

2016학년도 대학수학능력시험
과학탐구영역 화학Ⅱ 정답 및 해설

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

1. 자원의 활용(녹색 화학)

화석 연료의 연소 과정에서 다량 배출되는 온실 가스는 이산화 탄소이다.

[정답맞히기] ④ 이산화 탄소(CO_2)는 화석 연료의 연소 과정에서 발생하는 온실 기체이다. 정답④

[오답피하기] ①, ② He와 N_2 는 상온에서 거의 반응하지 않는 기체이다.

③ O_2 는 온실 기체가 아니다.

⑤ CaO 는 CaCO_3 의 열분해를 통해 얻을 수 있으며, 물과 반응하면 열이 발생하는 고체 물질이다.

2. 기체의 확산

모형은 기체 분자들이 끊임없이 분자 운동을 하여 다른 기체 속으로 스스로 퍼져 나가는 현상인 확산을 나타낸 것이다.

[정답맞히기] ⑤ 향수병 마개를 열면 향기를 갖는 분자들이 확산하여 방 전체에 향기가 퍼지게 된다. 정답⑤

[오답피하기] ① 얼음은 물보다 밀도가 작아서 물에 뜬다.

② 철가루는 자성을 띤 자석에 달라 붙는다.

③ 소금쟁이는 물의 표면 장력을 이용하여 물 위로 떠다닌다.

④ 풍선을 액체 질소에 담그면 기체의 온도가 낮아지게 되고 부피가 감소하여 쪼그라든다.

3. 분자 간의 힘

[정답맞히기] ㄱ. NH_3 는 N, H로 이루어진 극성 분자이므로 분자 사이에 수소 결합을 한다.

ㄴ. SbH_3 는 분자 사이에 작용하는 힘이 가장 큰 분자이므로 기준 끓는점이 가장 높다. 정답③

[오답피하기] ㄴ. 분산력은 분자량이 클수록 크므로 AsH_3 가 PH_3 보다 크다.

4. 온도와 반응 속도

[정답맞히기] ① 온도가 높아지면 분자들의 평균 운동에너지가 증가하고, 활성화 에너지보다 큰 에너지를 갖는 분자 수가 증가한다. 따라서 온도가 높아지면 반응이 가능한 분자 수가 증가하여 반응 속도가 빨라진다. 반응 속도가 빨라지더라도 A의 초기 농도가 같으면 생성물의 농도는 일정하게 유지된다. 정답①

5. 결정 구조와 단위 세포

결정 구조 모형에서 꼭짓점에 위치한 입자는 단위 세포에 $\frac{1}{8}$ 개 포함되고, 모서리에 위치한 입자는 단위 세포에 $\frac{1}{4}$ 개 포함되며, 체심에 위치한 입자는 1개가 모두 포함된다.

[정답맞히기] ④ (가)의 결정 구조 모형에는 꼭짓점에 B이온이 8개 위치하고, 체심에 A이온이 1개 위치하므로 단위 세포에는 B이온이 1개($\frac{1}{8} \times 8$), A이온이 1개로 총 2개의 이온이 포함된다. (나)의 결정 구조 모형에는 꼭짓점에 C이온이 8개 위치하고, 모서리에 D이온이 12개 위치하므로 단위 세포에는 C이온이 1개($\frac{1}{8} \times 8$), D이온이 3개($\frac{1}{4} \times 12$) 포함된다. 따라서 $\frac{(\text{나})\text{의 단위 세포에 포함된 이온 수}}{(\text{가})\text{의 단위 세포에 포함된 이온 수}} = \frac{4}{2} = 2$ 이다. **정답④**

6. 수용액의 농도

[정답맞히기] ① ㉠ 퍼센트 농도(%)는 $\frac{\text{용질의 질량}(g)}{\text{용액의 질량}(g)} \times 100$ 이므로, (가)의 퍼센트 농도(%)는 $\frac{100}{400+100} \times 100 = 20\%$ 이다.

