

2021학년도 대학수학능력시험
과학탐구영역 화학Ⅱ 정답 및 해설

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

1. 촉매

[정답맞히기] 촉매는 반응 속도를 조절하는 물질이며 정촉매는 활성화 에너지를 낮추어 반응 속도를 빠르게 한다. 따라서 (가)는 반응 속도, (나)는 정촉매이다. 정답①

2. 반응 엔탈피

[정답맞히기] ㄴ. $\text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(g)$ 반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 0보다 크므로 1mol의 엔탈피(H)는 $\text{H}_2\text{O}(l) < \text{H}_2\text{O}(g)$ 이다.

ㄷ. $\text{H}_2\text{O}(g) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(l)$ 반응은 $\text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(g)$ 반응의 역반응이므로 반응 엔탈피(ΔH)는 -44 kJ이다. 정답④

[오답피하기] ㄱ. 기화는 액체에서 기체로 상태가 변화하는 것이다. $\text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(g)$ 반응이 일어날 때 에너지를 흡수하므로 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 기화는 흡열 반응이다.

3. H_2O 의 상평형

[정답맞히기] ㄱ. 1atm에서 H_2O 의 어는점은 0°C 이고, 끓는점은 100°C 이므로, 0.8 atm에서 H_2O 의 어는점은 0°C 보다 높고, 끓는점은 100°C 보다 낮다. 따라서 $a > 0$, $b < 100$ 이므로 $b - a < 100$ 이다. 정답①

[오답피하기] ㄴ. 0°C , 1atm에서 H_2O 은 고체에서 액체로 상태가 변화되므로 $a^\circ\text{C}$, 1 atm에서 H_2O 의 안정한 상은 액체이다.

ㄷ. H_2O 의 끓는점은 외부 압력이 낮을수록 낮아지므로 0.7 atm에서 H_2O 의 끓는점은 $b^\circ\text{C}$ 보다 낮다.

4. 분자의 구조

제시된 3가지 고체의 결정 구조를 각각 (가)~(다)라고 할 때

고체	(가)	(나)	(다)
결정 구조			

(가)는 구성 입자의 종류가 2가지이므로 $\text{CsCl}(s)$ 의 결정 구조이고 (나)는 구성 입자의 종류가 1가지이므로 $\text{Ag}(s)$ 의 결정 구조이다. 또한 (다)의 구성 입자는 분자이므로 $\text{CO}_2(s)$ 의 결정 구조이다.

[정답맞히기] ㄱ. $\text{Ag}(s)$, $\text{CO}_2(s)$, $\text{CsCl}(s)$ 중 이온 결정은 $\text{CsCl}(s)$ 이므로 X는 $\text{CsCl}(s)$

이다.

ㄷ. Z는 $\text{CO}_2(s)$ 이므로 분자 결정이다.

정답③

[오답피하기] ㄴ. $\text{Ag}(s)$ 은 금속 결정이므로 Y는 $\text{Ag}(s)$, Z는 $\text{CO}_2(s)$ 이다. Y의 결정 구조는 (나)이므로 Y의 결정 구조는 면심 입방 구조이다.

5. 분자 사이의 힘

$PV = nRT$ 에서 압력이 같을 때 $n \propto \frac{V}{T}$ 한다. A(g)~C(g)의 질량은 같고 $\frac{V}{T}$ 는 $C(g) > B(g) > A(g)$ 이므로 기체의 양(n)은 $C(g) > B(g) > A(g)$ 이다. 질량이 같을 때 기체의 양(n)은 화학식량에 반비례하므로 화학식량은 A > B > C이다. 따라서 A는 F_2 , B는 H_2S , C는 H_2O 이다.

[정답맞히기] ㄱ. 화학식량은 A > B이다.

ㄴ. $\text{B}(\text{H}_2\text{S})$ 는 극성 분자이므로 B(l) 분자 사이에 쌍극자·쌍극자 힘이 존재한다.

ㄷ. A는 F_2 , C는 H_2O 이며 H_2O 의 화학식량이 F_2 보다 작는데 기준 끓는점이 높은 주된 이유는 C(l) 분자 사이에 수소 결합이 존재하기 때문이다.

