 의 반응이 일어나므로 반응이 진행되어도 pH는 변하지 않는다.
- ㉔ 표준 전지 전위($E^\circ_{\text{전지}}$)는 +1.22 V이다.
 ➔ 이 반응의 표준 전지 전위는 환원 전극의 표준 환원 전위에서 산화 전극의 표준 환원 전위를 뺀 값이므로

$$+0.77 \text{ V} - (-0.45 \text{ V}) = +1.22 \text{ V}$$
이다.
- ㉔ (-)극과 (+)극에서는 모두 수용액 속 Fe^{2+} 의 수가 증가한다.
 ➔ (-)극에서는 Fe이 산화되어 Fe^{2+} 이 생성되고, (+)극에서는 Fe^{3+} 이 환원되어 Fe^{2+} 이 생성된다.

09 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

㉠ 산화 전극은 카드뮴(Cd)이다.

⇒ 표준 환원 전위가 작은 Cd이 산화 전극이다.

✗ 표준 전지 전위는 +2.00 V이다.

⇒ 이 전지의 표준 전지 전위는 $E^\circ_{\text{전지}} = E^\circ_{\text{환원 전극}} - E^\circ_{\text{산화 전극}} = +0.80 \text{ V} - (-0.40 \text{ V}) = +1.20 \text{ V}$ 이다.

㉡ 전기적 중성을 유지하기 위해 염다리의 K^+ 은 AgNO_3 수용액 쪽으로 이동한다.

⇒ 반응이 진행되면 산화 전극인 (-)극에는 양이온이 증가하게 되고, 환원 전극인 (+)극에는 양이온이 감소하게 되므로 양쪽 반쪽 전지의 전기적 중성을 유지하기 위해 염다리를 구성하는 전해질의 이온이 이동한다.

10 | 선택지 분석 |

㉠ $\text{A}^{2+}(\text{aq}) + \text{B}(\text{s}) \longrightarrow \text{A}(\text{s}) + \text{B}^{2+}(\text{aq})$

⇒ 이 반응의 $E^\circ_{\text{전지}} = +0.34 \text{ V} - (-0.45 \text{ V}) = +0.79 \text{ V}$ 이다. $E^\circ_{\text{전지}} > 0$ 이므로 이 반응은 자발적으로 일어난다.

✗ $\text{C}^{2+}(\text{aq}) + \text{B}(\text{s}) \longrightarrow \text{C}(\text{s}) + \text{B}^{2+}(\text{aq})$

⇒ 이 반응의 $E^\circ_{\text{전지}} = -0.76 \text{ V} - (-0.45 \text{ V}) = -0.31 \text{ V}$ 이다. $E^\circ_{\text{전지}} < 0$ 이므로 이 반응은 자발적으로 일어나지 않는다.

㉡ $\text{A}^{2+}(\text{aq}) + \text{C}(\text{s}) \longrightarrow \text{A}(\text{s}) + \text{C}^{2+}(\text{aq})$

⇒ 이 반응의 $E^\circ_{\text{전지}} = +0.34 \text{ V} - (-0.76 \text{ V}) = +1.10 \text{ V}$ 이다. $E^\circ_{\text{전지}} > 0$ 이므로 이 반응은 자발적으로 일어난다.

도전! 실력 올리기

306쪽~307쪽

01 ③ 02 ③ 03 ⑤ 04 ② 05 ③ 06 ①

07 (1) $(b-a) \text{ V}$ (2) **모범 답안** | $a < b$, 금속의 반응성이 클수록 표준 환원 전위가 작으므로 산화 반응이 일어나는 A의 표준 환원 전위가 환원 반응이 일어나는 B보다 작다.

08 (1) B (2) **모범 답안** | A와 C의 표준 환원 전위의 차이가 가장 크므로 산화 전극은 A, 환원 전극은 C로 조합한 전지가 가장 큰 표준 전지 전위를 갖는다.

01 | 선택지 분석 |

㉠ Pb판은 산화 전극으로 작용한다.

⇒ 납축전지에서 (-)극인 Pb판이 산화 전극에 해당한다.

㉡ 방전 시 두 전극의 질량은 모두 증가한다.

⇒ 방전 시 두 전극에서는 모두 황산 납(PbSO_4)이 생성되므로 두 전극의 질량은 모두 증가한다.

✗ 방전 시 수용액 속 묽은 황산의 농도는 증가한다.

⇒ 방전 시 황산 이온이 각 전극에서 반응하게 되므로 수용액 속 묽은 황산의 농도는 감소한다.

02 | 선택지 분석 |

㉠ 2차 전지이다.

⇒ 리튬 이온 전지는 2차 전지로 가볍고 단위 질량당 에너지 저장 능력이 우수하다.

✗ 리튬 이온은 충전이 일어날 때에만 이동한다.

⇒ 리튬 이온은 방전과 충전 시 (-)극과 (+)극 사이를 이동 한다.

㉡ 유기 용매 대신 고분자 상태의 전해질을 사용할 수 있다.

⇒ 유기 용매 대신 고분자 상태의 전해질을 사용한 리튬-고분자 전지가 있다.

03 | 선택지 분석 |

㉠ 표준 환원 전위(E°)가 가장 큰 금속은 C이다.

⇒ 표준 환원 전위가 작은 금속이 (-)극, 큰 금속이 (+)극이므로 표준 환원 전위는 $A < B$, $A < C$ 이다. 전지 전위가 클수록 표준 환원 전위의 차이가 큰 것이므로 표준 환원 전위는 $A < B < C$ 이다.

㉡ B와 C를 연결한 화학 전지에서 산화 전극은 B이다.

⇒ 표준 환원 전위가 $B < C$ 이므로 B와 C를 연결한 화학 전지에서 산화 전극은 표준 환원 전위가 더 작은 B이다.

㉢ A와 C를 연결한 화학 전지에서 금속판 A의 질량은 감소한다.

⇒ 표준 환원 전위가 $A < C$ 이므로 A와 C를 연결한 화학 전지에서 A는 산화 전극이다. 산화 전극에서 A는 A 이온으로 산화되어 수용액 속으로 녹아 들어가므로 금속판의 질량은 감소한다.

04 | 선택지 분석 |

✗ 금속의 반응성이 가장 큰 금속은 A이다.

⇒ 표준 환원 전위가 작을수록 금속의 반응성이 크므로 금속의 반응성이 가장 큰 금속은 B이다.

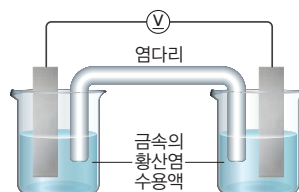
㉠ $\text{A}^{2+} + 2\text{C} \longrightarrow \text{A} + 2\text{C}^+$ 반응의 표준 전지 전위($E^\circ_{\text{전지}}$)는 +1.32 V이다.

⇒ 표준 전지 전위는 환원 전극의 표준 환원 전위에서 산화 전극의 표준 환원 전위를 뺀 값이므로 $+1.18 \text{ V} - (-0.14 \text{ V}) = +1.32 \text{ V}$ 이다.

✗ $\text{B}^{2+} + 2\text{C} \longrightarrow \text{B} + 2\text{C}^+$ 의 반응은 자발적으로 일어난다.

