

2019학년도 대학수학능력시험
과학탐구영역 화학Ⅱ 정답 및 해설

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

1. 물의 광분해

[정답맞히기] (가)는 물을 광분해해서 얻을 수 있고, 연료 전지에서 산소와 반응하여 전기 에너지를 얻을 수 있으므로 수소(H_2)이다. 정답①

2. 분자 간 힘

[정답맞히기] ㄱ. HF는 수소 결합을 형성하므로 HCl보다 끓는점이 높다. 끓는점은 $HX > HY$ 이므로 X는 F이다.

ㄴ. 2원자 분자는 분자 사이에 분산력만 작용하므로 분자량이 큰 $Y_2(Cl_2)$ 가 $X_2(F_2)$ 보다 끓는점이 높다. 따라서 $a < -34$ 이다.

ㄷ. 분산력은 모든 분자에 존재하므로 액체 상태의 HX 분자 사이에도 있다.

정답⑤

3. 물의 밀도

물은 액체 상태보다 고체 상태에서 밀도가 작다. ㉠ 결합은 수소 결합이고, ㉡ 결합은 공유 결합이다.

[정답맞히기] ㄱ. 0 °C에서 $H_2O(s)$ 의 밀도가 $H_2O(l)$ 보다 작은 것은 수소 결합으로 인해 생성된 빈 공간 때문에 부피가 증가해서이다.

ㄷ. $H_2O(l)$ 의 밀도는 4 °C에서가 0 °C에서보다 크므로 1 g의 부피는 0 °C에서가 4 °C에서보다 크다. 정답③

[오답피하기] ㄴ. 질량이 같으면 같은 분자 수가 존재하므로 0 °C에서 공유 결합의 수는 1 g의 $H_2O(s)$ 과 $H_2O(l)$ 이 같다.

4. 결정 구조

[정답맞히기] ㄱ. X는 꼭짓점의 4가지 입자가 단위 세포의 한 가운데 있는 입자와 인접하여 있으므로 단면에서 각 입자들은 서로 인접하지 않는다. 따라서 X는 체심 입방 구조이다.

ㄴ. X는 체심 입방 구조이므로 꼭짓점에 1개($8 \times \frac{1}{8}$), 체심에 1개로 총 2개의 입자가 단위 세포에 포함되어 있다. 따라서 $a = 2$ 이다. 정답④

[오답피하기] ㄷ. Y는 단순 입방 구조이므로 한 원자에 가장 인접한 원자 수가 6이다. 따라서 $b = 6$ 이다.

5. 엔트로피와 자발성

T_2 , 표준 상태에서 A는 액체이므로 T_1 은 녹는점, T_3 는 끓는점이다.

[정답맞히기] ㄴ. 주어진 그래프에서 보면 T_1 에서 $A(s) \rightarrow A(l)$ 반응의 ΔS 가 T_3 에서 $A(l) \rightarrow A(g)$ 반응의 ΔS 보다 작다. 정답②

[오답피하기] ㄱ. T_1 에서 $A(s) \rightarrow A(l)$ 반응의 $\Delta S > 0$ 이다. T_1 은 녹는점이므로 $A(s) \rightarrow A(l)$ 반응의 $\Delta G = 0$ 이다. $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 이므로 $\Delta H > 0$ 이다.

ㄷ. T_2 에서 A는 액체 상태이므로 $A(l) \rightarrow A(s)$ 반응은 비자발적($\Delta G > 0$)이다. 따라서 $\Delta H - T_2\Delta S > 0$ 이다.

6. 용액의 농도

35% $HCl(aq)$ x mL의 질량은 밀도를 곱하면 xd g이다. 이 중 HCl 의 질량은 $0.35xd$ g이다. 0.35M $HCl(aq)$ 1 L에는 0.35몰의 HCl 가 들어 있으므로 질량은 $0.35a$ g이다.

용질 HCl 의 질량은 변하지 않으므로 $0.35xd = 0.35a$ 이고, $x = \frac{a}{d}$ 이다. 정답④

7. 용액의 총괄성

[정답맞히기] ㄱ. 탐구 과정에서 물분율과 1기압에서 끓는점을 측정하고 있으므로 ㉠은 끓는점이다.