정답⑤

6. 기체의 성질

[정답맞히기] 기체의 화학식량을 M, 질량을 w, 밀도를 d라고 가정할 때, $PV = nRT$ 에서 $PV = \frac{w}{M}RT$ 이고 $M = \frac{w}{V} \frac{RT}{P} = \frac{dRT}{P}$ 이다. 따라서 $x = \frac{3aRT}{1}$, $y = \frac{2aRT}{2}$ 이므로 $\frac{x}{y} = 3$ 이다.

정답④

7. 화학 전지

[정답맞히기] ㄱ. (가)에서 Zn은 산화되고 Fe^{2+} 은 환원되므로 이온화 경향 크기는 $\text{Zn} > \text{Fe}$ 이다. (나)에서 Cu^{2+} 은 환원되고 Fe은 산화되므로 이온화 경향 크기는 $\text{Fe} > \text{Cu}$ 이다. 따라서 금속의 이온화 경향 크기 순서는 $\text{Zn} > \text{Fe} > \text{Cu}$ 이다.

정답①

[오답피하기] ㄴ. (가)에서 Zn은 산화되므로 Zn^{2+} 은 환원되지 않는다.

ㄷ. (나)에서 Cu^{2+} 이 환원되어 Cu로 석출되므로 $\text{Cu}(s)$ 전극의 질량은 증가한다.

8. 액체의 증기압

액체의 증기압은 수은 기둥의 높이차 h에 비례하고 액체의 증기압은 온도가 높을수록 크다.

[정답맞히기] ㄱ. X(l)에서 h는 t_1 °C일 때가 t_3 °C일 때보다 크므로 $t_1 > t_2 > t_3$ 이다.

ㄷ. 탐구 결과로부터 온도에 따른 액체의 증기압을 나타낼 수 있으므로 같은 온도에서 X(l)와 Y(l)의 증기압을 비교할 수 있다. 같은 온도에서 액체의 증기압은 $X(l) < Y(l)$ 이므로 같은 온도에서 증기압이 낮은 액체가 기준 끓는점이 높다는 것을 알 수 있다. 따라서 ‘같은 온도에서 증기압이 낮은 액체일수록 기준 끓는점은 높다’는

㉠으로 적절하다.

정답③

[오답피하기] ㉡. Y(l)의 기준 끓는점이 78°C이므로 78°C에서 Y(l)의 증기압은 76cmHg이다.

9. 완충 용액

[정답맞히기] ㄱ. $K_a = \frac{[\text{HPO}_4^{2-}][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]} = \frac{3}{5} \times [\text{H}_3\text{O}^+] = 6 \times 10^{-8}$ 이다. 따라서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-7}$ M이다.

㉡. (가)에 0.1M HCl(aq) 1mL를 가하면 $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 의 농도가 증가하여 역반응으로 평형이 이동하므로 $[\text{H}_2\text{PO}_4^-]$ 는 증가하고 $[\text{HPO}_4^{2-}]$ 는 감소하므로 $\frac{[\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]} < \frac{3}{5}$ 이다.

㉢. (가)는 완충 용액으로 0.1M NaOH(aq) 1mL를 가하면 H_3O^+ 과 반응하여 중화되어 pH 변화가 작다. 그러나 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 에 0.1M NaOH(aq) 1mL를 가하면 pH가 급격히 증가한다. 따라서 (가) 10mL와 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 10mL에 각각 0.1 NaOH(aq) 1mL를 가하면 pH 변화는 (가)에서가 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 에서보다 작다.

정답⑤

10. 전기 분해

[정답맞히기] ㉡. 전기 분해에서 (+)극에서 산화 반응이 일어나고 (-)극에서 환원 반응이 일어난다.

㉢. NaCl(aq)의 (-)극에서 $\text{Na}^+(aq)$ 과 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 중 전자를 얻기 쉬운 경향이 큰 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 환원되므로 환원 전극에서 $2\text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \rightarrow \text{H}_2(g) + 2\text{OH}^-(aq)$ 반응이 일어난다. 따라서 환원 전극에서 $\text{H}_2(g)$ 가 생성된다.