⇒ 이 반응의 $E^\circ_{\text{전지}} = E^\circ_{\text{B}} - E^\circ_{\text{C}} = -0.76 \text{ V} - (-0.14 \text{ V}) = -0.62 \text{ V}$ 이다. $E^\circ_{\text{전지}} < 0$ 이므로 자발적으로 일어나지 않는다.

05 | 자료 분석 |



화학 전지	전극
I	A, Pb
II	B, Zn

[화학 전지 I]

- 전극 A, Pb 중 표준 환원 전위가 큰 A는 환원 전극인 (+)극이고, 표준 환원 전위가 작은 Pb는 산화 전극인 (-)극이다.
- (-)극: Pb이 산화되어 Pb^{2+} 이 된다. ⇒ 질량 감소
- (+)극: A 이온이 환원되어 금속 A로 석출된다. ⇒ 질량 증가

[화학 전지 II]

- 전극 B, Zn 중 표준 환원 전위가 큰 B는 환원 전극인 (+)극이고, 표준 환원 전위가 작은 Zn은 산화 전극인 (-)극이다.
- (-)극: Zn이 산화되어 Zn^{2+} 이 된다. ⇒ 질량 감소
- (+)극: B 이온이 환원되어 금속 B로 석출된다. ⇒ 질량 증가

| 선택지 분석 |

- ㄱ 화학 전지 I 에서 산화 전극은 Pb이다.
 → 표준 환원 전위가 A가 Pb보다 크므로 화학 전지 I 에서 A는 환원 전극이고, Pb는 산화 전극이다.
- ㄴ 화학 전지 II 에서 질량이 증가하는 금속은 B이다.
 → 표준 환원 전위가 B가 Zn보다 크므로 화학 전지 II 에서 B는 환원 전극이고, Zn은 산화 전극이다. 즉, B 이온이 금속 B로 석출되므로 금속판 B에서 질량이 증가한다.
- ✕ 화학 전지 I 의 표준 전지 전위($E^\circ_{\text{전지}}$)는 A와 B로 구성된 화학 전지보다 **크다**.
 작다.
 → 표준 환원 전위가 $A > Pb > B$ 이므로 표준 환원 전지의 차이, 즉 표준 전지 전위는 A와 B로 구성된 전지가 화학 전지 I 보다 더 크다.

06 | 선택지 분석 |

- ㄱ 표준 전지 전위는 +1.53 V이다.
 → 산화 전극은 Zn판이고, 환원 전극은 Pt판으로 (-)극에서는 Zn이 전자를 잃어 산화되고, (+)극에서는 표준 환원 전위가 큰 Fe^{3+} 이 전자를 얻어 Fe^{2+} 으로 환원된다. 따라서 표준 전지 전위는 $+0.77 \text{ V} - (-0.76 \text{ V}) = +1.53 \text{ V}$ 이다.
- ✕ (+)극에서 환원되는 이온은 Fe^{2+} 이다.
 Fe^{3+}
 → (+)극에서 환원되는 이온은 표준 환원 전위가 큰 Fe^{3+} 이다.
- ✕ 전자는 Pt 전극에서 Zn 전극으로 이동한다.
 Zn Pt
 → 전자는 산화 반응이 일어나는 Zn 전극에서 환원 반응이 일어나는 Pt 전극으로 이동한다.

- 07 (1) 전자가 A에서 B로 흐르므로 A가 (-)극(산화 전극), B가 (+)극(환원 전극)이다. 표준 전지 전위는 환원 전극의 표준 환원 전위에서 산화 전극의 표준 환원 전위를 뺀 값이다.
- (2) 표준 환원 전위가 큰 쪽에서 환원 반응이 일어나고, 작은 쪽에서 산화 반응이 일어난다.

채점 기준	배점
표준 환원 전위의 크기 비교를 금속의 반응성을 언급하여 옳게 서술한 경우	100%
표준 환원 전위의 크기만 옳게 비교한 경우	30%

- 08 (1) 표준 환원 전위가 큰 쪽이 (+)극(환원 전극)이다.
- (2) 표준 전지 전위는 환원 전극의 표준 환원 전위에서 산화 전극의 표준 환원 전위를 뺀 값이다.

채점 기준	배점
표준 환원 전위의 차이가 큰 두 금속을 산화 전극과 환원 전극을 언급하여 옳게 서술한 경우	100%
표준 환원 전위의 차이가 큰 두 금속만 옳게 비교한 경우	40%

03 전기 분해의 원리

탐구POOL

313쪽

01 수산화 이온(OH^-) 02 증가

- 01 NaCl 수용액의 (-)극에서 물의 환원 반응에 의해 OH^- 이 생성되어 액성이 염기성이 되므로 BTB 용액의 색이 파란색으로 변한다.
- 02 CuSO_4 수용액의 경우 (-)극에서 구리가 석출되므로 탄소 막대의 질량이 증가한다. 반면 NaCl 수용액의 경우 (-)극에서 물의 환원 반응에 의해 수소 기체가 발생하므로 질량 변화가 없다.

꼭꼭! 개념 확인하기

314쪽

✓ 잠깐 확인

1. 전기 분해 2 용융액 3 물, 산화 4 전기 도금 5 제련
6 수소 연료 전지

01 (1) × (2) × (3) ○ (4) × 02 (1) ⊕ (2) ⊖ (3) ⊖

03 (1) × (2) ○ (3) × 04 ⊖ 수소 이온, ⊖ 전자, ⊖ 산소, ⊖ 물

- 01 (2) 전해질 용융액을 전기 분해하면 (+)극에서는 전해질의 음이온이 전자를 잃고 산화된다.
- (4) 전해질 수용액을 전기 분해하면 (-)극에서는 물 분자와 금속 양이온 중 환원되기 쉬운 화학종이 전자를 얻어 환원된다.
- 03 (1) 전기 도금 시 (+)극에는 물체의 표면에 입히려는 금속을, (-)극에는 도금할 물체를 연결한다.
- (3) 전기 도금 시 반응이 일어나는 동안 금속 양이온의 수가 일정하지만, 금속의 제련 과정에서는 전해질을 구성하는 금속 양이온의 종류와 수가 달라진다.
- 04 수소 연료 전지에서는 수소 기체가 전자를 내놓고 수소 이온이 되어 물에 녹아 들어가고, 산소 기체는 전극으로부터 전자를 받아 주변의 수소 이온과 결합하여 물 분자가 생성된다.

탄탄! 내신 다지기

315쪽~317쪽

01 ⑤ 02 ③ 03 ① 04 ② 05 ⑤ 06 ① 07 ② 08 ③
9 ⑤ 10 ③ 11 ③ 12 ① 13 ③ 14 ⊖ 이산화 탄소, ⊖ 전기 분해, ⊖ 광합성

01 | 선택지 분석 |

- ① (－)극은 환원 전극이다.
 - ➔ 전해질 용융액에는 전해질을 구성하는 양이온과 음이온만 존재하므로 (－)극에서 양이온은 전자를 받아 환원된다.
- ② (+)극에서는 전해질의 음이온이 산화된다.
 - ➔ 전해질 용융액을 전기 분해하면 (+)극에서 전해질을 구성하는 음이온이 전자를 잃고 산화된다.
- ③ (－)극에서는 전해질의 양이온이 전자를 얻는다.
 - ➔ 전해질 용융액을 전기 분해하면 (－)극에서 전해질을 구성하는 양이온이 전자를 얻어 환원된다.
- ④ CuCl_2 용융액을 전기 분해하면 (－)극에서 구리가 석출된다.
 - ➔ CuCl_2 용융액을 전기 분해하면 (－)극에서 구리 이온이 전자를 얻고 환원되어 구리가 석출된다.
- ⓐ 반응이 진행됨에 따라 전해질 용융액의 농도가 점점 **증가한다.**
 - 감소
 - ➔ 전해질 용융액을 전기 분해하면 반응이 진행됨에 따라 전해질의 양이온과 음이온은 각각 환원과 산화되어 용융액의 농도는 점점 감소한다.