ㄴ. 자료의 T_1 은 용질의 물분율이 0.01인 $X(aq)$ 의 끓는점이므로 (가)에서 t_1 에서 끓기 시작한 온도에 해당한다. 더 가열한 t_2 에서 온도가 $T_2^\circ C$ 이고, 이때 물분율이 0.02이므로 $T_2 > T_1$ 이다.

ㄷ. 용질의 물분율이 각각 0.02인 $X(aq)$ 과 $Y(aq)$ 은 용질과 용매의 몰수 비가 같으므로 몰랄 농도가 같다. 정답⑤

8. 화학 전지

[정답맞히기] ㄱ. $Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Zn(s)$ 의 $E^\circ = -0.76V$ 로 4가지 반쪽 반응 중에서 가장 표준 환원 전위가 작으므로 Zn 반쪽 전지에서 산화 반응이 일어나고 (-)극이다.

ㄷ. $m = 3$ 일 때, 반응이 진행된다면 표준 환원 전위(E°)가 큰 반응이 먼저 일어나게 되므로 (+)극에서 $Fe^{3+}(aq) + e^- \rightarrow Fe^{2+}(aq)$ 의 반응이 일어나게 되어 (+)극에서 $[Fe^{3+}]$ 는 감소한다. (-)극에서는 $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$ 의 반응이 일어나므로 $[Zn^{2+}]$ 는 증가하게 된다. 따라서 $\frac{(+)\text{극에서}[Fe^{3+}]}{(-)\text{극에서}[Zn^{2+}]} < 1$ 이다. 정답③

[오답피하기] ㄴ. $m = 2$ 일 때, (-)극에서는 $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$, (+)극에서는 $2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$ 의 반응이 일어나므로 표준 전지 준위(E°)는 $0 - (-0.76) = 0.76V$ 이다.

9. 자유 에너지 변화(ΔG)와 자발성

[정답맞히기] ㄴ. $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 이므로 300 K, 표준 상태에서 이 반응이 자발적 ($\Delta G < 0$)이면, $1000x - 300y < 0$ 이므로 $x < \frac{3}{10}y$ 이다. 정답②

[오답피하기] ㄱ. 반응에서 기체의 분자 수가 감소하므로 엔트로피는 감소한다. 따라서 $y < 0$ 이다.

ㄷ. $1000x - 300y < 0$ 이고, $y < 0$ 이므로 $x < 0$ 이다. 따라서 $\Delta H < 0$ 인 발열 반응이다.

10. 용해도와 용액의 농도

[정답맞히기] ㄱ. 50 °C에서 포화 수용액의 질량이 A(aq)과 B(aq)이 같으므로 같은 질량의 물에 녹은 용질의 질량이 같아 용해도는 같다. 정답①

[오답피하기] ㄴ. 90 °C에서 A(aq)의 질량이 B(aq)보다 크므로 더 많은 용질이 녹은 A(aq)의 퍼센트 농도가 B(aq)보다 크다.

ㄷ. 포화된 B(aq)의 질량은 90 °C에서 33 g이고, 50 °C에서 27 g이므로 B(s) 6 g이 석출됨을 알 수 있다. 따라서 90 °C에서 B(aq) 55 g의 온도를 50 °C로 낮추면 B(s) 10 g이 석출된다.

11. 중화 적정

온도 T에서 HA의 이온화 상수가 HB보다 크므로 적정 전 pH는 HA가 작다. 따라서 HA(aq) 50 mL는 0.1M NaOH(aq) 30 mL를 가했을 때 중화점에 도달한 것이 된다.