정답⑥

[오답피하기] ㄱ. 화학 에너지가 전기 에너지로 전환하는 장치는 화학 전지이다. 전기 분해에서는 전기 에너지가 화학 에너지로 전환된다.

11. 용액의 농도

[정답맞히기] A(aq)의 퍼센트 농도가 10%이고, 용액의 질량이 100g이므로 A(aq) 속 물의 질량은 90g이고, A의 질량은 10g이다. 화학식량은 B가 A의 3배이므로 A와 B의 화학식량을 각각 M , $3M$ 이라고 하면 $x = \frac{10}{M}$ 이다. B(aq) 속 B의 질량을 $3My$ g으로 나타내면 용매의 질량은 $(300 - 3My)$ g이고, 두 수용액의 몰랄 농도가 같다고 하였으므로 $\frac{x}{90} = \frac{1}{9M} = \frac{y}{300 - 3My}$ 이다. 따라서 $y = \frac{25}{M}$ 이고, $\frac{y}{x} = \frac{25}{M} / \frac{10}{M} = \frac{5}{2}$ 이다.

정답②

12. 반응 속도

[정답맞히기] ㉡. $0 \sim t_1$ 동안 감소한 [A]는 (가) : (나) = 2 : 1이므로 평균 반응 속도는

(가)에서가 (나)에서의 2배이다.

정답②

[오답피하기] ㄱ. 화학 반응식의 계수 비는 $A : B = 1 : 2$ 이므로 (가)에서 $t_1 \sim t_2$ 동안 $-\frac{\Delta[B]}{\Delta[A]} = 2$ 이다.

ㄴ. 순간 반응 속도는 그 지점에서 기울기의 크기와 같으므로 P에서가 Q에서보다 크다.

13. 산의 이온화 상수

[정답맞히기] ㄱ. 온도가 일정하고, HB에서 $[H_3O^+] = 0.5 \times 10^{-3} M$ 일 때 $\frac{[B^-]}{[HB]} = 2$ 이므로

$$K_a = \frac{[H_3O^+][B^-]}{[HB]}$$
에서 HB의 $K_a = 1 \times 10^{-5}$ 이다.

ㄴ. HB는 약산이므로 $[HB] = 0.1 M$ 일 때 $K_a = 0.1 \times \alpha^2 = 1 \times 10^{-5}$ 이고, $\alpha = 10^{-2}$ 이므로 $[H_3O^+] = 0.1 \times 10^{-2} = 1 \times 10^{-3} M$ 이다.

정답③

[오답피하기] ㄴ. P에서 $[H_3O^+] = 3 \times 10^{-3} M$ 이고, HA의 $K_a = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]} = 4 \times 10^{-5}$ 이므로

$$\text{로 } \frac{[A^-]}{[HA]} = \frac{4}{3}$$
이다. Q에서 $[H_3O^+] = 2 \times 10^{-3} M$ 이고, HB의 $K_a = \frac{[H_3O^+][B^-]}{[HB]} = 1 \times 10^{-5}$

므로 $\frac{[B^-]}{[HB]} = \frac{1}{2}$ 이다. 따라서 P에서 $\frac{[A^-]}{[HA]}$ 는 Q에서 $\frac{[B^-]}{[HB]}$ 의 $\frac{8}{3}$ 배이다.