02 | 선택지 분석 |

- ㉠ (+)극에서 염소 기체가 발생한다.
 - ➔ CuCl_2 용융액은 (+)극에서 염화 이온이 전자를 잃으면서 산화되어 염소 기체가 발생한다.
- ㉡ (－)극에서 **수소 기체가 발생한다.**
 - 구리가 석출된다
 - ➔ CuCl_2 용융액은 (－)극에서 구리 이온이 전자를 얻으면서 환원되어 구리가 석출된다.
- ㉢ 전기 분해가 진행되는 동안 용융액의 총 이온 수는 감소한다.
 - ➔ 전기 분해가 진행되는 동안 용융액 속 구리 이온과 염화 이온 수는 모두 감소한다.

03 전해질을 전기 분해할 때 (－)극에서 전해질의 양이온 대신 물이 환원되면 수산화 이온(OH^-)이 생성되어 pH가 커진다. 전해질의 양이온 대신 물이 환원되는 이온은 K^+ , Na^+ , Mg^{2+} 등이다.

04 염화 나트륨 수용액을 전기 분해하면 (+)극에서는 염화 이온이 전자를 잃고 산화되면서 염소 기체가 발생한다. (－)극에서는 나트륨 이온보다 환원되기 쉬운 물이 전자를 얻어 환원되면서 수소 기체가 발생하고 OH^- 이 생성되어 pH가 커진다.

05 | 선택지 분석 |

- ㉠ (+)극에서는 염화 이온이 전자를 잃는다.

➔ 염화 구리(Ⅱ) 수용액을 전기 분해하면 (+)극에서는 염화 이온이 전자를 잃으며 산화되어 염소 기체가 발생한다.

- ㉡ (－)극의 질량은 증가한다.
 - ➔ 염화 구리(Ⅱ) 수용액을 전기 분해하면 (－)극에서는 구리 이온이 전자를 얻으며 구리가 석출되어 질량이 증가한다.
- ㉢ CuCl_2 수용액의 농도가 감소한다.
 - ➔ 염화 이온과 구리 이온이 각각 산화 환원 반응을 하므로 염화 구리(Ⅱ) 수용액의 농도는 감소한다.

06 | 선택지 분석 |

- ㉠ X_2 는 H_2 이다.
 - ➔ NaCl 수용액을 전기 분해하면 (－)극에서는 물의 환원 반응이 일어나면서 수소 기체가 발생한다.
- ㉡ 전자는 (－)극에서 (+)극으로 흐른다.
 - (+)극에서 (－)극
 - ➔ 전기 분해 과정에서 전자는 산화 전극인 (+)극에서 환원 전극인 (－)극으로 흐른다.
- ㉢ 산화 전극에서는 물이 전자를 잃는다.
 - 염화 이온
 - ➔ NaCl 수용액을 전기 분해하면 산화 전극인 (+)극에서는 염화 이온의 산화 반응이 일어나면서 염소 기체가 발생한다.

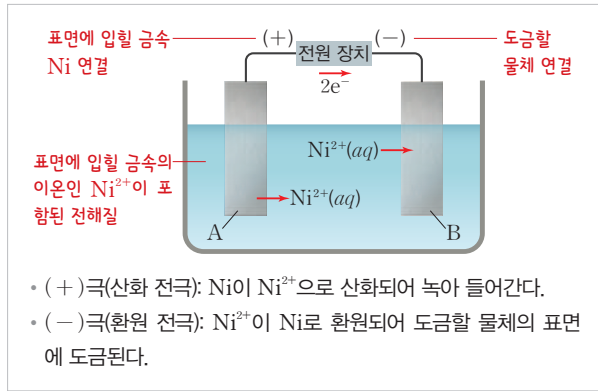
07 | 선택지 분석 |

- ㉡ 수소 기체가 발생하는 전극은 **산화 전극**이다.
 - 환원 전극
 - ➔ (+)극에서는 물의 산화 반응이 일어나 산소 기체가 발생하고, (－)극에서는 물의 환원 반응이 일어나 수소 기체가 발생한다.
- (+)극: $2\text{H}_2\text{O}(l) \longrightarrow \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^-$
- (－)극: $4\text{H}_2\text{O}(l) + 4e^- \longrightarrow 2\text{H}_2(g) + 4\text{OH}^-(aq)$
- 이때, 수소 기체가 발생하는 전극은 (－)극으로 환원 전극이다.
- ㉢ 수소 기체와 산소 기체는 2 : 1의 부피비로 생성된다.
 - ➔ 물의 전기 분해 과정을 거쳐 이동하는 전자의 몰수는 같으므로 수소와 산소 기체의 부피비는 2 : 1이다.
- ㉣ 황산 나트륨 수용액 대신 황산 구리(Ⅱ) 수용액으로 실험해도 같은 결과가 얻어진다.
 - 하면 실험 결과가 달라진다
 - ➔ 황산 나트륨 수용액 대신 황산 구리(Ⅱ) 수용액으로 실험하면 (－)극에서 수소 기체가 발생하지 않고 구리가 석출된다.

08 | 선택지 분석 |

- ㉠ 구리 열쇠는 (－)극에 연결한다.
 - ➔ 도금할 물체는 (－)극에 연결하여 환원 반응이 일어나도록 한다.
- ㉡ 은판에서는 산화 반응이 일어난다.
 - ➔ 물체 표면에 입힐 금속은 (+)극에 연결하여 산화 반응이 일어나도록 한다.
- ㉢ 전해질 수용액에는 구리 이온이 들어 있다.
 - 은 이온
 - ➔ 전해질 수용액에는 표면에 입힐 금속의 양이온인 은 이온이 들어 있다.

09 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

- ㉠ A는 Ni이다.
 ➔ (+)극에는 물체에 입힐 금속을 연결해야 하므로 A는 Ni이다.
- ㉡ B는 도금할 물체에 해당한다.
 ➔ (-)극인 B에서는 Ni^{2+} 이 전자를 얻고 환원되어야 하므로 도금할 물체를 연결한다.
- ㉢ (+)극에서는 산화 반응이, (-)극에서는 환원 반응이 일어난다.
 ➔ (+)극에서는 Ni가 전자를 잃는 산화 반응이, (-)극에서는 Ni^{2+} 이 전자를 얻는 환원 반응이 일어난다.

10 | 선택지 분석 |

- ㉠ 구리보다 반응성이 작은 금속은 찌꺼기로 얻어진다.
 ➔ 구리보다 반응성이 작은 금속은 (+)극에서 찌꺼기로 얻어진다.
- ㉡ 구리보다 반응성이 큰 불순물 금속은 구리보다 먼저 산화된다.
 ➔ 구리보다 반응성이 큰 불순물 금속은 구리보다 먼저 전자를 잃고 산화된다.
- ㉢ (-)극에서는 구리보다 반응성이 작은 금속 이온이 환원된다.
 ➔ 구리보다 반응성이 작은 금속은 이온으로 산화되지 않고 (+)극에서 찌꺼기로 얻어지며, 금속 이온으로 존재하지 않는다.

