

2021학년도 대학수학능력시험 9월 모의평가
과학탐구영역 화학Ⅱ 정답 및 해설

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

1. 수소 산소 연료 전지

[정답맞히기] ② 외부에서 수소와 산소를 계속 공급하여 전기 에너지를 생산하는 화학 전지는 수소 연료 전지이다.

정답②

[오답피하기] ① 이온화 경향이 다른 두 금속을 묽은 황산에 담그고 도선으로 두 금 속판을 연결한 전지이다.

③ 리튬 이온을 이용한 전지이다.

④ 두 금속판을 각각 금속염 수용액에 담근 다음 두 전해질 수용액을 염다리로 연결하고, 도선으로 두 금속판을 연결한 전지이다.

⑤ 니켈과 카드뮴을 이용한 전지이다.

2. 활성화 에너지

활성화 에너지는 반응물이 충돌하여 화학 반응을 일으키는 데 필요한 최소한의 에너지이며, 활성화 상태에 있는 불안정한 화합물을 활성화물이라고 한다. 활성화 에너지는 활성화물의 엔탈피에서 반응물 또는 생성물의 엔탈피를 뺀 값과 같다.

[정답맞히기] ㄱ. 정반응이 진행될 때 엔탈피가 낮아지므로 정반응은 발열 반응이다.

ㄴ. 정반응의 활성화 에너지는 $(a - b)$ 이다.

정답④

[오답피하기] ㄷ. 역반응의 활성화 에너지는 $(a - c)$ 이다.

3. 결정 구조

[정답맞히기] ㄴ. I_2 는 분자이고 $I_2(s)$ 는 I_2 분자 사이의 인력에 의해 형성된 결정이므로 분자 결정이다.

ㄷ. $C(s, \text{흑연})$ 은 자유 전자가 있어 고체 상태에서 전기 전도성이 있다.

정답

④

[오답피하기] ㄱ. (가)는 면의 중심과 꼭짓점에 Cu 원자가 있으므로 면심 입방 구조이다.

4. 분자 사이의 힘

A는 CH_4 , B는 SiH_4 , C는 H_2O , D는 HF이다.

[정답맞히기] ㄱ. 전기 음성도가 큰 N, O, F의 수소 화합물은 액체 상태에서 수소 결합을 한다.

ㄷ. 액체 상태에서 분자 사이의 인력은 기준 끓는점이 높을수록 크다. 따라서 기준 끓는점은 C > B이므로 액체 상태에서 분자 사이의 인력은 C가 B보다 크다. 정답③

[오답피하기] ㄴ. A와 B는 모두 무극성 분자이므로 분자 사이에 분산력만 작용한다. 따라서 B가 A보다 기준 끓는점이 높은 주된 이유는 분산력 때문이다.

5. 반응 엔탈피

[정답맞히기] ㄴ. $\text{NO}(g)$ 2mol이 생성될 때 반응 엔탈피(ΔH)는 182kJ이므로 $\text{NO}(g)$ 의 생성 엔탈피(ΔH)는 91kJ/mol이다. 정답②

[오답피하기] ㄱ. 제시된 반응은 흡열 반응이므로 반응이 진행될 때 엔탈피가 낮아진다. 따라서 반응물의 엔탈피 합은 생성물의 엔탈피 합보다 작다.

ㄷ. $\text{NO}(g)$ 2mol이 분해되어 $\text{N}_2(g)$ 1mol과 $\text{O}_2(g)$ 1mol이 생성되는 반응의 반응 엔탈피(ΔH)는 제시된 반응의 역반응의 반응 엔탈피(ΔH)와 같으므로 -182kJ이다.

6. 전기 분해

$\text{NaCl}(l)$ 을 전기 분해하면 (+)극에서 산화 반응이, (-)극에서 환원 반응이 일어난다. 따라서 (가)는 (-)극에서 (나)는 (+)극에서 일어나는 반응이며 ㉠은 Cl^- 이다.

[정답맞히기] ㄱ. (가) 반응은 환원 반응이므로 (-)극에서 일어난다. 정답①

[오답피하기] ㄴ. (나) 반응이 일어날 때 ㉠인 Cl^- 은 전자를 잃으므로 산화된다.