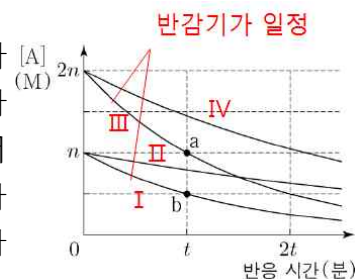
[정답맞히기] ㄱ. HA(aq)의 몰농도를 xM이라고 하면 중화점에서 $x \times 0.05 = 0.1 \times 0.03$ 이므로 $x = 0.06$ 이다. 정답①

[오답피하기] ㄴ. HB(aq)은 HA(aq)과 몰농도가 같으므로 0.06M이다. HB의 이온화 상수 $K_a = 1 \times 10^{-5}$ 이므로 $K_a = 0.06 \times (\alpha)^2$ 이고, $C\alpha = 0.06 \times \sqrt{\frac{1 \times 10^{-5}}{0.06}} = 10^{-3} \sqrt{0.6}$ 이므로 pH는 3보다 작다.

ㄷ. HB의 이온화 상수 $K_a = \frac{[H^+][B^-]}{[HB]}$ 이므로, 일정한 온도에서 $10^{-5} = \frac{10^{-9} \times [B^-]}{[HB]}$ 이고 $\frac{[B^-]}{[HB]} = 1 \times 10^4$ 이다.

12. 반응 속도

실험 I 과 III에서 다른 조건은 동일하고 반응물의 농도가 2배가 되었으므로 만약 1차 반응이라면 반감기가 일정하게 나오는 그래프가 2개이어야 한다. 주어진 그래프에서 A의 농도가 서로 다르면서 반감기가 일정한 반응이 2가지 존재하므로 이 반응은 1차 반응이다. 따라서 a를 통과하는 그래프가 실험 III에 해당하고, b를 통과하는 그래프가 실험 I에 해당한다.



[정답맞히기] ㄱ. 실험 IV가 실험 III보다 반응 속도가 느리므로 III의 온도보다 낮은 온도이다. 따라서 $T_1 > T_2$ 이다.

ㄴ. $X(s)$ 를 촉매로 넣은 II의 반응 속도가 I에서보다 느리므로 $X(s)$ 는 부촉매이다.

ㄷ. t 분 동안 농도 변화량이 a에서가 b에서의 2배이므로 순간 반응 속도는 a에서가 b에서의 2배이다. 정답⑤

13. 상평형

[정답맞히기] ㄴ. (나)에서(25 °C) 피스톤을 들어 올려서 $H_2O(l)$ 과 $H_2O(g)$ 가 존재하게 되었으므로 압력은 1기압보다 작다.

ㄷ. (다)는 삼중점이므로 이후 실린더의 고정 장치를 풀고 충분한 시간이 지나면 t °C, 1기압 상태가 되어 액체 상태로 존재하게 된다. 정답④

[오답피하기] ㄱ. (가)에서(25 °C, 1기압) H_2O 은 액체 상태로 존재하므로 $H_2O(l) \rightarrow H_2O(g)$ 의 반응은 비자발적이다.

14. 화학 평형

[정답맞히기] $A(g)$ 1몰, $B(g)$ 2몰이 들어 있는 상태에서 반응이 진행되어 $C(g)$ 의 몰분율이 $\frac{1}{3}$ 일 때는 A~C의 몰수가 각각 $1-x$, $2-x$, $2x$ 이어야 하고, C의 몰분율은

$$\frac{2x}{(1-x) + (2-x) + 2x} = \frac{1}{3} \text{ 이므로 } x = 0.5 \text{이다. 따라서 A~C의 몰수는 각각 0.5몰, 1.5}$$

몰, 1몰이므로 반응 지수 $Q = \frac{1^2}{0.5 \times 1.5} = \frac{4}{3}$ 이다. $K = 3Q$ 이므로 $K = 4$ 이다. 평형 상태

에서 A~C의 몰수를 각각 $1-p$, $2-p$, $2p$ 라고 하면 $K = \frac{[C]^2}{[A][B]} = \frac{(2p)^2}{(1-p)(2-p)} = 4$ 이고, $p = \frac{2}{3}$ 이다. 따라서 평형 상태에서 A의 몰수는 $\frac{1}{3}$ 몰이다. 정답②

15. 자유 에너지 변화(ΔG)

주어진 자료를 온도 T 에 따른 자유 에너지 변화(ΔG)로 나타내면 다음과 같다.