14. 끓는점 오름

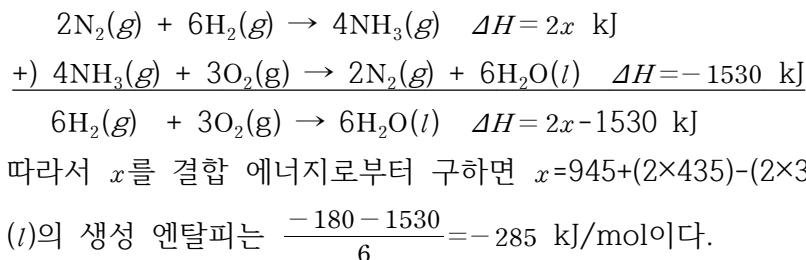
[정답맞히기] 끓는점 오름 $\Delta T_b = k \times m$ 이므로 용매의 질량이 2배가 될 때 ΔT_b 는 0.5배 감소하게 된다. (가)에서 ΔT_b 은 가한 물의 질량이 100g일 때가 500g일 때의 2배이므로 400g을 가했을 때 ΔT_b 이 0.5배가 됨을 알 수 있다. 따라서 가한 물의 질량이 100g일 때 총 물의 질량은 400g이 되고, 이때 몰랄 농도는 $0.2 m$ 이므로 $0.2 = \frac{n_{(가)}}{0.4}$ 에서 $n_{(가)} = 0.08 mol$ 이다. 따라서 A 8wg의 양(mol)은 0.08mol이다. (나)에서 ΔT_b 은 가한 물의 질량이 100g일 때 몰랄 농도가 0.5배로 감소하므로 초기 물의 질량은 100g임을 알 수 있고 이때 몰랄 농도는 $0.4 m$ 이다. 따라서 용질의 양(mol)은 $\frac{n_{(나)}}{0.1} = 0.4$ 에서 $n_{(나)} = 0.04 mol$ 이다. 화학식량은 B가 A의 3배이므로 같은 질량의 양(mol)은 A가 B의 3배이다. 따라서 (나)에서 A의 양은 0.03 mol, B의 양은 0.01 mol이다. (가)에서 A 8wg의 양(mol)은 0.08 mol이므로 (나)에서 A 0.03 mol의 질량은 $8w \times \frac{3}{8} = 3w g$ 이고, $x = 3w$ 이다.

정답①

15. 결합 에너지와 반응 엔탈피

[정답맞히기] $H_2O(l)$ 의 생성 엔탈피는 $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(l)$ 의 반응 엔탈피와

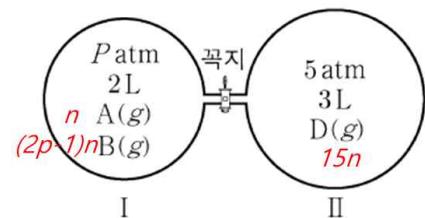
같으므로 이 반응은 $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$ $\Delta H = x$ 과 주어진 반응식을 이용하여 나타낼 수 있다.



정답②

16. 기체의 성질

[정답맞히기] 온도가 일정하므로 기체의 양(mol)은 PV 에 비례한다. 그림과 같이 반응 전 기체의 양(mol)를 나타낼 수 있다. I에서 반응물 중 하나가 모두 소모되었고, 이후 D(g)가 모두 소모될 때까지 반응시켰으므로 I에서 모두 소모된 것은 A(g)이다. 화학 반응식의 양적 관계를 나타내면 다음과 같다.



$A(g) + B(g) \rightarrow 2C(g)$ 반응 전(mol) $n \quad (2P-1)n$ <u>반응(mol)</u> $-n \quad -n \quad +2n$ 반응 후(mol) $0 \quad (2P-2)n \quad 2n$	$B(g) + 5D(g) \rightarrow 2E(g)$ 반응 전(mol) $(2P-2)n \quad 15n$ <u>반응(mol)</u> $-3n \quad -15n \quad +6n$ 반응 후(mol) $(2P-5)n \quad 6n$
--	--

반응이 완결된 후 C(g), B(g), E(g)가 존재하므로 E(g)의 몰분율 $\frac{6n}{(2P-5)n + 6n + 2n} = \frac{2}{3}$ 로부터 $P = 3$ 이다.

정답④

17. 평형 상수

A는 고체 상태이므로 평형 상수 $K = \frac{[C]^2}{[B]}$ 이다.

[정답맞히기]

㉡. 용기 II에서 $[B] = \frac{x}{20} M$, $[C] = \frac{1}{20} M$ 이고, $K = \frac{1}{20}$ 이어야 하므로 $x = 1$ 이다. 온도는

일정하고, 용기 내부의 압력에는 기체 상태의 물질만 관여하므로 $P \propto \frac{n}{V}$ 이며, 기체의

양(mol)은 I과 II에서 각각 4.5 mol, 2 mol이므로 $\frac{P_2}{P_1} = (\frac{2}{20}) / (\frac{4.5}{15}) = \frac{1}{3}$ 이다.