ㄷ. 전기 분해가 일어나는 동안 이동하는 전자의 양(mol)은 같으므로 0~ t_s 동안 생성되는 물질의 양(mol)의 비는 $\text{Na} : \text{Cl}_2 = 2 : 1$ 이다.

7. 촉매가 반응 속도에 미치는 영향

정촉매는 반응의 활성화 에너지를 낮추어 반응 속도를 빠르게 하고 부촉매는 반응의 활성화 에너지를 높여 반응 속도를 느리게 한다.

[정답맞히기] ㄴ. 실험 II에서 촉매를 첨가했을 때 $\text{A}(g)$ 의 초기 농도와 같은 실험 I에서보다 초기 반응 속도가 크므로 촉매 X(s)는 정촉매이다.

ㄷ. 실험 I과 III을 비교해 보면 $\text{A}(g)$ 의 초기 농도가 2배일 때 초기 반응 속도도 2배 이므로 이 반응은 1차 반응이다. 정답④

[오답피하기] ㄱ. 활성화 에너지는 반응물의 농도나 온도의 영향을 받지 않으며 촉매에 의해서 변한다. 실험 I과 III의 온도는 같고 촉매를 첨가하지 않았으므로 정반응의 활성화 에너지는 같다. 따라서 ㉠ = ㉡이다.

8. 반응 지수와 평형 상수

[정답맞히기] ㄱ. 용기에 2mol의 $\text{A}(g)$ 를 넣었으므로 평형에 도달하기 전까지 정반응이 우세하게 진행된다.

ㄴ. 반응 초기 $[\text{A}] = 2\text{M}$ 이므로 $[\text{A}] = 1\text{M}$ 일 때 반응한 $[\text{A}] = 1\text{M}$, 생성된 $[\text{B}] = 0.5\text{M}$, $[\text{C}] = 1\text{M}$ 이다. 반응 지수는 $\frac{[\text{B}][\text{C}]^2}{[\text{A}]^2} = \frac{0.5 \times 1^2}{1^2} = \frac{1}{2}$ 이므로 $Q = K^\infty$ 인 평형 상태이다. 따라서 $[\text{A}] = 1\text{M}$ 일 때 정반응의 속도와 역반응의 속도는 같다.

□. $[C]=0.4\text{M}$ 일 때 반응한 $[A]=0.4\text{M}$, 생성된 $[B]=0.2\text{M}$ 이므로 용기 속 $[A]=1.6\text{M}$ 이다.
 따라서 반응 지수는 $\frac{[B][C]^2}{[A]^2} = \frac{0.2 \times 0.4^2}{1.6^2} = \frac{1}{20}$ 이므로 $Q < K$ 이다. 정답⑤

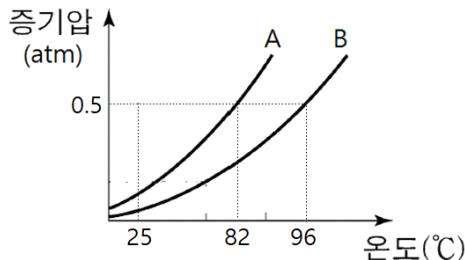
9. 증기 압력

[정답맞히기] 일정한 온도에서 증기압이 높을수록 분자 사이의 인력이 작으므로 기준 끓는점이 낮다. 따라서 $t^\circ\text{C}$ 에서 $P_A > P_B$ 이므로 기준 끓는점은 $B(l)$ 가 $A(l)$ 보다 높다.
 용질 C를 녹인 용액에서 $P_{\text{용액}} = (\text{용매의 몰분율}) \times P_{\text{용매}}$ 이다. C의 몰분율이 0.1, 0.25 일 때 각각 용매 A의 몰분율은 0.9, 0.75이므로 $x = 0.9P_{\text{용매}}$, $y = 0.75P_{\text{용매}}$ 이므로

$$\frac{x}{y} = \frac{0.9P_{\text{용매}}}{0.75P_{\text{용매}}} = \frac{6}{5}$$
 이다. 정답③

10. 상평형

제시된 자료를 바탕으로 증기압 곡선에 나타내면 다음과 같다.

