

2015학년도 4월 고3 전국연합학력평가

정답 및 해설

• 4교시 과학탐구 영역 •

[화학 II]

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

1. [출제의도] 모세관 현상 이해하기

메니스커스는 유리 모세관과의 부착력이 응집력보다 크면 오목하고, 작으면 볼록하다. 물과 헵테인은 메니스커스가 오목하므로 유리 모세관과의 부착력이 응집력보다 크고, 수은은 볼록하므로 유리 모세관과의 부착력이 응집력보다 작다.

2. [출제의도] 퍼센트 농도, ppm 농도 변환하기

퍼센트 농도(%) = $\frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용액의 질량(g)}} \times 100$ 이므로 혈액 속 혈색소의 농도 = $\frac{160\text{g}}{1\text{L} \times \frac{1000\text{mL}}{1\text{L}} \times \frac{1\text{g}}{1\text{mL}}} \times 100 = 16\%$ 이다.
 ppm 농도(ppm) = $\frac{\text{용질의 질량(g)}}{\text{용액의 질량(g)}} \times 10^6$ 이므로 혈액 속 혈당의 농도 = $\frac{1530\text{mg} \times \frac{0.001\text{g}}{1\text{mg}}}{1\text{L} \times \frac{1000\text{mL}}{1\text{L}} \times \frac{1\text{g}}{1\text{mL}}} \times 10^6 = 1530\text{ppm}$ 이다.

3. [출제의도] 삼투압 이해하기

용액의 삼투압은 용액의 몰농도와 온도에 비례한다 ($\Pi = CRT$). \therefore 설탕물에 설탕을 추가하면 설탕물의 몰농도가 커지므로 삼투압이 증가하여 h 가 커진다. \therefore 물과 설탕물에 물을 추가하면 설탕물의 몰농도가 낮아지므로 h 가 작아진다. \therefore 물과 설탕물의 온도를 높이면 삼투압이 커지므로 h 가 커진다.

4. [출제의도] 금속 결합 모형 이해하기

금속 결합은 자유 전자인 A와 금속 양이온인 B 사이의 전기적 인력으로 결합되어 있다. A는 계속 움직이며 금속 결합을 유지하고, B는 금속의 모양이 변할 때만 위치가 변하므로 입자 A와 B가 동시에 이동하는 과정은 B가 움직이는 과정에 해당한다. \therefore 은반지가 용용액이 되면 유동성이 생겨 B도 이동할 수 있다. \therefore 은반지를 망치로 두드리면 B가 이동하여 위치가 변하므로 금속의 모양이 변하여 납작해진다. \therefore 은반지에 전압을 걸어 주면 금속의 모양이 변하지 않으므로 B는 이동하지 않고 A만 이동한다.

5. [출제의도] 분자 간 인력 비교하기

분자 간 인력이 클수록 끓는점이 높다. \therefore (다)는 극성 분자이고 (라)는 무극성 분자로 분자량이 서로 같지만 (다)의 끓는점이 높은 것은 분자 사이에 쌍극자-쌍극자 힘이 작용하기 때문이다. \therefore 분자량이 큰 (다)보다 분자량이 작은 (가)가 끓는점이 높은 이유는 (가)의 -OH로 인해 분자 사이에 수소 결합을 하기 때문이다. \therefore (라) 분자 사이에는 분산력만 작용하고 (나) 분자 사이에는 분산력과 쌍극자-쌍극자 힘이 모두 작용하지만, (라)가 (나)보다 끓는점이 높은 이유는 분산력이 크기 때문이다.

6. [출제의도] 결정 구조 비교하기

\therefore 철의 결정 구조는 T_1 에서 체심 입방 구조, T_2 에서 면심 입방 구조이다. \therefore 단위 세포에 포함된 원자 수는 T_1 에서 $\frac{1}{8}(\text{꼭짓점}) \times 8 + 1(\text{중심}) \times 1 = 2$ 개, T_2 에서 $\frac{1}{8}(\text{꼭짓점}) \times 8 + \frac{1}{2}(\text{면}) \times 6 = 4$ 개이다. \therefore T_1 에서 중심의 원자가 꼭짓점의 8개 원자와 가장 인접해 있다. T_2 에서 윗면의 면심에 위치하는 원자를 기준으로 같은 면의 꼭짓점 원자 4개, 윗면의 아래 수직면 4개의 면심에 위치한 원자 4개, 윗면 위(단위 세포 위) 수직면 4개의 면심에 위치한 원자 4개로 총 12개 원자와 가장 인접해 있다.