㉢. 꼭지를 열기 전 He(g)의 부피와 압력은 II에서와 같으므로 양(mol)은 2 mol임을 알 수 있다. 두 꼭지를 동시에 열면 B(g)와 C(g)의 부피가 증가하므로 농도가 감소하게 되어 평형은 기체 분자 수가 증가하는 방향인 정반응 쪽으로 진행하게 된다. 꼭지

를 열기 전 B(g)와 He(g)의 양(mol)은 각각 4 mol, 2 mol이므로 꼭지를 연 후 도달한 새로운 평형에서는 B(g)의 양(mol)은 감소하게 된다. 따라서 $\frac{B\text{의 부분 압력}}{He\text{의 부분 압력}} < 2$ 이다.

정답⑤

[오답피하기] ㄱ. 용기 I에서 $[B] = \frac{3\text{ mol}}{15\text{ L}} = \frac{1}{5}\text{ M}$, $[C] = \frac{1.5\text{ mol}}{15\text{ L}} = \frac{1}{10}\text{ M}$ 이므로 $K = (\frac{1}{10})^2 / \frac{1}{5} = \frac{1}{20}$ 이다.

18. 반응 속도

[정답맞히기] 반응 시간이 6 min, 12 min일 때 C의 양(mol)은 각각 4 mol, 5 mol 증가한 것이다. 이때의 양적 관계를 나타내면 다음과 같다.

$A(g) \rightarrow B(g) + C(g)$			$A(g) \rightarrow B(g) + C(g)$		
반응 전(mol)	x	y	반응 전(mol)	x	y
반응(mol)	-4	+4	반응(mol)	-5	+5
반응 후(mol)	$x - 4$	$y + 4$	7	$x - 5$	$y + 5$

C의 몰분율은 $\frac{6}{x+y+6} = \frac{1}{2}$ 이므로 $x+y=6$ 이다. A의 1차 반응이므로 반감기가 일정한 반응이다. 만약 6 min을 반감기라고 하면 $x=8$ 이므로 $x+y=6$ 의 조건에 맞지 않다. 만약 3 min을 반감기라고 하면 $(x-4):(x-5) = 4:1$ 이므로 $x = \frac{16}{3}$ 이고, 6 min동안 감소한 A의 양(mol)은 $\frac{12}{3} = 4\text{ mol}$ 이므로 주어진 조건에 맞게 된다. 따라서 $y = \frac{2}{3}$ 이고, $\frac{x}{y} = 8$ 이다.

정답④

19. 반응 속도

A(g)의 양(mol)을 n mol이라고 하고, 실험 I에서 반감기를 16 min이라고 하면 $t = 16$ min일 때와 $t = 48$ min일 때의 양적 관계는 다음과 같다.

$t = 16\text{ min}$	$2A(g) \rightarrow 2B(g) + C(g)$			$t = 48\text{ min}$	$2A(g) \rightarrow 2B(g) + C(g)$		
반응 전(mol)	n			반응 전(mol)	n		
반응(mol)	$-\frac{1}{2}n$	$+\frac{1}{2}n$	$+\frac{1}{4}n$	반응(mol)	$-\frac{7}{8}n$	$+\frac{7}{8}n$	$+\frac{7}{16}n$
반응 후(mol)	$\frac{1}{2}n$	$\frac{1}{2}n$	$\frac{1}{4}n$	반응 후(mol)	$\frac{1}{8}n$	$\frac{7}{8}n$	$\frac{7}{16}n$

기체의 압력은 용기의 부피가 일정하고 온도가 같아 기체의 양(mol)에 비례하므로 $\frac{P_B + P_C}{P_A}$ 는 $t = 16$ min, $t = 48$ min일 때 각각 $\frac{3}{2}$, $\frac{21}{2}$ 이고 주어진 조건에 맞게 된다.

실험 II에서는 $\frac{P_B + P_C}{P_A}$ 가 더 빠른 속도로 증가하므로 반감기가 빨라졌음을 알 수 있다. 실험 II에서 반감기를 $t = 8 \text{ min}$ 이라고 하면 $t = 16 \text{ min}$ 일 때와 $t = 32 \text{ min}$ 일 때의 양적 관계는 다음과 같다.