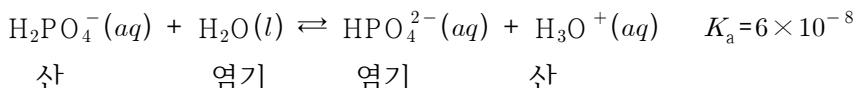


[정답맞히기] ㄱ. 82°C 일 때 $A(l)$ 의 증기압이 0.5atm 이므로 70°C 에서 $A(l)$ 의 증기압은 0.5atm 보다 낮다.

ㄴ. 증기압이 0.5atm 일 때 $A(l)$ 의 온도는 82°C , $B(l)$ 의 온도는 96°C 이다. 정답③

[오답피하기] □. 90°C , 0.25atm 에서 A의 안정한 상은 기체 1가지이다.

11. 완충 용액



[정답맞히기] ㄱ. 이 반응에서 H_2PO_4^- 는 산이고 그 짹염기는 HPO_4^{2-} 이다. 정답①

[오답피하기] ㄴ. $K_a = \frac{[\text{HPO}_4^{2-}][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]} = 6 \times 10^{-8}$ 이다. 수용액에서 $\frac{[\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]} = 1$ 이므로

$[\text{H}_3\text{O}^+] = K_a = 6 \times 10^{-8} < 10^{-7}\text{M}$ 이다. 따라서 $\text{pH} = 8 - \log 6 > 7$ 이다.

ㄷ. 수용액에 소량의 $\text{NaOH}(s)$ 을 가하면 H_3O^+ 의 농도가 감소하므로 정반응 쪽으로 반응이 진행하여 H_2PO_4^- 의 양(mol)은 감소한다.

12. 상평형 그림

[정답맞히기] ㄱ. (가)에서는 t_1 °C에서 X(g)와 X(l)이 평형을 이루고 있으므로 (나)로부터 압력이 1atm 보다 작음을 알 수 있다.

ㄴ. 고정 장치를 풀면 외부 압력이 1 atm이 되므로 t_1 °C, 1 atm에서 가장 안정한 상은 액체이다.

ㄷ. 고정 장치를 풀고 온도를 t_2 °C로 높이면 외부 압력과 같은 1atm이 되면서 액체와 기체의 2가지 상이 안정한 상태가 된다.

정답⑤

13. 용액의 농도

[정답맞히기] 1M A(aq) 10mL에 들어 있는 A의 양은 0.01mol이므로 질량은 $0.01 \times 100 = 1g$ 이고, 수용액의 밀도는 1.1g/mL이므로 수용액의 질량은 11g이다. 따라서 1M A(aq) 10mL에서 A의 질량은 1g, 물의 질량은 10g이다. 20% A(aq) xg 에서 용매의 질량은 $0.8x$ 이고, A의 양은 $\frac{0.2x}{100} = 0.002x\text{mol}$ 이다. 따라서 두 수용액을 혼합하여 2m의 A(aq)이 되어야 하므로 $\frac{0.01 + 0.002x}{10 + 0.8x} = 2$ 이므로 $x = 25$ 이다. 정답①

14. 기체의 압력과 부피

이상 기체 방정식은 $PV = nRT^\circ$ 이고, $n = \frac{w}{M}$ 이므로 $PV = \frac{w}{M}RT^\circ$ 이다.

[정답맞히기] ㄱ. $M = \frac{wRT}{PV}$ 이므로 X의 분자량은 $M_X = \frac{wRT}{p \times \frac{1}{2a}}$ 이고, Y의 분자량은

$M_Y = \frac{wRT}{2p \times \frac{1}{a}}$ 이다. 따라서 분자량은 X:Y=4:1이다.

ㄴ. 밀도는 $\frac{\text{질량}}{\text{부피}}$ 이므로 $\frac{(\text{나})\text{에서 } Y(\text{g})\text{의 밀도}}{(\text{가})\text{에서 } X(\text{g})\text{의 밀도}} = \frac{w \times a}{w \times 2a} = \frac{1}{2}$ 이다. 정답③

[오답피하기] ㄷ. (나)에서 압력을 유지하며 Y(g)의 온도를 2T K으로 높이면 $V \propto T^\circ$ 으로 부피는 2배가 된다. (나)에서 Y(g)의 부피는 $\frac{1}{a} L$ 이므로 2T K에서 부피는 $\frac{2}{a} L$ 이다.

