

2014학년도 대학수학능력시험 (화학Ⅱ)

정답 및 해설

〈정답〉

1. ① 2. ① 3. ⑤ 4. ④ 5. ④ 6. ③ 7. ② 8. ① 9. ⑤ 10. ③
11. ① 12. ② 13. ③ 14. ⑤ 15. ③ 16. ① 17. ⑤ 18. ④ 19. ② 20. ⑤

〈해설〉

1. <정답 맞히기> ① 신약 개발 과정에서 분자 모델링의 과정을 통해서 신약으로 쓰일 물질의 분자 구조를 파악하게 되었으므로 인류 복지에 크게 기여하게 되었다.

2. <정답 맞히기> ㄱ. 열린계에서는 주위와 물질 및 에너지의 교환이 있다.

<오답 피하기> ㄴ. 고립계에서도 액체 상태의 물이 자발적으로 증발하여 물의 부피가 감소하고 있으므로 엔트로피는 증가한다.

ㄷ. 열린계와 고립계에서 모두 물이 자발적으로 증발하여 물의 부피가 감소하고 있는 상태이므로 자유 에너지 변화 $\Delta G < 0$ 이다.

3. <정답 맞히기> ㄱ. (가)의 단위세포 안에는 중심에 있는 입자 1개와 모서리에 있는 입자 $1(8개 \times \frac{1}{8})$ 개가 있으므로 총 2개의 입자가 있다. (나)의 단위세포 안에는 각 면에 있는 입자 $3개(6개 \times \frac{1}{2})$ 와 각 모서리에 있는 입자 $1(8개 \times \frac{1}{8})$ 개가 있으므로 총 4개의 입자가 있다. 따라서 단위 세포에 포함된 입자수는 (나)가 (가)의 2배이다.

ㄴ. (나)는 각 면의 중심에 Cu 원자가 위치하므로 면심 입방 구조이다. (가)는 체심 입방 구조이고, (다)는 단순 입방 구조이다.

ㄷ. (다)의 단위 세포에 포함된 Na^+ 은 중심에 있는 입자 1개와 각 선에 있는 입자 $3개(12개 \times \frac{1}{4})$ 로 총 4개이다.

4. <정답 맞히기> ㄱ. 온도가 일정하므로 t_1 과 t_2 에서 A의 증발 속도는 같다. 다만 응축되는 속도는 t_1 보다 t_2 에서 빠르므로 t_2 에서 동적 평형 상태에 도달하여 수은 기둥의 높이가 일정해진다.

ㄷ. 증기 압력은 B가 A보다 크므로 분자 간의 인력은 B가 A보다 크다. 따라서 물 증발열은 B가 A보다 크다.

<오답 피하기> ㄴ. 증기 압력은 온도가 일정하면 일정하므로 부피가 2배로 되어도 A의 증기 압력은 a로 같다.

5. 열량계에 흡수된 총 열 $Q = (\text{열용량} \times \text{온도 변화})$ 이다.

<정답 맞히기> ㄴ. 탄소 가루의 완전 연소로 열량계에 흡수된 열은 $Q = 40 \times 0.5 = 20\text{kJ}$ 이다.

ㄷ. 탄소 가루가 불완전 연소 되면 발생하는 열량은 완전 연소보다 작으므로 t_2 는 23.7°C 보다 낮게 측정된다.

<오답 피하기> ㄱ. 탄소 가루와 산소 기체의 완전 연소 반응은 $\text{C}(s) + \text{O}_2(g) \rightarrow \text{CO}_2(g)$ 이다. 0.6g 의 탄소 가루는 0.05mol 이고, 산소 기체의 몰수는 0.1mol 이므로 강철 용기 내부 기체는 반응 전에는 산소 기체 0.1mol 이고 반응 후에는 산소 기체 0.05mol 과 이산화 탄소 기체 0.05mol 이 존재하게 되어 0.1mol 의 기체가 존재한다. 따라서 반응 전후의 강철 용기 내부 기체의 몰수는 반응 전 후에 같다.