$t = 16 \text{ min} \quad 2A(g) \rightarrow 2B(g) + C(g)$	$t = 32 \text{ min} \quad 2A(g) \rightarrow 2B(g) + C(g)$
반응 전(mol) n	반응 전(mol) n
반응(mol) $-\frac{3}{4}n \quad +\frac{3}{4}n \quad +\frac{3}{8}n$	반응(mol) $-\frac{15}{16}n \quad +\frac{15}{16}n \quad +\frac{15}{32}n$
반응 후(mol) $\frac{1}{4}n \quad \frac{3}{4}n \quad \frac{3}{8}n$	반응 후(mol) $\frac{1}{16}n \quad \frac{15}{16}n \quad \frac{15}{32}n$
$\frac{P_B + P_C}{P_A} = \frac{9}{2}$	$\frac{P_B + P_C}{P_A} = \frac{45}{2}$

따라서 $\frac{P_B + P_C}{P_A}$ 가 5배가 되는 조건에 맞게 된다.

[정답맞히기] $\hookrightarrow a = \frac{3}{2}, b = \frac{9}{2}$ 이므로 $\frac{b}{a} = 3$ 이다.

정답②

[오답피하기] ㄱ. I에서 반감기는 16 min이다.

ㄷ. I에서 $t = 16 \text{ min}$ 일 때 몰비는 $A:B:C=2:2:1$ 이고, $\frac{C\text{의 질량}}{B\text{의 질량}} = \frac{4}{5}$ 이므로 분자량비는 $B:C=5:8$ 이다. 화학 반응식이 $2A(g) \rightarrow 2B(g) + C(g)$ 이므로 분자량비는 $A:B:C=9:5:8$ 이다. 따라서 II에서 $t = 16 \text{ min}$ 일 때 몰비는 $A:C = \frac{1}{4} : \frac{3}{8} = 2:3$ 이므로 $\frac{C\text{의 질량}}{A\text{의 질량}} = \frac{3 \times 8}{2 \times 9} = \frac{4}{3}$ 이다.

20. 기체의 반응

[정답맞히기] 화학 반응식으로부터 분자량비는 $A:B=1:2$ 이다. ㉠과 ㉡에서 질량비는 $A:B=1:2$ 이고, 몰비는 $A:B=1:1$ 이다. $A(g)$ $w \text{ g}$ 의 양(mol)을 n mol이라고 하면 ㉠과 ㉡에서 기체의 양은 $A(g), B(g)$ 가 각각 $\frac{1}{3}n, \frac{1}{3}n$ 이다. P_1, T_2 에서 질량비는 $A:B=3:2$ 이므로 몰비는 $A:B=3:1$ 이고 기체의 양은 $A(g), B(g)$ 가 각각 $\frac{3}{5}n, \frac{1}{5}n$ 이다. ㉠과 ㉡에서

기체의 부피를 각각 V_{\oplus}, V_{\ominus} 이라고 하면 $\frac{V_{\oplus}}{V_{\ominus}} = 4$ 이고, P_1, T_2 에서 부피를 V' 라고 하면 $P_1 \times V_{\oplus} = \frac{2}{3}nRT_1, P_1 \times V' = \frac{4}{5}nRT_2$ 이므로 $\frac{T_2}{T_1} = \frac{5}{6} \times \frac{V'}{V_{\oplus}}$ 임을 알 수 있다. ㉡(P_2, T_2)에서 $[A]=[B]=\frac{n}{3V_{\ominus}}$ 이고, P_2, T_2 에서 $[A]=\frac{3n}{5V'}, [B]=\frac{n}{5V'}$ 이고, 온도가 같아서 평형 상수는 같으므로 $K=\frac{3V_{\ominus}}{n}=\frac{5V'}{9n}$ 에서 $\frac{V_{\ominus}}{V'}=\frac{5}{27}$ 임을 알 수 있다. 따라서

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{5}{6} \times \frac{V'}{V_{\odot}} = \frac{5}{6} \times \frac{27}{5} \times \frac{V_{\odot}}{V_{\odot}} = \frac{5}{6} \times \frac{27}{5} \times \frac{1}{4} = \frac{9}{8}$$

정답①