11 | 선택지 분석 |

- ㉠ 전극 A에서의 화학 반응은 $2\text{H}_2(\text{g}) \longrightarrow 4\text{H}^+(\text{aq}) + 4\text{e}^-$ 이다.
 ➔ 전극 A는 (-)극인 연료 전극으로 수소가 전자를 잃는 산화 반응이 일어난다.
- ㉡ 전극 B는 (+)극이다.
 ➔ 전극 B는 (+)극인 공기 전극으로 산소가 수소 이온과 전자를 얻는 환원 반응이 일어난다.
- ㉢ 전해질을 통해 수소 이온이 (-)극으로 이동한다.
 (+)극

12 | 선택지 분석 |

- ㉠ (+)극에서는 환원 반응이 일어난다.
 ➔ 수소 연료 전지의 (+)극에서는 산소가 수소 이온과 전자를 얻는 환원 반응이 일어난다.

㉢ 전자는 (+)극에서 (-)극으로 이동한다.
 (-)극에서 (+)극

➔ 전자는 산화 전극인 (-)극에서 환원 전극인 (+)극으로 이동한다.

㉣ 반응이 진행됨에 따라 수용액의 pH는 증가한다.
 일정하다

➔ 반응이 진행되면서 (-)극에서 생성된 수소 이온이 (+)극에서 반응하므로 수용액의 pH는 일정하다.

13 | 선택지 분석 |

- ㉠ 여러 번 충전하여 사용할 수 있다.
 할 필요가 없다
 ➔ 충전할 필요 없이 수소 연료가 공급되는 한 전기를 계속 생산할 수 있다.
- ㉡ 화석 연료에 비해 에너지 효율이 낮다.
 높다
- ㉢ 폭발 위험성이 있어 안전성 확보가 필요하다.
 ➔ 수소 자체의 폭발 위험성이 있어 안전하게 저장할 수 있는 저장 기술의 개발이 필요하다.
- ㉣ 전기 에너지를 화학 에너지로 변환하는 화학 전지이다.
 화학 에너지를 전기 에너지로
- ㉤ 최종 생성물이 수소이므로 환경오염 물질을 배출하지 않는다.

14 식물의 광합성을 모방한 물의 광분해를 통해 수소를 얻는 방법은 환경오염 없이 미래의 에너지 문제를 해결할 수 있다.

도전! 실력 올리기

318쪽~319쪽

01 ② 02 ② 03 ③ 04 ① 05 ⑤ 06 ③

07 | 모범 답안 | (가) M, (나) H_2 , (가)는 용융액이므로 M^+ 이 전자를 얻어 환원되지만, (나)는 수용액이므로 H_2O 과 M^+ 중 표준 환원 전위가 더 큰 H_2O 이 환원되어 H_2 기체가 발생한다.

08 (1) 은(Ag) (2) | 모범 답안 | 반응이 진행됨에 따라 (+)극에서 Fe이 이온으로 산화될 때 (-)극에서는 Cu^{2+} 이 환원되므로 Cu^{2+} 의 수는 반응 초기보다 감소한다.

01 | 선택지 분석 |

- ㉠ (가)에서는 H_2 가 발생한다.
 금속 A가 석출된다
 ➔ AlCl_3 수용액을 전기 분해했을 때 (-)극의 pH 변화가 일정하므로 (가)에서는 금속 A가 석출된다.
- ㉡ (나)에서는 B가 석출된다.
 O_2 가 발생한다
 ➔ BSO_4 수용액을 전기 분해했을 때 (+)극의 pH 변화가 감소하므로 물의 산화 반응에 의해 H^+ 이 생성됨을 알 수 있다. 따라서 (나)에서는 O_2 가 발생한다.
- ㉢ (다)에서는 pH가 증가한다.
 ➔ BSO_4 수용액을 전기 분해했을 때 (-)극에서 H_2 가 발생하므로 물의 환원 반응에 의해 OH^- 이 생성됨을 알 수 있다. 따라서 (다)에서는 pH가 증가한다.

02 | 선택지 분석 |

㉠ (+)극에서 생성되는 물질

→ (가)의 (+)극에서는 H_2O 의 산화 반응에 의해 O_2 기체가 발생하고, (나)의 (+)극에서는 Cl^- 의 산화 반응에 의해 Cl_2 기체가 발생한다.

㉠ (-)극에서 생성되는 물질

→ (가)와 (나)의 (-)극에서는 Cu^{2+} 의 환원 반응에 의해 모두 Cu가 석출된다.

✗ (-)극에서 생성되는 양이온의 종류

→ (가)와 (나)의 (-)극에서는 Cu^{2+} 이 환원되므로 양이온이 생성되지 않는다.

03 | 선택지 분석 |

㉡ (가)의 (+)극 주변 용액의 pH는 감소한다.

→ (가)의 (+)극에서는 물의 산화 반응에 의해 수소 이온이 생성되므로 (+)극 주변 용액의 pH는 감소한다.

㉢ (나)의 (-)극에서 생성되는 물질의 양은 1몰이다.

→ (나)의 (+)극에서 염소 기체 1몰이 생성될 때, (-)극에서 구리 금속 1몰이 생성된다.

✗ (가)와 (나)의 (+)극에서 생성되는 기체의 종류는 같다.

→ (가)의 (+)극에서는 산소 기체가, (나)의 (+)극에서는 염소 기체가 발생한다.

04 | 선택지 분석 |

㉣ 전극 A에서는 O_2 기체가 발생한다.

→ (가)에서 XSO_4 수용액을 전기 분해하면 A인 (+)극에서는 H_2O 의 산화 반응이 일어나 O_2 기체가 발생하고, B인 (-)극에서는 X가 석출된다.

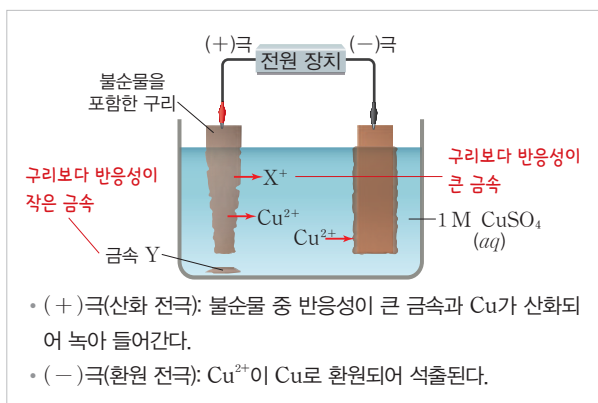
✗ 전극 C에서는 Y가 석출된다.

→ (나)에서 YCl 수용액을 전기 분해하면 C인 (+)극에서는 Cl^- 의 산화 반응이 일어나 Cl_2 기체가 발생하고, D인 (-)극에서는 H_2O 의 환원 반응이 일어나 H_2 기체가 발생한다.

✗ 금속의 반응성은 X가 Y보다 크다.

→ (가)의 B에서 X 이온이 환원되어 금속 X가 석출되므로 반응성은 $X < H_2O$ 이고, (나)의 D에서 H_2O 이 환원되어 H_2 기체가 발생하므로 반응성은 $H_2O < Y$ 이다. 즉, 금속의 반응성은 Y가 X보다 크다.