15. 염기의 이온화 상수

[정답맞히기] $xM\ NH_3(aq)$ 100mL에 0.06M HCl(aq) 250mL를 첨가하였을 때 반응 $NH_3(aq) + HCl(aq) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + Cl^-(aq)$ 이 일어난다. $\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]} = 1$ 이므로 중화점의 절반의 부피를 가한 것이 되므로 $xM\ NH_3(aq)$ 100mL에 들어 있는 NH_3 의 양은 0.06M HCl(aq) 250mL의 HCl의 양(mol)의 2배가 된다. 따라서 $x \times 0.1 = 2(0.06 \times 0.25)$ 에서 $x = 0.3$ 이다. 0.06M HCl(aq) 250mL를 추가로 첨가하면 중화점에 도달하므로 NH_4^+ 의

양은 $0.3 \times 0.1 = 0.03 \text{ mol}$ 된다. 이때 수용액의 부피는 600 mL 이므로 $[\text{NH}_4^+] = \frac{0.03}{0.6} = 0.05 \text{ M}$ 이다. 이때 $\text{NH}_4^+(aq) + \text{H}_2\text{O}(aq) \rightleftharpoons \text{NH}_3(aq) + \text{H}_3\text{O}^+(aq)$ 이 일어나고 $[\text{NH}_3] = [\text{H}_3\text{O}^+] = n$ 이라 하면 $K_a = \frac{K_w}{K_b} \doteq \frac{n^2}{0.05} = \frac{1}{2} \times 10^{-9}$ 이므로 $n = 5 \times 10^{-6}$ 이다. 따라서 $y = \frac{0.05}{5 \times 10^{-6}} = 10^4$ 이고 $x \times y = 0.3 \times 10^4 = 3000$ 이다. 정답②

16. 반응 엔탈피와 결합 에너지

반응 엔탈피는 (반응물의 결합 에너지 합 - 생성물의 결합 에너지 합)으로부터 구할 수 있다. $\text{CO}_2(g)$ 의 생성 엔탈피는 -394 kJ/mol 이므로 반응 $\text{C}(s, \text{흑연}) + \text{O}_2(g) \rightarrow \text{CO}_2(g)$ $\Delta H = -394 \text{ kJ/mol}$ 이고 이를 결합 에너지로부터 나타내면 $x+d-2b=-394$ 이다. 따라서 $x=2b-d-394$ 이다.

반응 $\text{CH}_4(g) + 2\text{O}_2(g) \rightarrow \text{CO}_2(g) + 2\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 반응 엔탈피(ΔH)는 $a \text{ kJ}$ 이므로 이를 결합 에너지로 나타내면 $4y+2d-2b-4c=a$ 이다. 따라서 $y = \frac{a}{4} + \frac{b}{2} + c - \frac{d}{2}$ 이다. 정답①

17. 반응 속도

A의 1차 반응이므로 반감기가 일정한 반응이다. 실험 I 과 II에서 A의 농도가 $\frac{1}{2}$ 배 되는 데 걸리는 시간이 반감기에 해당하므로 반감기는 $4s$ 이다.

[정답맞히기] ㄱ. 1차 반응에서 반감기가 $4s$ 로 같으므로 온도는 $T_1 = T_2$ 이다.

ㄴ. 실험 I 의 반감기는 $4s$ 이고 $4s$ 일 때 $[\text{A}] = \frac{a}{3} \text{ M}$ 이므로 A의 초기 농도 $[\text{A}]_0 = \frac{2a}{3} \text{ M}$ 이다. $0 \sim 8s$ 동안 감소한 농도는 $\frac{2a}{3} - \frac{a}{6} = \frac{3a}{6} = \frac{a}{2} \text{ M}$ 이고, 시간은 $8s$ 이므로 평균 반응 속도는 $\frac{a}{2} \text{ M} \div 8s = \frac{a}{16} \text{ M/s}$ 이다.