㉡ 몰랄 농도(m)는 $\frac{\text{용질의 몰수(몰)}}{\text{용매의 질량}(kg)}$ 이므로 (나)의 몰랄 농도(m) a는 A의 분자량을

M_A 라고 하면 $\frac{\frac{100}{M_A}}{1} = \frac{100}{M_A}$ 이다. 몰농도(M)는 $\frac{\text{용질의 몰수(몰)}}{\text{용액의 부피}(L)}$ 이므로 밀도를 이용하여

용액의 부피를 먼저 구하면 $\frac{1100g}{(\text{나})\text{수용액의 부피}(L)} = 1.05 \times 10^3$ 이므로 부피(L)는 $\frac{1100}{1050}$

가 된다. 따라서 몰농도(M) b는 $\frac{1050}{1100} \times \frac{100}{M_A}$ 가 된다. $\frac{100}{M_A} > (\frac{1050}{1100} \times \frac{100}{M_A})$ 이므로 $a > b$ 이다. **정답①**

7. 가열 곡선과 상평형 그림

[정답맞히기] ㄱ. (가)에서 $X(s)$ 는 1기압에서 끓는점이 T_1 이고, (나)의 상평형 그림에서 1기압에서 액체와 기체가 공존하는 온도가 끓는점이므로 $T_1 = T_2$ 이다.

ㄴ. A와 B에서는 X가 녹는점에 도달해 있는 상태이지만 가열 시간이 B에서가 A에서보다 길어 열에너지는 B에서가 A에서보다 큰 상태이다. 따라서 엔트로피는 B에서가 A보다 크다.

ㄷ. C에서는 녹는점과 끓는점 사이의 온도에 해당하는 상태의 물질이므로 액체 상태에 해당하는 물질이 가장 안정하다. **정답⑤**

8. 헤스 법칙

[정답맞히기] $O_2(g)$ 의 결합 에너지를 구하기 위해서는 $O_2(g) \rightarrow 2O(g)$ 반응의 반응 엔

탈피를 구해야 한다. 주어진 자료에서 O_3 의 표준 생성 엔탈피를 구할 수 있는 반응식은 $\frac{3}{2}O_2(g) \rightarrow O_3(g)$ 이므로 이때의 반응 엔탈피가 a kJ/몰이다. $O_3(g) \rightarrow 3O(g)$ 반응의 반응 엔탈피가 b kJ이므로 $O_2(g) \rightarrow \frac{2}{3}O_3(g)$ 반응과 $\frac{2}{3}O_3(g) \rightarrow 2O(g)$ 의 반응의 합이 $O_2(g)$ 의 결합 에너지를 구할 수 있는 반응 엔탈피가 된다. $O_2(g) \rightarrow \frac{2}{3}O_3(g)$ 반응의 반응 엔탈피는 $\frac{2}{3}a$, $\frac{2}{3}O_3(g) \rightarrow 2O(g)$ 반응의 반응 엔탈피는 $\frac{2}{3}b$ 이므로 $O_2(g)$ 의 결합 에너지를 구할 수 있는 반응의 반응 엔탈피는 $\frac{2a+2b}{3}$ 이다. 정답④

9. 용해도 곡선

수용액 (가)는 물 50g과 A가 70g 녹아 있으므로 (나)와 같이 물의 양을 100g으로 하면 A가 140g 녹아 있는 수용액이다.

[정답맞히기] ㄴ. 수용액 (가)와 (나)는 물을 100g으로 환산하면 같은 질량이 녹아 있는 것이므로 화학식량이 A보다 작은 B를 용질로 갖는 (나)가 (가)보다 몰랄 농도가 크다. 정답②

[오답피하기] ㄱ. (가)는 물 100g에 A가 140g 녹아 있는 수용액과 조성이 같은 것이므로 A의 용해도 곡선에서 아래쪽에 위치하는 수용액으로 불포화 용액이다.

ㄷ. 온도를 T_1 으로 낮추면 (가)는 물 50g에 A 25g이 녹아 있는 수용액이 될 것이므로 45g의 A가 석출되고, (나)는 물 100g에 B 100g이 녹아 있는 수용액이 될 것이므로 40g의 B가 석출될 것이다. 따라서 석출되는 고체의 질량은 A가 B보다 크다.

10. 화학 전지

[정답맞히기] ㄱ. 표준 전지 전위($E^\circ = 1.10V$)는 $E_{\text{환원 전극}}^\circ - E_{\text{산화 전극}}^\circ$ 으로부터 구할 수 있다. A의 표준 환원 전위는 $-0.76V$ 이고, B의 표준 환원 전위(a)는 0보다 크므로 표준 환원 전위가 큰 전극이 환원 전극으로, 표준 환원 전위가 작은 전극이 산화 전극으로 작용하게 되어 표준 전지 전위는 $a - (-0.76) = 1.10$ 이므로 $a = 0.34$ 이다.

[오답피하기] ㄴ. 표준 환원 전위가 작은 A의 반쪽 전지에서 환원 반응이 일어나므로 전자는 $\ominus$ 방향으로 이동하게 된다.