6. 수용액의 몰랄 농도가 증가하면 증기 압력은 감소한다.

<정답 맞히기> ㄱ. 몰랄 농도가 0일 때 용액 (가)의 증기 압력이 (나)보다 크므로 용매의 분자 간 인력은 B가 A보다 크다.

ㄷ. 몰랄 농도가 m_2 인 용액 (가)와 용매 B의 증기 압력은 P_1 으로 같으므로 외부 압력 P_1 에서 끓는점은 같다.

<오답 피하기> ㄴ. 끓는점에서 외부 압력과 증기 압력은 같아지므로 용액 (가)와 (나)는 끓는점에서 증기 압력이 같다.

7. <정답 맞히기> 일정한 온도에서 기체의 분자 수는 압력과 부피의 곱에 비례한다. 반응 전에는 분자의 수가 X는 $3V$ 개, Y는 $4V$ 개 있었고 $\text{X}(g) + \text{Y}(g) \rightarrow \text{Z}(g)$ 반응 후에는 분자 Y가 V 개, Z가 $3V$ 개 존재하게 된다. 반응 후에는 콕이 열린 상태이므로 전체 압력은 1기압이 되고 부피는 $(4 + V)$ 가 되므로 $1 \times (2V + 4) = 4V$ 가 되어 $V = 2L$ 이다.

8. 반응의 자발성은 자유 에너지 변화 ($\Delta G = \Delta H - T\Delta S$)로 판단한다.

<정답 맞히기> ㄱ. 반응 I은 $\Delta H < 0$, $T\Delta S < 0$ 이고 그 크기는 $\Delta H > T\Delta S$ 이므로 $\Delta G < 0$ 이다. 반응 II는 $\Delta H < 0$, $T\Delta S > 0$ 이므로 온도에 관계없이 $\Delta G < 0$ 이다. 반응 III은 $\Delta H > 0$, $T\Delta S > 0$ 이고 그 크기는 $\Delta H < T\Delta S$ 이므로 $\Delta G < 0$ 이다. 반응 I~III은 모두 $\Delta G < 0$ 이므로 모두 자발적으로 일어난다.

<오답 피하기> ㄴ. 25°C 에서 $\text{H}_2\text{O}(s) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(l)$ 의 반응은 흡열 반응이므로 $\Delta H > 0$ 이고, 엔탈피에서 기체로의 승화이므로 $T\Delta S > 0$ 이므로 반응III에 해당한다.

ㄷ. $\text{C}_3\text{H}_8(g) + 5\text{O}_2(g) \rightarrow 3\text{CO}_2(g) + 4\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 반응은 연소 반응이므로 $\Delta H < 0$ 이고 반응 전후에 기체의 분자 수가 증가하므로 $T\Delta S > 0$ 이다. 따라서 반응II에 해당한다.

9. <정답 맞히기> 수용액 전체의 질량은 600g 이므로 수용액의 %농도를 구하기 위해서 용질의 질량을 구해야 한다.

$$1.5\text{M NaOH 수용액에 포함된 NaOH의 질량} = 1.5 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times a\text{L} \times 40 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 60a\text{g}$$

밀도가 1.06g/mL인 1.5m NaOH수용액 0.1L에 포함된 NaOH의 질량을 x 라고 하면,

$1.5m = \frac{x}{40} / \frac{106-x}{1000}$ 이므로 $x = 6g$ 이 된다. 따라서 이 혼합 수용액의 %농도는

$$\frac{60a+6}{600} \times 100 = 10a+1 \text{ 이다.}$$

10. 무극성 분자의 분자간의 힘인 분산력은 분자량이 크면 크다.