7. [출제의도] 용액의 끓는점 오름 이해하기

\therefore 용매의 끓는점이 80.20°C 이고, 점 A에서의 용액의 끓는점은 81.46°C 이므로 용액의 끓는점 오름(ΔT_b)은 1.26°C 이다. \therefore 용액의 몰랄 농도(m) = $\frac{\text{용질의 몰수(몰)}}{\text{용매의 질량(kg)}}$ 이고, X의 분자량을 M_X 라 하면 $\Delta T_b = K_b \times m$ 에서 $1.26^\circ\text{C} = 2.52^\circ\text{C}/m \times \frac{6.4\text{g}}{0.1\text{kg}}$ 이므로 $M_X = 128$ 이다. \therefore 점 A에서의 용액과 점 B에서의 용액은 용질의 질량이 동일하지만 ΔT_b 이 1:2이므로 m 는 1:2가 되어 용매의 질량은 2:1이다.

8. [출제의도] 용액의 어는점 내림 계산하기

점 C와 점 B에서의 용액의 몰랄 농도는 같다. 용액의 어는점 내림 $\Delta T_f = K_f \times m = 5.12^\circ\text{C}/m \times \frac{6.4\text{g}}{0.05\text{kg}} = 5.12^\circ\text{C}$ 이다. 따라서 점 C에서의 용액의 온도(t)는 $(5.5 - 5.12) = 0.38^\circ\text{C}$ 이다.

9. [출제의도] 반응열의 종류와 엔탈피 변화 이해하기

\therefore 생성 엔탈피를 $\Delta H_{\text{생성}}$ 라 하면 주어진 반응의 $\Delta H = \sum \Delta H_{\text{생성}}(\text{생성물}) - \sum \Delta H_{\text{생성}}(\text{반응물}) = \Delta H_{\text{생성}}(\text{CaO}) + \Delta H_{\text{생성}}(\text{CO}_2) - \Delta H_{\text{생성}}(\text{CaCO}_3) = (-635 - 393) - (-1207) = 179\text{kJ/몰}$ 이므로 $x > 0$ 이다. \therefore 분해 엔탈피($\Delta H_{\text{분해}}$)는 $\Delta H_{\text{생성}}$ 와 크기는 같고 부호는 반대이므로, $\Delta H_{\text{분해}}(\text{CaO}) = 635\text{kJ/몰}$ 이다. \therefore C(s , 흑연)의 연소 반응과 $\text{CO}_2(g)$ 의 생성 반응은 $\text{C}(s, \text{흑연}) + \text{O}_2(g) \rightarrow \text{CO}_2(g)$ 로 같다. 따라서 C(s , 흑연)의 연소 엔탈피 $\Delta H_{\text{연소}}(\text{C}(s, \text{흑연})) = \Delta H_{\text{생성}}(\text{CO}_2) = -393\text{kJ/몰}$ 이다.

10. [출제의도] 결정의 종류와 특성 이해하기

(가) 드라이아이스는 분자 간 인력으로 형성된 분자 결정이고 상온에서 승화한다. (나) 다이아몬드는 탄소 원자 간 공유 결합으로 형성된 원자 결정이므로 녹는점이 높으며 매우 단단하다. (다) 염화 나트륨은 이온 결합으로 형성된 이온 결정이므로 용융 상태에서 전류가 흐른다. 따라서 (가)는 X, (나)는 Z, (다)는 Y에 해당한다.