ㄷ. A 반쪽 전지의 표준 환원 전위가 $-0.76V$ 이므로 $A(s) + 2H^+(aq) \rightarrow A^{2+}(aq) + H_2(g)$ 의 반응은 자발적으로 일어나게 되고 자유 에너지 변화(ΔG°)는 0보다 작다. 정답①

11. 평형 이동 법칙

평형 상태에 있는 화학 반응에서 농도, 온도, 압력 등의 반응 조건을 변화시키면, 그 변화를 감소시키려는 방향으로 반응이 진행되어 새로운 평형에 도달하게 되는 법칙을 평형 이동 법칙이라고 한다.

[정답맞히기] ㄱ. (가)에서 (나)로 부피를 0.5배 줄였을 때 압력은 2배로 증가하여야 하지만 B의 부분 압력은 0.6기압이 아닌 0.5기압이 되었으므로 평형은 역반응 쪽으로 이동한 것이 된다. 용기의 부피가 감소하여 압력이 증가하게 되면 평형은 기체 분자 수가 감소하는 방향으로 이동하게 되므로 역반응이 분자 수가 감소하는 방향임을 알 수 있다. 따라서 화학 반응식의 계수의 크기는 $a < b$ 이다.

ㄴ. (나)에서 (다)로 온도를 올렸을 때 B의 부분 압력이 감소하였으므로 평형은 역반응 쪽으로 이동한 것이 된다. 따라서 정반응은 발열 반응으로 $\Delta H < 0$ 이다. 정답③

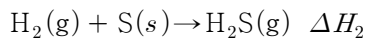
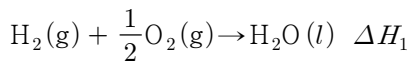
[오답피하기] ㄷ. (나)에서 (다)로 온도를 올렸을 때 역반응 쪽으로 반응이 진행하였으므로 평형 상수(K)는 감소하게 된다. 따라서 K 는 (나) > (다)이다.

12. 반응의 자발성과 엔트로피

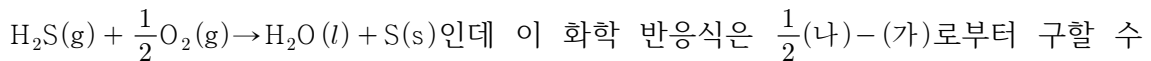
[정답맞히기] ㄱ. 자유 에너지 변화(ΔG)는 $\Delta H - T\Delta S$ 이므로 (가)에서 $\Delta H < 0$, $\Delta S > 0$ 이 되어 $\Delta G < 0$ 이다.

ㄴ. 닫힌계에서는 물질은 교환할 수 없지만 열에너지는 교환되므로 반응 (나)가 일어나면 열에너지가 주위로 방출되어 주위의 엔트로피는 증가한다. 정답③

[오답피하기] ㄷ. $H_2O(l)$ 과 $H_2S(g)$ 의 표준 생성 엔탈피를 구하는 화학 반응식은 다음과 같다.



$\Delta H_1 - \Delta H_2$ 에 해당하는 반응 엔탈피를 갖는 화학 반응은



있으므로 $\Delta H = -(\frac{1}{2} \times 1124) - (-297) = -265 \text{ kJ}$ 가 되어 $\Delta H_1 < \Delta H_2$ 임을 알 수 있다.

따라서 표준 생성 엔탈피는 $H_2S(g)$ 가 $H_2O(l)$ 보다 크다.

13. 화학 평형

[정답맞히기] ⑤ H_2 와 O_2 가 각각 2몰, 1몰씩 들어 있으므로 기체가 모두 반응하면 H_2O 2몰이 생성된다. 이중 $H_2O(g)$ 의 분자 수가 a 이므로 $H_2O(l)$ 의 분자 수는 $2 - a$ 가 된다. T 에서 물의 증기 압력이 $\frac{1}{20}$ 기압이므로 이상 기체 방정식에 따라 $P = \frac{nRT}{V}$ 이

고 $\frac{1}{20} = \frac{n \times 25}{1}$ 가 되어 $n = \frac{1}{500}$ 몰(= a)이 된다. 따라서 $H_2O(l)$ 의 분자 수는

$$2 - \frac{1}{500} = \frac{999}{500} \text{가 되어 } 999a \text{이다.}$$

정답⑤

14. 증기 압력

[정답맞히기] ㄴ. C에서 $H_2O(g)$ 의 분자 수가 일정하게 유지되므로 평형 상태에 도달

한 것이다. 따라서 증발 속도와 응축 속도는 같다.