ㄷ. 실험 II에서 $8s$ 일 때 $[\text{A}] = \frac{a}{3} \text{ M}$ 이므로 A의 초기 농도 $[\text{A}]_0 = \frac{4a}{3} \text{ M}$ 이다. 화학 반응식은 $\text{A}(g) \rightarrow 2\text{B}(g)$ 이므로 $4s$ 일 때 감소한 $[\text{A}] = \frac{2a}{3} \text{ M}$ 이고, 이때 생성된 $[\text{B}] = \frac{4a}{3} \text{ M}$ 으로 $5s$ 일 때 $[\text{B}]$ 는 $\frac{4a}{3} \text{ M}$ 보다 크다. 정답⑤

18. 반응 속도

[정답맞히기] 반응 초기 A의 몰분율이 $\frac{4}{5}$ 이므로 $\text{A}(g)$ 는 0.4M , $\text{C}(g)$ 는 0.1M 가 들어 있음을 알 수 있다. 반응이 계속 진행할수록 B의 몰분율은 $\frac{4}{9}$ 에 수렴해 가고, $[\text{A}]+[\text{C}]=0.5\text{M}$ 로 일정하므로 반응 후 $[\text{B}]=0.4\text{M}$, $[\text{C}]=0.5\text{M}$ 이어야 한다. 따라서 A의 양

이 모두 C가 되는 것이고, B의 양은 A와 같은 양으로 생성되므로 $a = c = 1$ 이고, 화학 반응식은 $A(g) \rightarrow B(g) + C(g)$ 임을 알 수 있다. 이 반응을 A의 1차 반응이라고 하고 반감기를 3분이라고 하면 양적 관계는 다음과 같다.

시간(분)	0	3	6	9	12
[A(g)] (M)	0.4	0.2	0.1	0.05	0.025
[B(g)] (M)	0	0.2	0.3	0.35	0.375
[C(g)] (M)	0.1	0.3	0.4	0.45	0.475
A의 몰분율	$\frac{4}{5}$	$\frac{2}{7} (=x)$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{17}$	
B의 몰분율		$\frac{2}{7} (=x)$	$\frac{3}{8}$	$\frac{7}{17}$	

따라서 $x = \frac{2}{7}$ 이고 12분일 때 $[A] + [B] + [C] = \frac{7}{8} M$ 이므로 $y = 12$ 이고, $\frac{y}{x} = \frac{12}{\frac{2}{7}} = 42$ 이다.

정답⑤

19. 평형 반응

[정답맞히기] Ar(g)은 반응에 참여하지 않으므로 $K_I = K_{II}$ 이다. 따라서 평형 I에서

기체의 부피를 $3V$ 라고 하면 $K_{II} = \frac{\frac{3}{3V}}{(\frac{3}{3V})^2} = V$ 이다. $\frac{K_{III}}{K_{II}} = 16$ 이므로 $K_{III} = 16V$ 이다. 평

형 II에서 Ar(g)의 부분 압력이 $\frac{4}{15}x \text{ atm}$ 이라고 하였고, 전체 양(mol)은 $(6+x)\text{mol}$

므로 전체 압력은 $\frac{4x}{15} : x = P_{II} : (6+x)$ 로부터 $P_{II} = \frac{4}{15}(6+x)$ 이다. 따라서 평형 II에

서 A와 B의 압력은 $P_A = P_B = \frac{4}{15}(6+x) \times \frac{3}{(6+x)} = \frac{4}{5} \text{ atm}$ 이다. 이로부터 평형 III에서

의 기체의 양을 구하면 $n \propto \frac{PV}{T}$ 이므로 평형 II에서보다 평형 III에서는 온도가 $\frac{1}{2}$ 배,

압력은 $\frac{5}{4}$ 배, 부피는 $\frac{4}{3}$ 배이므로 $n \propto \frac{\frac{5}{4} \times \frac{4}{3}}{\frac{1}{2}} = \frac{10}{3}$ 이므로 평형 II에서보다 평형 III에

서의 기체의 양은 $\frac{10}{3}$ 배가 되어 10mol임을 알 수 있다. $K_{III} > K_I$ 이므로 평형 II에

서 III으로 이동하면서 A의 양은 감소하고 B의 양은 증가한 것이고, A의 양은 $3 - 2n$, B의 양은 $3 + n$ 이고, 전체 기체의 양은 10mol이므로 Ar의 양은 $4 + n$ 이 된다.