<정답 맞히기> ㄱ. $CX_4 \sim CZ_4$ 는 모두 정사면체 구조를 갖는 무극성 분자이다. 따라서 끓는점은 분자량의 크면 높으므로 X는 F, Y는 Cl, Z는 Br이다. 따라서 분산력은 분자량이 가장 큰 CZ_4 가 CY_4 보다 크다.

ㄴ. X는 F이므로 HF인 HX는 분자 간에 수소 결합을 한다.

<오답 피하기> ㄴ. 전기 음성도의 크기는 Y인 Cl이 Z인 Br보다 크므로 극성의 크기는 $HY > HZ$ 가 되어 할로젠화 수소의 쌍극자-쌍극자 힘은 $HY > HZ$ 이다.

11. $PV = nRT$ 으로부터 분자량을 구하는 식을 나타내면 $M = \frac{wRT}{PV}$ 이다.

<정답 맞히기> ㄴ. $M = \frac{wRT}{PV}$ 에 대입하기 위해서 압력은 대기압에서 수증기압을 빼야한다.

$$P = P_1 - P_2 \text{ 이므로 이 실험으로부터 구한 분자량은 } \frac{0.09g \times 0.08 \frac{L \cdot \text{기압}}{\text{몰} \cdot K} \times 300K}{0.96 \text{기압} \times 0.05L} = 45 \text{ 이다.}$$

<오답 피하기> ㄱ. 눈금 실린더에 가해지는 외부 압력은 대기압으로 같다. 하지만 그림 II에서 외부 압력 = C_3H_8 의 증기압력 + 수증기압 + 물기둥의 압력이다. 그림 III에서는 외부 압력 = C_3H_8 의 증기압력 + 수증기압이므로 눈금 실린더 속 C_3H_8 의 부분 압력은 그림 III에서가 II에서 보다 크다.

ㄴ. (다)에서 측정된 T 가 330K이면 눈금 실린더 내부의 수증기 분자 수가 증가하므로 C_3H_8 의 몰분율은 300K일 때 보다 작다.

12. $CO_2(g)$ 의 생성열 ΔH_1 은 $C(s, \text{흑연}) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$ 의 반응열,

$H_2O(g)$ 의 생성열 ΔH_2 는 $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(g)$ 의 반응열,

$H_2O(l)$ 의 분해열 ΔH_3 는 $H_2O(l) \rightarrow H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g)$ 의 반응열이다.

<정답 맞히기> ㄴ. (가)의 엔탈피 변화는 3분자의 $CO_2(g)$ 와 4분자의 $H_2O(l)$ 가 생성되는 반응의 엔탈피 변화이므로 $3\Delta H_1 - 4\Delta H_3$ 이다.

<오답 피하기> ㄱ. $H_2O(l)$ 의 몰 증발열(ΔH)은 $H_2O(l) \rightarrow H_2O(g)$ 의 반응열이므로 $\Delta H_2 + \Delta H_3$ 이다.

ㄴ. $3\Delta H_1 + 4\Delta H_2$ 에 해당하는 반응은 3분자의 $CO_2(g)$ 와 4분자의 $H_2O(g)$ 가 생성되는 연소 반응으로 발열 반응이다.

13.

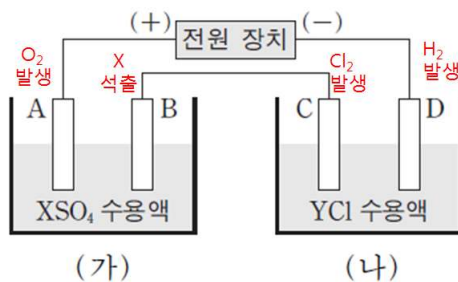
<정답 맞히기> ㄱ. t_1 에서 온도 변화에 의해서 몰수의 변화량이 가장 큰 물질이 화학 반응식의 계수가 가장 큰 B이다. 따라서 B는 감소하고 A는 증가하는 것이므로 평형이 역반응으로 이동하게 된 것이다. 정반응은 흡열 반응이므로 t_1 에서 온도를 감소시켜 발열 반응인 역반응이 유도된 것이다.