05 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

㉤ 금속의 반응성은 X가 Cu보다 크다.

→ X는 (+)극에서 이온으로 산화되지만 (-)극에서 환원되지 않고 Cu가 환원되므로 금속의 반응성은 X가 Cu보다 크다.

㉥ 금속 Y 이온이 담긴 수용액에 X를 넣으면 Y 이온이 환원된다.

→ 금속 Y는 양극 찌꺼기로 얻어지므로 Cu보다 반응성이 작음을 알 수 있다. 따라서 금속 Y 이온이 담긴 수용액에 X를 넣으면 X는 전자를 잃으며 산화되고, Y 이온은 환원된다.

㉦ 수용액 속 Cu^{2+} 의 농도는 반응 전에 비해 감소한다.

→ X가 이온이 될 때 Cu^{2+} 은 환원되므로 반응 전에 비해 수용액 속 Cu^{2+} 의 농도는 감소한다.

06 | 선택지 분석 |

㉧ A와 B는 전해질 수용액에서 2 : 1로 반응한다.

→ A는 수소 기체이고, B는 산소 기체로, 이들은 2 : 1로 반응한다.

㉨ B는 전해질을 통해 이동해 온 이온과 전자와 반응하여 C를 생성한다.

→ 산소 기체는 전해질을 통해 이동해 온 수소 이온과 전자와 (+)극에서 반응하여 물인 C를 생성한다.

✗ 생성물 C로 인해 지구 온난화의 환경 문제를 일으킨다.

→ 수소 연료 전지는 최종 생성물이 물이므로 환경오염 물질을 배출하지 않는다.

07 (나)는 수용액이므로 M^+ 과 H_2O 중 표준 환원 전위가 큰 것이 (-)극에서 환원된다.

채점 기준	배점
(가)와 (나)의 생성물이 옳고, 그 까닭을 (가)와 (나)에서 모두 정확하게 서술한 경우	100%
(가)와 (나)의 생성물이 옳고, 그 까닭을 (가) 또는 (나)만 정확하게 서술한 경우	50%
(가)와 (나)의 생성물만 옳은 경우	30%

08 (1) Cu보다 표준 환원 전위가 큰 금속은 찌꺼기로 바닥에 쌓인다.

(2) Cu보다 반응성이 큰 Fe은 (+)극에서 구리보다 먼저 이온화되지만 (-)극에서는 Cu^{2+} 이 환원된다.

채점 기준	배점
Fe의 산화 반응 시 Cu^{2+} 의 환원 반응을 언급하여 옳게 서술한 경우	100%
Cu^{2+} 수 감소만 서술한 경우	40%

실전! 수능 도전하기

321쪽~323쪽

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

01 | 선택지 분석 |

✗ (가)와 (나)에서 반응 후 용액 속 양이온 수 음이온 수 는 증가한다.

→ (가)에서 묽은 염산에 금속 A를 넣으면 A가 산화되면서 양이

온이 된다. +1가의 수소 이온 2개가 전자를 얻어 환원될 때, +2가의 A 이온 1개가 전자를 잃어 산화된다. 한편 (나)에서 질산은 수용액에 금속 A를 넣으면 A가 산화되면서 양이온이 된다. +1가의 은 이온 2개가 전자를 얻어 환원될 때, +2가의 A 이온 1개가 전자를 잃어 산화된다. 따라서 (가)와 (나)에서 반응 후 용액 속 양이온 수 음이온 수는 감소한다.

ㄷ 이온의 전하는 B가 A보다 크다.

⇒ (다)에서 금속 B를 A 이온 수용액에 넣었을 때 양이온 수가 감소하고 A 이온의 전하는 +2이므로 B 이온의 전하는 +3임을 알 수 있다. 즉, 화학 반응식은 $2B + 3A^{2+} \rightarrow 2B^{3+} + 3A$ 이다.

ㄹ (가)에서 금속 A 대신 B를 넣으면 같은 종류의 기체가 발생한다.

⇒ (다)에서 금속의 반응성은 B가 A보다 크므로 (가)에서 금속 A 대신 B를 넣어도 묽은 염산과 반응하여 수소 기체를 발생한다.

02 | 선택지 분석 |

✗ 전자는 Ag에서 Fe로 이동한다.
Fe에서 Ag으로

⇒ Fe은 전자를 잃고, Ag⁺은 전자를 얻는다. 따라서 전자는 철에서 Ag으로 이동한다.

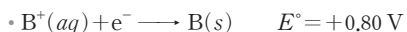
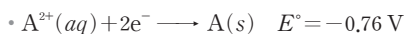
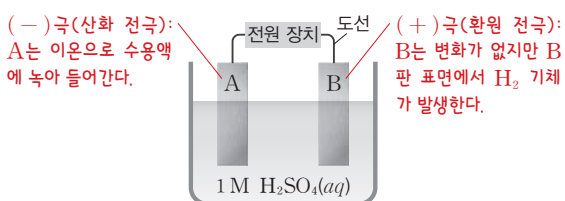
✗ 수용액 속 양이온의 수는 증가한다.
감소

⇒ 화학 반응식은 $Fe + 2Ag^+ \rightarrow Fe^{2+} + 2Ag$ 이므로 반응에 의해 양이온 수는 감소한다.

ㄷ 쇠뿔의 질량은 반응 전에 비해 반응 후 증가한다.

⇒ 원자량은 Fe보다 Ag이 크고, 반응 후 Fe²⁺ 1개가 생성될 때, Ag⁺ 2개가 환원되어 석출되므로 쇠뿔의 질량은 반응 전에 비해 반응 후 증가한다.

03 | 자료 분석 |



표준 환원 전위가 작은 금속이 (-)극이 되고, 큰 금속이 (+)극이 된다. → A는 (-)극, B는 (+)극이다.

| 선택지 분석 |

ㄱ A는 산화 전극이다.

⇒ 금속의 표준 환원 전위는 B가 A보다 크므로 A는 산화 전극이다.

✗ 표준 전지 전위($E^\circ_{\text{전지}}$)는 +1.56 V이다.
+0.76 V

⇒ 산화 전극에서는 A가 산화되고, 환원 전극에서는 수소 이온이 환원되므로 표준 전지 전위($E^\circ_{\text{전지}}$)는 +0.76 V이다.

ㄷ 전지에서 반응이 진행됨에 따라 pH는 증가한다.

⇒ 전지에서 반응이 진행됨에 따라 수소 이온이 환원되어 농도가 감소하므로 용액의 pH는 증가한다.

04 | 선택지 분석 |

ㄱ X가 A인 전지의 반응이 진행되면 $[A^+]$ 는 감소한다.

⇒ X가 A인 경우 구리가 산화 전극이 되고, A가 환원 전극이 되므로 A 이온이 환원되어 A 이온의 농도는 감소한다.

✗ X가 B인 전지의 반응이 진행되면 전자는 Cu(s)에서 B(s)로 이동한다.
B(s)에서 Cu(s)로

⇒ X가 B인 경우 Cu가 환원 전극이 되고, B가 산화 전극이 되므로 전자는 도선을 통해 B에서 Cu로 이동한다.

✗ 전지의 표준 전지 전위($E^\circ_{\text{전지}}$)는 X가 A일 때가 B일 때 보다 크다. 작다

⇒ 전지의 표준 전지 전위는 두 금속의 표준 환원 전위의 차이가 클수록 크게 나타난다. X가 A일 경우 $E^\circ_{\text{전지}}$ 는 +0.46 V이고, B일 경우 +1.10 V이다.