정답②

[오답피하기] ㄱ. B에서 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 분자 수가 증가하므로 $\text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(g)$ 의 반응은 자발적으로 일어나게 된다. 따라서 $\Delta G < 0$ 이다.

ㄴ. C에서 온도는 T 로 일정하므로 증기 압력은 일정하게 유지되게 된다. 따라서 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 압력은 $\frac{1}{20}$ 기압이다.

15. 반응 속도와 촉매

[정답맞히기] ㄴ. III에서 0~50초 동안 생성된 O_2 의 양이 가장 크므로 초기 반응 속도가 MnO_2 에 의하여 증가한 것이다. 따라서 MnO_2 는 정촉매이다.

정답②

[오답피하기] ㄱ. I과 II에서 온도가 달라졌을 뿐 다른 반응이 일어나는 것이 아니므로 반응의 활성화 에너지는 같다.

ㄴ. II에서 0~50초 동안 생성된 O_2 의 양이 $5n$ 이므로 소모된 H_2O_2 의 양이 $10n$ 임을 알 수 있다. 따라서 $-\frac{\Delta[\text{H}_2\text{O}_2]}{\Delta t} = \frac{10n}{0.025} \times \frac{1}{50} = 8n \text{ 몰/L} \cdot \text{초}$ 이다.

16. 기체의 압력과 부피

[정답맞히기] ㄱ. 이상 기체 방정식 $PV = nRT$ 에서 $M = \frac{wRT}{PV}$ 이므로 온도가 같으면

$M \propto \frac{w}{PV}$ 이다. M_A 는 $\frac{2}{20}k = \frac{1}{10}k$ 이고, M_B 는 $\frac{1}{20}k$ 이므로 분자량은 A가 B의 4배이다.

ㄴ. (나) 과정에서 콕 a를 열면 부피가 2배로 증가하므로 A는 0.5기압, B는 1기압이 되므로 혼합 기체의 압력은 1.5기압이 된다. 피스톤으로 구분된 B기체는 왼쪽 용기에서 1기압, 오른쪽 용기에서 2기압이므로 충분한 시간이 흐르면 왼쪽 아래의 B기체는 부피가 감소하고, 오른쪽 아래의 B기체는 부피가 증가하게 되어 혼합 기체의 압력은 1.5기압 20L를 유지하게 될 것이므로 (나) 과정 후 A의 부분 압력은 0.5기압이다.

정답③

[오답피하기] ㄴ. 콕 b를 열고 충분한 시간이 흐르면 혼합 기체와 B기체의 몰수가 같아지므로 같은 부피를 차지하게 되고 1.5기압으로 기압도 같게 된다. 따라서 $P_1 = P_2$ 이다.

17. 중화 적정 곡선

[정답맞히기] ㄱ. (가)에서 중화점의 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피는 50mL이므로 $\text{HCl}(aq)$ 의 농도는 $0.5xM$ 임을 알 수 있다. $\text{HCl}(aq)$ 의 pH는 1이므로 $0.5x = 10^{-1}$ 이 되어 $x = 0.2$ 이다.

ㄴ. (나)에서 중화점의 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피는 100mL이므로 $\text{HA}(aq)$ 의 농도는 $0.2M$ 이다. $\text{HA}(aq)$ 의 pH는 3이므로 $[\text{H}_3\text{O}^+] = C\alpha = 0.2\alpha = 10^{-3}$ 이고, $K_a = C\alpha^2 = 0.2 \times (5 \times 10^{-3})^2 = 5 \times 10^{-6}$ 이 된다. 따라서 HA의 이온화 상수(K_a)는 1×10^{-5} 보다 작다.

c. P에서 HA는 0.02몰 중 0.004몰이 NaOH와 중화 반응하여 소모되므로 HA는 0.016몰, A^- 은 0.004몰이 존재하게 되고, HA는 $HA + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + A^-$ 의 평형 상태를 유지하게 되므로 HA의 몰수는 $0.016 - x$, A^- 의 몰수는 $0.004 + x$ 가 된다. 따라서 $\frac{[HA]}{[A^-]} = \frac{0.016 - x}{0.004 + x}$ 이고, 이온화 되는 몰수인 $x > 0$ 이므로 4보다는 작은 값이 되어 $\frac{9}{2}$ 보다 작다. 정답⑤

18. 화학 평형과 밀도

[정답맞히기] ② 반응이 일어나도 초기 조건에서의 질량은 그대로 유지되므로 실린더 속 기체의 밀도 변화는 부피 변화임을 알 수 있다.