ㄴ. 평형 I에서 C의 농도를 구하기 위해서 평형 I과 II에서 평형 상수(K)의 관계를 나타내는 다음 식을 이용해야 한다.

$\frac{4^2 \times C}{2} = 12 \times \frac{2^2 \times (C-1)}{3}$ 이 식으로부터 C의 몰수는 2몰이 된다. 따라서, 평형 II에서 C의 몰수는 1몰이 되고, B의 몰수는 2몰이다.

<오답 피하기> ㄴ. t_3 에서 농도 변화량을 보면 감소하는 물질은 B이고 증가하는 물질은 A이므로 첨가한 물질은 C이다.

14. 각 수용액에서 일어나는 전기 분해의 결과는 다음과 같다.

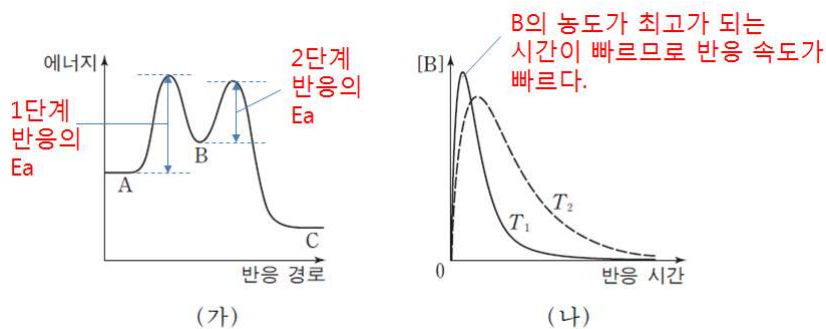


<정답 맞히기> ㄱ. (가)의 (+)극에서는 O_2 가 발생한다. 이 과정은 $2H_2O(l) \rightarrow O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^-$ 이므로 H^+ 이 증가하여 pH는 감소한다.

ㄴ. 전극 D에서는 금속 Y가 전기 분해에 참여하지 않고 기체가 발생하였으므로 물이 전기 분해되어 생성되는 H_2 이다.

ㄷ. 표준 환원 전위(E°)가 큰 금속이 전기 분해 과정에서 석출되므로 표준 환원 전위는 X가 Y보다 크다.

15. 반응 속도 상수(k)는 활성화 에너지가 작을수록 크다.

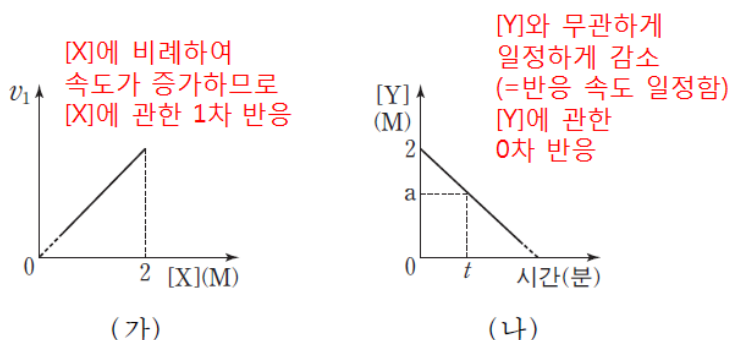


<정답 맞히기> ㄱ. C의 에너지가 A보다 낮으므로 결합 에너지의 합은 C가 A보다 크다.

ㄴ. (가)에서 두 단계의 활성화 에너지(E_a)의 크기를 비교하면 2단계가 1단계보다 작으므로 반응 속도는 2단계에서 더 빠르다. 따라서 반응 속도 상수는 2단계가 더 크므로 k_2 는 k_1 보다 크다.

<오답 피하기> ㄷ. (나)에서 B의 농도가 최고가 되는 반응 시간이 T_1 에서 T_2 에서보다 짧으므로 반응 속도는 T_1 에서 T_2 에서보다 빠르다. 온도가 높을수록 반응 속도는 빠르므로 T_2 는 T_1 보다 높다.