11. [출제의도] 확산 속도와 분자량의 관계 파악하기

기체의 확산 속도 $v (= \frac{\text{확산거리}(l)}{\text{확산시간}(t)})$ 는 $\sqrt{\frac{1}{\text{분자량}(M)}}$ 에 비례하므로 M 은 v^2 에 반비례한다. \therefore \therefore t 가 같으므로 v 는 l 에 비례한다. 100K 에서 $v_X : v_Y = l : 2l = 1 : 2$ 이므로 $M_X : M_Y = 4 : 1$ 이다. 400K 에서 $v_Y : v_Z = l : 2l = 1 : 2$ 이므로 $M_Y : M_Z = 4 : 1$ 이다. 따라서 $M_X : M_Y : M_Z = 16 : 4 : 1$ 이다.

\therefore 분자의 평균 운동 에너지는 절대 온도에 비례하므로 400K 인 Z가 100K 인 Y의 4배이다.

12. [출제의도] 기체의 온도, 압력, 부피 관계 이해하기

A ~ D에서 기체 X의 질량은 모두 1g이므로 몰수 $n (= \frac{w(\text{질량})}{M_X(\text{분자량})})$ 도 같다. \therefore $PV = nRT$ 에서 n 이 일정하므로 $PV \propto T$ 이다. 따라서 B에서 PV 값이 A에서의 4배이므로 온도가 A에서의 4배이다. \therefore $P = \frac{nRT}{V}$ 이고 $n = \frac{w}{M_X}$, 밀도(d) = $\frac{w}{V}$ 이므로 $P \propto \frac{dT}{V} \propto dT$ 이다. 따라서 C와 D에서는 dT 값이 같으므로 압력도 같다. \therefore B와 D에서는 부피가 2L이므로 밀도가 0.5g/L로 같다.

13. [출제의도] 결합 에너지와 반응열의 관계 이해하기

열화학 반응식에서 엔탈피 변화(ΔH) = $\sum(\text{반응물의 결합 에너지}) - \sum(\text{생성물의 결합 에너지})$ 이다. 주어진 반응의 $\Delta H = [\text{결합 에너지}(\text{H-H}) + \text{결합 에너지}(\text{O-O})] - [\text{결합 에너지}(\text{O-H}) \times 2 + \text{결합 에너지}(\text{O-O})] = (436 + b) - (463 \times 2 + a) = -136(\text{kJ/몰})$ 에서 $b - a = 354$ 이다.

14. [출제의도] 기체의 분자량 계산하기

\therefore 실린더 안과 밖의 수면의 높이가 같으므로 실린더 속 혼합 기체의 압력은 대기압($P_{\text{대기}}$)과 1기압으로 같다. X(g), $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 부분 압력을 각각 P_X , $P_{\text{H}_2\text{O}}$ 라 하면 $P_X = P_{\text{대기}} - P_{\text{H}_2\text{O}} = 1 - 0.04 = 0.96$ 기압이다. \therefore $PV = nRT$ 와 $n = \frac{w}{M}$ 에서 $w = \frac{PVM}{RT}$ 이므로 실린더 속 $\text{H}_2\text{O}(g)$ 의 질량 $w_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{P_{\text{H}_2\text{O}} VM_{\text{H}_2\text{O}}}{RT} = \frac{0.04 \times V \times 18}{0.08 \times 300} = 0.03V\text{g}$ 이다. \therefore X의 질량 $w_X = w - w_{\text{H}_2\text{O}}$ 이므로 X의 분자량 $M_X = \frac{w_X RT}{P_X V} = \frac{(w - 0.03V) \times 0.08 \times 300}{0.96 \times V} = \frac{(100w - 3V)}{4V}$ 이다.

15. [출제의도] 0.01M 설탕물 만들기

용액의 몰농도(M) = $\frac{\text{용질의 몰수(몰)}}{\text{용액의 부피(L)}}$ 이다. \therefore 영점 조절 후 약포지의 질량을 포함하여 설탕의 질량을 측정하면, 용액 속 설탕의 질량이 3.42g보다 작아져 설탕의 몰수가 감소하므로 용액의 농도는 0.01M보다 낮아진다. \therefore 비커에 묻어 있는 설탕물을 씻어 넣지 않으면 용액 속 설탕의 질량이 줄어들어 용액의 농도가 낮아진다. \therefore 증류수를 채우다가 표선을 넘겨서 용액을 덜어내 표선을 맞추면 용액 속 설탕의 질량이 줄어들어 용액의 농도가 낮아진다.