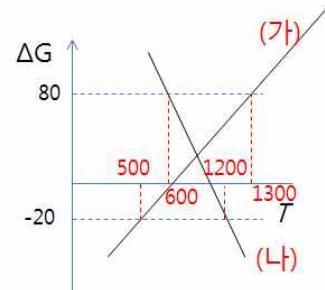
[정답맞히기] ㄱ. (가)의 $\Delta H < 0$ 이고, (나)의 $\Delta H > 0$ 이므로 ΔH 는 (나)가 (가)보다 크다.

ㄴ. $|\Delta S|$ 는 기울기와 같으므로 (나)가 (가)보다 크다.

ㄷ. $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ 이므로 (나)에서 $-20 = \Delta H - 1200\Delta S$, $80 =$

$\Delta H - 600\Delta S$ 이다. 이를 풀면 $\Delta H = 180 \text{ kJ}$, $\Delta S = \frac{1}{6} \text{ kJ/K}$ 이다. 따라서 800 K에서

$\Delta G = 180 - \frac{800}{6} > 0$ 이므로 비자발적이다. 정답⑤



16. 표준 생성 엔탈피

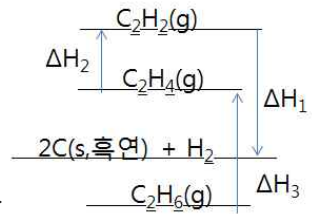
표준 생성 엔탈피 비교를 그래프로 나타내면 다음과 같다.

[정답맞히기] ㄱ. ΔH_2 는 엔탈피가 높아지므로 $\Delta H_2 > 0$ 이다.

ㄴ. 표준 생성 엔탈피로 비교하면 $|\Delta H_2 + \Delta H_3| > |\Delta H_1|$ 이다.

[오답피하기] ㄷ. $\Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$ 은 반응 $C_2H_6(g) \rightarrow$

$2C(s, \text{흑연}) + H_2(g)$ 의 엔탈피 변화와 같으므로 $C_2H_6(g)$ 의 분해 엔탈피와 같다.



17. 반응 속도

반응 시간에 따른 A의 농도 변화로부터 0차 반응임을 알 수 있다. 또한 시간에 따른 A의 몰분율이 감소하므로 반응 후 기체 분자 수가 늘어나는 반응임을 알 수 있다.

($b > a$)

[정답맞히기] ㄱ. 0차 반응이므로 같은 시간 동안에 반응하는 몰수가 같다. 따라서

(t 분 후) $aA \rightarrow bB + C$

($2t$ 분 후) $aA \rightarrow bB + C$

반응 전 x

반응 전 x

반응 후 $x-a \quad b \quad 1$

반응 후 $x-2a \quad 2b \quad 2$

t 분에서 A의 몰분율은 $\frac{x-a}{x-a+b+1} = \frac{9}{13}$, $2t$ 분에서 A의 몰분율은

$\frac{x-2a}{x-2a+2b+2} = \frac{7}{15}$ 이므로 이를 풀면 $b = 2a - 1$ 이다.

ㄴ. t 분에서 A의 몰분율에 $b = 2a - 1$ 를 대입하면

$\frac{x-a}{x-a+b+1} = \frac{x-a}{x-a+(2a-1)+1} = \frac{x-a}{x+a} = \frac{9}{13}$ 이고, $a = \frac{2}{11}x$ 이다. $3t$ 분에서는 A의 몰

수가 $x - 3a$ 이므로 $x - 3(\frac{2}{11}x) = \frac{5}{11}x$ 몰이고, 강철 용기는 1 L이므로 $[A] = \frac{5}{11}x$ M이다.

정답③

[오답피하기] ㄷ. 0차 반응의 반응 속도식은 $[A]_t = [A]_0 - kt$ 이므로 그래프로부터

$\frac{x}{2} = x - ky$ 이고 $k = \frac{x}{2y}$ 임을 알 수 있다. 따라서 2 L인 용기에 x 몰의 A를 넣어 반응

시키면 $\frac{x}{4}$ M가 될 때까지의 시간 t 는 $\frac{x}{4} = \frac{x}{2} - kt = \frac{x}{2} - (\frac{x}{2y})t$ 에서 $\frac{y}{2}$ 분임을 알 수 있

다.