16. (가)와 (나)에서 반응 속도식을 나타낼 수 있다.



<정답 맞히기> ㄴ. X와 Y를 각각 2M로 하여 반응 시켰을 때, 반응 시간이 t분이면 반응 속도가 일정한 Y의 농도는 a이지만, 반응물의 농도가 시간이 갈수록 감소할수록 X의 반응 속도는 감소하므로 남아 있는 X의 농도는 aM보다 크다.

<오답 피하기> ㄱ. (가)에서 v_1 은 [X]에 비례하여 증가하므로 X에 관한 1차 반응이다. 따라서 $v_1 = k[X]$ 이고 $m = 1$ 이다. (나)에서 Y의 농도는 일정한 속도로 감소하므로 Y에 관한 0차 반응이다. 따라서 $v_2 = 2k[Y]^0 = 2k$ 이다

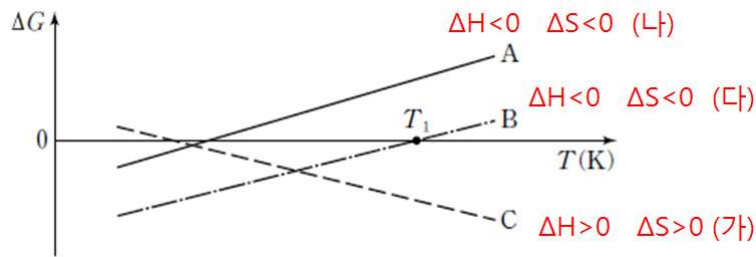
ㄷ. 1.8M일 때 $v = 1.8k + 2k = 3.8k$ 이고, 1.2M일 때 $v = 1.2k + 2k = 3.2k$ 이다.

17. <정답 맞히기> ㄱ. (가)에서 자유 에너지의 변화 $\Delta G = 0$ 인 지점의 A의 몰분율이 $\frac{2}{3}$ 이므로 (나)에서 전체 몰수 12몰 중에서 A의 몰수는 8몰, B의 몰수는 4몰임을 알 수 있다. 따라서 평형에서 A의 농도는 $\frac{8\text{몰}}{4L} = 2M$ 이다.

ㄴ. (나)에서 콕을 열기 전 A는 2몰, B는 8몰이었는데 평형에 도달하였을 때 몰수는 A는 8몰, B는 4몰이므로 기체의 몰수 변화량으로 화학 반응식을 완성할 수 있다. A는 6몰이 증가하였고, B는 4몰이 감소하였으므로 $3A(g) \rightleftharpoons 2B(g)$ 이다. 3분자의 A가 2분자의 B로 변화하므로 분자량은 B가 A의 1.5배이다.

ㄷ. (나)에서 A의 농도는 2M, B의 농도는 1M이므로 이를 대입하면 $K = \frac{[B]^2}{[A]^3} = \frac{1}{8}$ 이다.

18. 그림의 온도(T)에 따른 반응의 자유 에너지 변화($\Delta G = \Delta H - T\Delta S$)에서 ΔH 는 y절편을 $-\Delta S$ 는 기울기를 나타낸다.



<정답 맞히기> ㄱ. A는 그래프에서 y절편이 (-)값이므로 $\Delta H < 0$ 이고, 기울기가 (+)값이므로 $\Delta S < 0$ 이다. (나)와 (다)는 모두 $\Delta H < 0$, $\Delta S < 0$ 이지만 ΔH 가 더 큰 (나)가 A에 해당한다.

ㄴ. (가)는 그림에서 C에 해당하므로 y절편이 (+)값을 나타내는 $\Delta H > 0$ 이다. 따라서 $x > 0$ 이다.