05 | 선택지 분석 |

ㄱ (-)극에서 Fe의 질량은 감소한다.

⇒ 산화 전극인 (-)극에서는 금속 Fe이 이온으로 녹아 들어가므로 질량은 감소한다.

✗ (+)극에서 환원되는 이온은 H⁺이다.
Fe³⁺

⇒ $Fe^{3+}(aq) + e^- \rightarrow Fe^{2+}(aq)$ 의 표준 환원 전위가 +0.77 V이므로 (+)극에서의 환원 반응은 Fe³⁺이 전자를 얻어 Fe²⁺으로 되는 반응이 일어난다.

✗ 전지의 표준 전지 전위($E^\circ_{\text{전지}}$)는 +1.98 V이다.
+1.22 V

⇒ 이 전지에서 표준 전지 전위는 $+0.77 - (-0.45) = +1.22 \text{ V}$ 이다.

06 | 선택지 분석 |

✗ $A(s) + B^{2+}(aq) \rightarrow A^{2+}(aq) + B(s)$ 반응은 자발적으로 일어난다.
일어나지 않는다

⇒ B를 표준 수소 전극에 연결했을 때 산화되는 표준 전지 전위는 +0.76 V이므로 $B^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow B(s)$ 의 반쪽 전지에 대한 표준 환원 전위는 -0.76 V이다. 따라서 금속의 반응성은 B가 A보다 크므로 이 반응은 자발적으로 일어나지 않는다.

ㄱ (가)에서 A(s)는 산화된다.

⇒ (가)에서 전자는 A에서 C로 이동하므로 A는 산화 전극에 해당한다.

✗ $B(s) + 2C^+(aq) \rightarrow B^{2+}(aq) + 2C(s)$ 반응의 $E^\circ_{\text{전지}}$ 는 +1.10 V보다 작다. 크다

⇒ (가)에서 금속의 반응성은 A가 C보다 큼을 알 수 있고, B의 표준 환원 전위가 A보다 작으므로 표준 환원 전위는 $B < A < C$ 순이다. 한편, 25 °C에서 $B(s) + A^{2+}(aq) \rightarrow B^{2+}(aq) + A(s)$ 반응의 $E^\circ_{\text{전지}}$ 는 +1.10 V이고, 표준 환원 전위의 차이가 클수록 $E^\circ_{\text{전지}}$ 가 크므로 $B(s) + 2C^+(aq) \rightarrow B^{2+}(aq) + 2C(s)$ 반응의 $E^\circ_{\text{전지}}$ 는 +1.10 V보다 크다.

07 | 선택지 분석 |

✗ Zn은 산화되고 Fe²⁺은 환원된다.
Fe³⁺

⇒ (-)극에서 E° 가 가장 작은 Zn이 산화되고, (+)극에서 E° 가 가장 큰 Fe³⁺이 환원된다.

✗ 전자는 염타리를 통해 이동한다.
도선

→ 전자는 산화 전극에서 환원 전극으로 도선을 통해 이동한다.

㉔ (+)극에서의 반쪽 반응은 $\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{e}^- \longrightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq})$ 이다.

→ 환원 전극인 (+)극은 E° 가 큰 반응이 일어나므로 (+)극에서의 반쪽 반응은 $\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{e}^- \longrightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq})$ 이다.

08 | 선택지 분석 |

㉑ (-)극에서는 수소 기체가 발생한다.

→ 염화 나트륨 수용액을 전기 분해하면 (-)극에서는 물의 환원 반응이 일어나 수소 기체가 발생한다.

✗ (+)극에서는 물이 환원된다.
염화 이온이 산화된다

→ (+)극에서는 염화 이온이 전자를 잃으면서 산화되어 염소 기체가 발생한다.

㉒ (-)극과 (+)극에서 발생하는 기체의 몰수는 같다.

→ (-)극에서는 $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$ 의 반응이 일어나고 (+)극에서는 $2\text{Cl}^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{e}^-$ 의 반응이 일어나므로 수소 기체와 염소 기체가 발생하는 몰수는 같다.

09 | 선택지 분석 |

㉑ 발생한 기체의 몰수는 Cl_2 가 O_2 의 2배이다.

→ 두 수용액에서 흘려준 전하량은 같으므로 전자의 계수를 맞춰 주면 발생한 기체의 몰수는 Cl_2 가 O_2 의 2배이다.

㉒ (가)에서 수용액의 pH가 감소하였다.

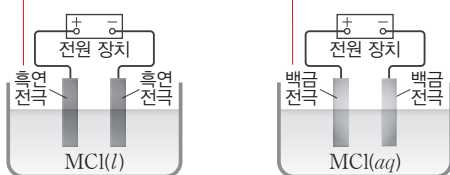
→ (가)에서 물의 산화 반응에 의해 수소 이온이 생성되므로 수용액의 pH는 감소한다.

✗ (가)와 (나)에서 이동한 전자의 몰수는 0.5몰이다.
1몰

→ (가)와 (나)에서 구리가 각각 0.5몰이 생성되고 구리와 전자의 계수비는 1 : 2이므로 이동한 전자의 몰수는 1몰이다.

10 | 자료 분석 |

(+)극에서는 Cl^- 이 전자를 잃고 산화되어 Cl_2 기체가 발생한다.



용융액의 (-)극에서는 M^+ 이 전자를 얻고 환원되어 M이 생성된다.

수용액의 (-)극에서는 표준 환원 전위가 큰 H_2O 이 환원되어 H_2 기체가 발생한다.

| 선택지 분석 |

㉑ (+)극에서 생성되는 기체는 Cl_2 이다.

→ (가)와 (나)의 (+)극에서 생성되는 기체는 모두 Cl_2 이다.

㉒ H_2O 이 M^+ 보다 환원되기 쉽다.

→ 용융액인 (가)의 (-)극에서는 금속 M이 석출되는 반면, 수용액인 (나)의 (-)극에서는 다른 물질이 생성되므로 (나)에서 M^+ 은 H_2O 보다 환원되기 어려움을 알 수 있다. 따라서 H_2O 이 환원되어 H_2 기체를 발생한다.

✗ (+)극에서 1몰의 기체가 생성될 때 (-)극에서 생성되는 물질의 몰수는 (나)가 (가)의 2배이다.
(가)가 (나)의

→ (가)의 반응식은 $2\text{M}^+(\text{l}) + 2\text{e}^- \longrightarrow 2\text{M}(\text{s})$, (나)의 반응식은 $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$ 이므로 생성되는 물질의 몰수는 (가)가 (나)의 2배이다.

11 | 선택지 분석 |

㉑ $x < +0.34$ 이다.

→ 금속 X는 (+)극에서 전자를 잃고 산화되어 이온으로 빠져 나오므로 Cu보다 반응성이 큼을 알 수 있다. 따라서 x는 구리의 표준 환원 전위인 +0.34 V보다 작다.

㉒ Cu 조각을 Y 이온이 녹아 있는 수용액에 넣으면 금속 Y가 석출된다.

→ 금속 Y는 양극 찌꺼기이므로 금속의 반응성은 $\text{X} > \text{Cu} > \text{Y}$ 임을 알 수 있다. 따라서 Cu 조각을 Y 이온이 녹아 있는 용액에 넣으면 Cu는 전자를 잃으면서 산화되고, Y 이온은 전자를 얻어 금속으로 석출된다.