$K_{III} = \frac{\left(\frac{3+n}{4V}\right)}{\left(\frac{3-2n}{4V}\right)^2} = 4V$ 에서 $n = 1$ 이다. 따라서 (다)에서 Ar의 양은 5mol이다. 평형 II

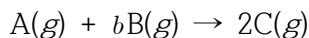
에서 $[B] = \frac{3}{3V} M$ 이고, 평형 III에서 $[Ar] = \frac{5}{4V} M$ 이므로 $\frac{\text{평형 II에서 } [B]}{\text{평형 III에서 } [Ar]} = \frac{4}{5}$ 이다. 정답②

20. 기체의 반응

[정답맞히기] (가)에서 $A(g)$ wg 을 n mol이라고 하면 $B(g)$ 의 부분 압력은 $\frac{2}{3} atm$ 이므로 $B(g)$ 는 $2n$ mol이다. 꼭지가 닫힌 상태이므로 강철 용기의 $A(g)$ 도 실린더에 들어 있는 질량과 같아서 n mol이다. 실린더 내 기체의 양은 $3n$ mol이므로 $PV = nRT$ 에서 $1 \times 3 = 3nRT$ 이므로 $R = \frac{1}{nT}$ 이다.

(나)에서 꼭지를 열었고 두 기체가 반응하지 않았으므로 기체의 양은 $4n$ mol이 되고 압력은 $1 atm$ 이므로 이때의 부피는 $V_{(나)}$ 라고 하면 $1 \times V_{(나)} = 4n \times R \times \frac{3}{2} T$ 에서 $R = \frac{1}{nT}$ 이므로 $V_{(나)} = 6L$ 이다. 따라서 실린더의 부피는 $4L$, 강철 용기의 부피는 $2L$ 이므로 강철 용기에 $A(g)$, $B(g)$ 는 각각 $\frac{2n}{3}$, $\frac{2n}{3}$ mol이 들어 있게 된다.

(다)에서 온도를 $2TK$ 으로 올렸을 때 반응 후 기체의 압력이 $\frac{4}{5} atm$ 이므로 반응 후 강철 용기 속 기체의 양은 $\frac{4}{5} \times 2 = n_{(다)} \times R \times 2T$ 이므로 $n_{(다)} = \frac{4n}{5}$ mol이다. 반응 전 기체의 총 양은 $\frac{4n}{3}$ mol 이므로 반응 후에 기체의 양이 감소한 것이므로 $b > 1$ 이고 강철 용기에서 $B(g)$ 가 모두 반응한 것임을 알 수 있다. 이로부터 화학 반응식의 양적 관계를 나타내면 다음과 같다.



반응 전(mol)	$\frac{2n}{3}$	$\frac{2n}{3}$	
반응(mol)	$-\frac{2n}{3b}$	$-\frac{2n}{3}$	$+\frac{4n}{3b}$
반응 후(mol)	$\frac{2n}{3} - \frac{2n}{3b}$		$\frac{4n}{3b}$

$\frac{2n}{3} + \frac{2n}{3b} = \frac{4n}{5}$ 에서 $b = 5$ 이고 (다) 과정 후 강철 용기 속 $A(g)$ 의 양은 $\frac{8n}{15}$ mol이다. 따라서 (가) 과정의 실린더에서 $[A] = \frac{n \text{ mol}}{3L}$ 이고, (다) 과정 후 강철 용기에서 $[A] = \frac{\frac{8n}{15} \text{ mol}}{2L}$ 이므로 $\frac{(\text{가}) \text{ 과정의 실린더에서 } [A]}{(\text{다}) \text{ 과정 후 강철 용기에서 } [A]} = \frac{5}{4}$ 이다.

정답①