<오답 피하기> ㄴ. B에서 $T > T_1$ 일 때 $\Delta G > 0$ 이므로 $\Delta H - T\Delta S > 0$ 이어야 한다. B에서 $\Delta H < 0$, $\Delta S < 0$ 이므로 $|\Delta H| < |T\Delta S|$ 이다.

19. 약산과 강염기의 적정에서 $[HA] = [A^-]$ 인 지점은 중화점의 $\frac{1}{2}$ 에 도달한 지점(반당량점)

을 나타낸다. 이때의 pH가 6인 것은 $K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$ 에 의해서 HA의 $K_a = 10^{-6}$ 임을 나타낸다.

<정답 맞히기> ㄴ. (가)의 혼합 수용액에 0.5M BOH(aq) 100mL를 가하면 중화점에 도달하게 된다. 이때 새로 만들어진 혼합 수용액에 존재하는 A^- 은 약산의 짝염기이므로 가수 분해하게 되어 강산의 짝염기인 B^+ 보다 농도가 작게 된다.

<오답 피하기> ㄱ. (가)에서 혼합 수용액이 $[HA] = [A^-]$ 을 나타내면서 pH = 6이라는 것은 약산과 강염기의 적정 곡선에서 중화점에 도달하기까지 필요한 BOH(aq)의 $\frac{1}{2}$ 인 지점을 나타낸다. 따라서, (가)에서 혼합 전 HA(aq)의 농도는 넣어준 BOH(aq) 농도의 2배인 1.0M이다. (다른 풀이) 약산인 (가)의 pH=3이고 $K_a = 10^{-6}$ 이므로 $C\alpha = 10^{-3}$, $C\alpha^2 = 10^{-6}$ 이므로 $C = 1.0M$ 이다.

ㄴ. (나)에서 혼합 수용액은 pH=6이므로 (가)의 혼합 수용액과 같이 중화점의 $\frac{1}{2}$ 에 도달한 지점(반당량점)을 나타낸다. x mL를 구하기 위해서는 혼합하기 전 수용액의 몰농도를 구하여 그 안에 포함된 H^+ 의 몰수가 $\frac{1}{2}$ 이 되게 하는 양을 구해야 한다. (나)의 혼합전 HA수용액의 pH=4이므로 $C\alpha = 10^{-4}$, 혼합 수용액의 pH=6이므로 $K_a = 10^{-6}$, $C\alpha^2 = 10^{-6}$ 이 되어 $C = 10^{-2}M$ 가 된다. 처음 HA 수용액의 H^+ 의 몰수는 $10^{-2}M \times 0.1L = 0.001mol$ 이 되고 이 몰수의 $\frac{1}{2}$ 이 되는 양이 BOH에 의해서 중화 반응하게 되므로 $0.5M \times x = 0.0005mol$ 이므로 $x = 1mL$ 이다.

20. 표를 해석하면 다음과 같다.

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

일정한 반감기
 온도가 높아졌음에도 촉매를 사용하여 반응 속도가 느려졌음

<정답 맞히기> ㄱ. 0~2분 사이에는 온도가 일정하지만, 3분에서 촉매를 사용하고 온도를 2배 보다는 작게 올렸다. 3분에서는 온도가 2배보다는 작으므로 0.4기압보다는 큰 기압을 나타내야 하나 부촉매를 사용하였기 때문에 0.8기압이 되고 Y의 기압도 1.2기압보다 증가하게 된다.

ㄴ. 온도를 2배로 만들지는 않았지만 그래도 온도 상승을 하였음에도 불구하고, X의 압력이 2분 후와 같은 것으로 보아 넣어준 촉매가 반응 속도를 느리게 해주는 부촉매이다.

ㄷ. 평균 반응 속도는 0~1분 사이에서 X의 압력이 1.6기압 소멸되는 것이었고, 2~3분에서는 온도 T_2 가 T_1 의 2배보다는 작으면서 X의 압력 변화가 없으므로 평균 반응 속도는 0~1분에서 2~3분에서의 4배보다 크다.