✗ 금속 Y를 X 이온이 녹아 있는 수용액에 넣으면 금속 X가 석출된다.
반응이 일어나지 않는다

→ 금속의 반응성이 X가 Y보다 크므로 금속 Y를 X 이온이 녹아 있는 수용액에 넣으면 반응이 일어나지 않는다.

12 | 선택지 분석 |

㉑ 전자는 (가)에서 (나)로 이동한다.

→ 전극 (가)가 산화 전극이고, (나)가 환원 전극이므로 전자는 (가)에서 (나)로 이동한다.

㉒ 이 전지의 표준 전지 전위($E^\circ_{\text{전지}}$)는 +1.23 V이다.

→ 이 전지의 $E^\circ_{\text{전지}}$ 는 환원 전극의 표준 환원 전위에서 산화 전극의 표준 환원 전위를 뺀 값에 해당하므로 $+1.23 \text{ V} (= +0.40 - (-0.83))$ 이다.

㉓ 25°C , 1기압에서 이 전지의 화학 반응식은 $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 이다.

→ 이 전지의 화학 반응은 수소 기체와 산소 기체가 반응하여 물 분자를 형성하는 반응이다.

한번에 끝내는 대단원 문제

326쪽~328쪽

01 ② 02 ① 03 ② 04 ⑤ 05 ② 06 ② 07 ③ 08 ③

09 (1) $\text{B} > \text{A} > \text{C}$ (2) | 모범 답안 | C보다 표준 환원 전위가 작아서 산화 반응을 하는 금속을 연결하면 C 전극에서 C 이온이 환원 반응하여 금속으로 석출된다.

10 (1) (+)극 : (-)극 = 1 : 2 (2) | 모범 답안 | A, A 이온과 물의 표준 환원 전위 중 A 이온의 표준 환원 전위가 크므로 A가 물보다 환원되기 쉽기 때문이다.

11 (1) A, B (2) | 모범 답안 | 물의 산화 반응인 $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \longrightarrow \text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) + 4\text{e}^-$ 반응이 일어나 수소 이온이 생성되어 pH가 감소한다.

12 (1) A: (-)극, B: (+)극 (2) | 모범 답안 | $E^\circ_1 < E^\circ_2$, 전극 A에서는 메탄올의 산화 반응이 일어나고, 전극 B에서는 산소의 환원 반응이 일어나므로 환원 반응이 일어나는 산소의 표준 환원 전위가 더 커야 한다.

금속 수용액	A	B	C	D
붉은 염산		수소 발생 → 반응성: B > H	수소 발생 → 반응성: C > H	변화 없음 → 반응성: H > D
A 이온		A 석출 → 반응성: B > A		(가) A와 D의 반응성 비교
B 이온			(나) B와 C의 반응성 비교	(다) 변화 없음
C 이온	(라) A와 C의 반응성 비교			

| 선택지 분석 |

❌ (다)에서는 금속 B가 석출된다.
반응이 일어나지 않는다

⇒ D는 붉은 염산에 넣어도 반응하지 않고, B는 붉은 염산에 넣으면 수소 기체가 발생하므로 반응성은 B > H > D이다. 따라서 (다)에서는 반응이 일어나지 않는다.

㉠ 금속 C를 D 이온이 녹아 있는 수용액에 넣으면 금속 이 석출된다.

⇒ C를 붉은 염산에 넣으면 수소 기체가 발생하고, D는 붉은 염산에 넣어도 반응하지 않으므로 금속의 반응성은 C가 D보다 큼을 알 수 있다. 따라서 금속 C를 D 이온이 녹아 있는 수용액에 넣으면 C는 전자를 잃으면서 산화되고, D 이온은 전자를 얻어 환원된다.

❌ 실험 (나), (라)의 결과만을 통해 금속 A~D의 반응성 순서를 알 수 있다.
(가), (나), (라)를

⇒ 금속의 반응성은 B > H, C > H, H > D, B > A이므로 금속 A~D의 반응성 순서를 알기 위해서는 실험 (가)를 통해 A와 D를, 실험 (나)를 통해 B와 C를, 실험 (라)를 통해 A와 C를 비교해야 한다.

02 | 선택지 분석 |

㉡ 양이온의 전하는 Y 이온이 가장 크다.

⇒ X 이온 3개와 반응하여 생성되는 Y 이온은 1개이므로 Y 이온의 전하는 +3임을 알 수 있다. 한편, X 이온 4개와 반응하여 생성된 Z 이온의 수는 2개이므로 Z 이온의 전하는 +2임을 알 수 있다. 따라서 양이온의 전하는 Y 이온이 가장 크다.

❌ (나)에 금속 Y를 넣어도 Y 이온이 생성되지 않는다.
된다

⇒ (나)에는 Z 이온이 존재하고, 금속의 반응성은 Y가 Z보다 크므로 Y는 산화되어 Y 이온이 되고, Z 이온은 환원되어 금속으로 석출된다.

❌ Z 이온이 있는 수용액에 X를 넣으면 금속 Z가 석출된다.
반응이 일어나지 않는다

⇒ (가)에 금속 Z를 넣어도 Y 이온이 반응하지 않으므로 금속의 반응성 순서는 Y > Z > X임을 알 수 있다. 따라서 Z 이온이 있는 수용액에 X를 넣어도 반응이 일어나지 않는다.

03 | 선택지 분석 |

❌ 아연은 환원 전극이다.
산화

⇒ 아연의 표준 환원 전위가 은보다 작으므로 아연은 산화 전극이다.

㉢ 전지의 표준 전지 전위($E^\circ_{\text{전지}}$)는 +1.60 V이다.

⇒ 산화 은 전지의 $E^\circ_{\text{전지}}$ 는 환원 전극의 표준 환원 전위에서 산화 전극의 표준 환원 전위를 뺀 값이므로 $+0.35 \text{ V} - (-1.25 \text{ V}) = +1.60 \text{ V}$ 이다.

❌ 반응이 진행됨에 따라 수산화 이온(OH^-)의 농도는 증가한다. 일정하다

⇒ 반응이 진행되어도 수산화 이온(OH^-)의 농도는 일정하다.

04 | 선택지 분석 |

㉣ Pb-Cu 금속으로 전압을 측정할 때 산화 전극은 Pb이다.

⇒ Pb-Cu 금속으로 전압을 측정할 때 표준 환원 전위가 작은 Pb에서 전자를 잃는 산화 반응이 일어난다.

㉤ Zn-Cu 금속으로 전압을 측정할 때 표준 전지 전위는 +1.10 V이다.

⇒ Zn-Cu 금속으로 전압을 측정할 때 표준 전지 전위는 환원 전극의 표준 환원 전위에서 산화 전극의 표준 환원 전위를 뺀 값에 해당하므로 $+0.34 \text{ V} - (-0.76 \text{ V}) = +1.10 \text{ V}$ 이다.

㉥ 두 금속 사이의 전압을 측정할 때 가장 큰 전압을 나타내는 금속은 Zn-Ag이다.

⇒ 두 금속 사이의 전압을 측정할 때 가장 큰 전압을 나타내는 금속은 표준 환원 전위의 차이가 가장 큰 Zn-Ag이다.

05 | 선택지 분석 |

❌ 전류가 흐르면 $[A^{3+}]$ 는 증가한다.
 $[A^{2+}]$

⇒ 전류가 흐르면 A가 산화되어 A^{2+} 이 생성되므로 수용액에서 $[A^{2+}]$ 가 증가한다.