18. 기체의 반응

[정답맞히기] 기체의 분자 수는 압력과 부피의 곱에 비례하므로 (가)에서 A의 분자 수를 $2.5n$, He의 분자 수를 $2n$ 이라고 할 수 있다. (나) 과정 후에 A는 남아 있지 않

므로 A는 모두 소모되었고, He과 B의 부분 압력이 같으므로 두 기체의 분자 수는 같다. 이를 양적 관계로 나타내면 다음과 같다.



반응 전 $2.5n \quad x$

$$\text{반응} \quad -2.5n \quad -\frac{2.5n}{a} \quad +\frac{7.5n}{a} \quad +\frac{10n}{a}$$

$$\text{반응 후} \quad x - \frac{2.5n}{a} \quad \frac{7.5n}{a} \quad \frac{10n}{a}$$

반응 후 기체의 온도는 400 K인데 이를 300 K으로 바꾸어 생각해 보면 부피는 7.5 L가 된다. 따라서 (나) 과정 후 1기압 300 K에서 7.5 L는 7.5n의 분자 수로 나타낼 수 있다.

$x - \frac{2.5n}{a} = 2n$ 이고, He을 포함하면 $4n + \frac{7.5n}{a} + \frac{10n}{a} = 7.5n$ 에서 $a = 5$ 이다. 따라서 반응한 B의 몰수는 0.5n이고, 남은 몰수는 2n이므로 총 몰수는 2.5n(=n_B)이다. 따라서

$$\frac{n_A}{n_B} = \frac{2.5n}{2.5n} = 1 \text{이다.}$$

정답②

19. 반응 속도

[정답맞히기] A의 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 몰농도의 변화는 2t에서 3t 사이에 0.5M 증가하였음을 알 수 있다. t가 반감기라고 하면 t~2t 사이의 변화는 1M, 0~t 사이의 변화는 2M이므로 2t~3t의 농도 변화인 0.5M과 같은 모습을 보일 수 있다. 따라서 t는 반감기이고, $x = 2$ 이다. T₂에서는 T₁보다 반응 속도가 0.5배이므로 반응 속도 상수(k)가 0.5배인 것이다. 따라서 반감기도 T₂에서는 2t분이 되어, 1 L 강철 용기에 A 4몰(2x)을 넣고 반응시키면 2t분 후 A(g)의 농도는 2M이다.

정답①

20. 화학 평형

[정답맞히기] ㄱ. 평형 II에서 A의 몰수를 2-x라고 하면 B는 2+2x, Ne은 9몰이다. B의 몰분율이 $\frac{1}{5}$ 라고 하였으므로 $\frac{2+2x}{13+x} = \frac{1}{5}$ 에서 $x = \frac{1}{3}$ 이다. 따라서 평형 II에서 혼합 기체의 몰수는 $\frac{40}{3}$ 몰이다.

ㄴ. 평형 상수는 I과 II에서 같으므로 평형 I에서 $K = \frac{(\frac{2}{V_1})^2}{\frac{2}{V_1}} = \frac{2}{V_1}$, 평형 II에서 A

는 $\frac{5}{3}$ 몰, B는 $\frac{8}{3}$ 몰이므로 $K = \frac{(\frac{8}{3V_2})^2}{\frac{5}{3V_2}} = \frac{1}{V_2} \times \frac{64}{15}$ 이다. 따라서 $\frac{V_2}{V_1} = \frac{32}{15}$ 이다.

ㄷ. 평형 I 과 II 의 온도는 같으므로 $PV = nRT$ 에서 $T = \frac{PV}{nR}$ 이고, 이를 대입하면

$\frac{PV_1}{4n} = \frac{1 \times V_2}{\frac{40}{3}n}$ 이므로 $P = \frac{V_2}{V_1} \times \frac{3}{10} = \frac{16}{25}$ 이다. 정답⑤