초기 상태에서 A의 몰수를 n 몰이라고 하면, 평형 1에서는 온도가 초기 조건과 같으므로 몰수가 1.2 n 몰로 증가하여 밀도가 감소한 것으로 A와 B의 몰수는 각각 $\frac{4}{5}n$ 몰, $\frac{2}{5}n$ 몰이 존재하는 것이다. 평형 2에서는 온도가 $\frac{6}{5}T$ 이므로 압력이 같은 상태에서 이상 기체 방정식에 따라 초기 조건과의 몰수 비교를 하면 초기 상태에서는 $n = \frac{PV}{RT}$ 이고, 평형 2에서는 $n' = \frac{P \times 2V}{(R \times \frac{6}{5}T)} = \frac{5}{3} \frac{PV}{RT}$ 가 된다. 따라서 평형 2에서는 초기 상태보

다 몰수가 $\frac{5}{3}$ 배 증가한 것이 되므로 이를 화학 반응식을 이용하여 나타내면 A는 $\frac{n}{3}$ 몰, B는 $\frac{4}{3}n$ 몰이 존재하는 상태임을 알 수 있다. 각 상태에서의 농도를 대입하면

$$K_1 = \frac{(\frac{2}{5}n \times \frac{5}{6} \times \frac{1}{V})^2}{\frac{4}{5}n \times \frac{5}{6} \times \frac{1}{V}} = \frac{1}{6} \frac{n}{V}, \quad K_2 = \frac{(\frac{4}{3}n \times \frac{1}{2V})^2}{\frac{n}{3} \times \frac{1}{2V}} = \frac{8}{3} \frac{n}{V} \text{이므로 } \frac{K_2}{K_1} = 16 \text{이다.} \quad \text{정답②}$$

19. 증기 압력 내림

[정답맞히기] ① 묽은 용액의 증기 압력 내림(ΔP)은 용질의 몰 분율에 비례한다. A의

분자량을 M_A 라하면 $\frac{\Delta P}{P_{\text{용매}}} = \frac{4}{100} = \frac{\frac{w}{M_A}}{n_{\text{몰}} + \frac{w}{M_A}}$ 에서 $n_{\text{몰}} \times M_A = 24w$ 이고,

$$\frac{\Delta P}{P_{\text{용매}}} = \frac{5}{100} = \frac{\frac{x}{M_A}}{n_{\text{몰}} + \frac{x}{M_A}} = \frac{x}{24w + x} \text{가 되므로 } x = \frac{24}{19}w \text{이다.} \quad \text{정답①}$$

20. 1차 반응 속도

화학 반응식에서 A와 C의 계수가 같고, 반응이 A에 관한 1차 반응임을 이용할 수 있

다. 실험 I에서 반응이 완결 되었을 때 A와 B는 모두 반응하여 소모되고 C가 4기압 인 것과 화학 반응식의 계수를 살펴보면 반응 전과 후에 A와 C의 반응 계수가 같으 므로 반응 전 A는 4기압이고 B는 8기압임을 알 수 있다.

[정답맞히기] ㄴ. 실험 II에서는 I에서와 t 초에서 줄어드는 기압이 4기압으로 같으 므로 반응 속도가 같아서 A의 질량은 같고 B의 질량이 다름을 알 수 있으므로 초기 B 이 질량은 II에서가 I에서보다 크다.

ㄷ. II와 I에서의 질량 차이가 3g이고 초기 압력 차이가 6기압임을 이용하면 초기 조건은 다음과 같다. 반응 III에서는 t 초 동안에 줄어든 압력이 6기압이므로 B의 압력 이 t 초 동안 6기압 감소하고, A의 압력은 3기압 감소한 것임을 알 수 있고 이는 A의 초기 농도가 I과 II보다 1.5배 크다는 것을 나타내므로 A의 초기 압력이 6기압임을 알 수 있다. 따라서 III에서 A의 질량은 9g, B의 질량은 5g이므로 $x = 14$ 이다.

정답⑤

실험	A		B	
	압력(기압)	질량(g)	압력(기압)	질량(g)
I	4	6	8	4
II	4	6	14	7
III	6	9	10	5

[오답피하기] ㄱ. 실험 I에서 생성물인 C의 압력이 4기압이므로 화학 반응식의 계수 가 같은 A와 B의 초기 상태에서의 부분 압력은 각각 4기압, 8기압이다.