❌ A는 (+)극이고, B는 (-)극이다.
(-)극 (+)극

⇒ A는 산화 반응이 일어나는 (-)극이고, B는 환원 반응이 일어나는 (+)극이다.

㉦ 표준 전지 전위($E^\circ_{\text{전지}}$)는 +1.25 V이다.

⇒ 표준 전지 전위는 환원 전극의 표준 환원 전위에서 산화 전극의 표준 환원 전위를 뺀 값이므로 $+0.34 \text{ V} - (-0.91 \text{ V}) = +1.25 \text{ V}$ 이다.

06 | 선택지 분석 |

❌ 발생하는 기체의 양은 (가)가 (다)의 2배이다.
(다)가 (가)의

⇒ (가)에서는 물의 산화 반응인 $2\text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow \text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^-$ 에 의해 산소 기체가 발생하고, (다)에서는 염화 이온의 산화 반응인 $2\text{Cl}^-(aq) \rightarrow \text{Cl}_2(g) + 2e^-$ 에 의해 염소 기체가 발생한다. 이때 흘려준 전하량이 일정하므로 전자의 계수를 맞춰 비교하면 발생한 기체의 양은 (다)가 (가)의 2배이다.

❌ (가) 주변에 페놀프탈레인 용액을 떨어뜨리면 붉은색으로 변한다.
변하지 않는다

⇒ (가)에서는 물의 산화 반응에 의해 수소 이온이 생성되므로 (가) 주변에 페놀프탈레인 용액을 떨어뜨리면 붉은색으로 변하지 않는다.

㉔ 각 금속 이온의 환원 반응에 대한 표준 환원 전위(E°)는 A가 B보다 크다.

➡ (나)에서는 금속 고체가 석출되고, (라)에서는 물의 환원 반응이 일어나 금속이 석출되지 않으므로 각 금속 이온의 환원 반응에 대한 표준 환원 전위는 A가 B보다 크다.

07 | 선택지 분석 |

㉔ A에는 수소 기체가 포집된다.

➡ A와 B에 포집된 기체의 부피비가 2 : 1이므로 A에는 수소 기체가 포집된다.

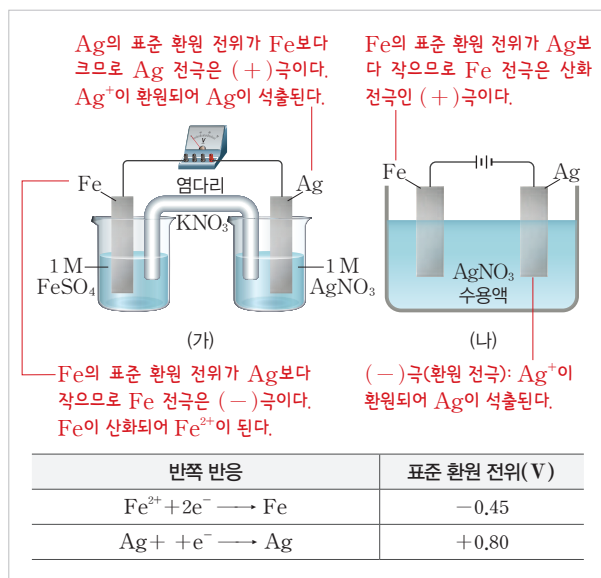
✕ 물질 (가)로는 염화 나트륨(NaCl)을 사용할 수 있다.

➡ 물질 (가)에 염화 나트륨을 사용하면 (+)극에서 산소 기체 대신 염소 기체가 발생한다.

㉔ (-)극 주위에 페놀프탈레인 용액을 떨어뜨리면 붉게 변한다.

➡ (-)극에서는 물이 환원되어 $4\text{H}_2\text{O}(l) + 4e^- \longrightarrow 2\text{H}_2(g) + 4\text{OH}^-(aq)$ 반응에 의해 수산화 이온이 생성되므로 페놀프탈레인 용액을 떨어뜨리면 붉게 변한다.

08 | 자료 분석 |



| 선택지 분석 |

㉔ (가)의 표준 전지 전위는 +1.25 V이다.

➡ 표준 전지 전위는 환원 전극의 표준 환원 전위에서 산화 전극의 표준 환원 전위를 뺀 값이므로 $+0.80 \text{ V} - (-0.45 \text{ V}) = +1.25 \text{ V}$ 이다.

㉔ (가)와 (나)의 Ag판에서는 Ag이 석출된다.

➡ (가)와 (나)의 Ag판에서는 Ag^+ 이 환원되어 석출된다.

✕ (가)와 (나)의 Fe판은 모두 (-)극이다.

➡ (가)와 (나)의 Fe판은 모두 산화 전극이지만, (가)는 화학 전지이므로 산화 전극이 (-)극이고, (나)는 전기 분해이므로 산화 전극이 (+)극이다.

09 (1) (가)에서는 B의 질량이, (나)에서는 A의 질량이 증가하였으므로 금속의 반응성은 $A > B, C > A$ 임을 알 수 있다.

(2) C의 질량이 증가하려면 C 전극에서 환원 반응이 일어나 금속 C가 석출되어야 한다.

채점 기준	배점
조건과 산화 환원 반응을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
조건과 산화 환원 반응 중 하나만 옳게 서술한 경우	50 %

10 (1) (+)극에서는 물의 산화 반응이 일어나고, (-)극에서는 A 이온의 환원 반응이 일어난다. 흘러준 전하량이 같으므로 (+)극과 (-)극의 반응에서 전자의 계수를 맞춰 주면 생성되는 O_2 와 A의 몰수비는 1 : 2이다.

(2) (-)극에서는 환원 반응이 일어난다. A 이온과 물 중 A 이온의 표준 환원 전위가 더 크므로 A 이온이 환원된다.

채점 기준	배점
표준 환원 전위를 비교하여 A가 생성됨을 서술한 경우	100 %
표준 환원 전위를 언급하지 않고 A가 생성되는 것만을 쓴 경우	40 %

11 (1) (-)극에서는 $\text{A}^+, \text{B}^{2+}, \text{H}_2\text{O}$ 의 표준 환원 전위에 따라 생성되는 물질이 달라진다. 표준 환원 전위가 가장 큰 A^+ 이 먼저 환원되고, 그 다음으로 B^{2+} 이 환원된다.

(2) 전해질의 음이온이 NO_3^- 과 SO_4^{2-} 이므로 (+)극에서는 물이 대신 산화된다.

채점 기준	배점
화학 반응식을 언급하여 pH 변화를 옳게 서술한 경우	100 %
화학 반응식은 언급하지 않고 수소 이온만을 언급하여 pH 변화를 옳게 서술한 경우	60 %
화학 반응식, 수소 이온을 언급하지 않고 pH 변화를 옳게 서술한 경우	30 %

12 (1) 전극 A에서는 메탄올과 물이 전자를 잃는 산화 반응이 일어나고, 전극 B에서는 산소가 전자를 얻는 환원 반응이 일어난다.

(2) 2가지 반쪽 반응 중 표준 환원 전위가 큰 물질이 환원되고, 작은 물질이 산화된다.

채점 기준	배점
표준 환원 전위의 크기를 비교하고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
표준 환원 전위의 크기만 옳게 비교한 경우	30 %