16. [출제의도] 기체 반응에서 부분 압력 계산하기

\therefore $PV = nRT$ 에서 T 가 일정하므로 $n \propto PV$ 이다.
 $2\text{C}_2\text{H}_2(g) + 5\text{O}_2(g) \rightarrow 4\text{CO}_2(g) + 2\text{H}_2\text{O}(g)$

처음	$(1 \times 2)k$	$(x \times 4)k$	0	0
반응	$-2k$	$-5k$	$+4k$	$+2k$
나중	0	$(1.5 \times 2)k$	$4k$	$2k$

(k 는 상수)
 $x \times 4 - 5 = 1.5 \times 2$ 이므로 $x = 2$ 이다. \therefore (다)에서 반응 전후 O_2 의 몰분율(= $\frac{\text{O}_2 \text{의 몰수}}{\text{전체 기체의 몰수}}$)의 비는 $\frac{8k}{2k+8k} : \frac{3k}{3k+4k+2k} = \frac{4}{5} : \frac{1}{3} = 12 : 5$ 이다. \therefore 용기의

부피는 2L이고 생성된 CO₂의 몰수는 4k이므로 반응 후 P_{CO₂}은 2기압이다.

17. [출제의도] 증기 압력 내림 이해하기

ㄱ. 같은 질량의 물에 X는 $\frac{30}{180}$ 몰, Y는 $\frac{30}{60}$ 몰 녹아 있으므로 Y 수용액이 X 수용액보다 농도가 높아 끓는점이 높다. ㄴ. X와 Y 수용액은 라울 법칙을 따르므로 용액의 증기 압력 내림(ΔP)=용매의 증기 압력×용질의 몰분율($X_{\text{용질}}$)이다. 용매가 물로 같아 용매의 증기 압력도 같으므로 $\Delta P \propto X_{\text{용질}}$ ($=\frac{n_{\text{용질}}}{n_{\text{용질}} + n_{\text{용매}}}$)이다. 따라서 $\Delta P_X : \Delta P_Y = X_X : X_Y = \frac{\frac{30}{180}}{\frac{30}{180} + \frac{180}{180}} : \frac{\frac{30}{60}}{\frac{30}{60} + \frac{180}{180}} = 21 : 61$ 이다. ㄷ. 그림에서 수은 기둥의 높이차가 h_1 mm일 때 용액의 증기 압력 내림은 h_1 mmHg이다. X 90g을 물 180g에 녹인 수용액의 X_X 는 Y 수용액에서의 X_Y 와 같으므로 증기 압력 내림도 h_2 mmHg으로 같다.

18. [출제의도] 몰랄 농도 이해하기

ㄷ. (가)와 (나) 수용액은 용질의 몰분율 $X_{\text{용질}}$ ($=\frac{n_{\text{용질}}}{n_{\text{용질}} + n_{\text{용매}}}$)이 같으므로 $\frac{w_{\text{용질}}}{w_{\text{용질}} + w_{\text{용매}}}$ 도 같아, 두 수용액은 % 농도, 몰랄 농도가 같은 동일한 용액이므로 따라서 몰농도, 밀도도 모두 같다. ㄱ. (가)의 1.5m NaOH(aq)은 1.5몰의 용질이 1kg의 용매에 녹아 있는 용액과 농도가 같다. $w_{\text{용액}} : w_{\text{용질}} = 1060 : 60 = 1000 : x$, 따라서 (가)에서 용질의 질량에 해당하는 x 는 60보다 작다. ㄴ. (나)는 (가)와 동일한 용액이고, 용액의 양이 달라져도 용액의 농도는 변하지 않으므로 (나) 용액의 부피를 2배로 가정했을 때, 1.5몰의 용질이 용액 1L에 녹아 있는 것은 60g(1.5몰)의 용질이 1kg의 용매에 녹은 것과 같다. 전체 용액의 질량은 1060g, 부피는 1000mL이므로 밀도는 $\frac{1060\text{g}}{1000\text{mL}} = 1.06\text{g/mL}$ 이다.

19. [출제의도] 이상기체 상태방정식 이해하기

$PV = nRT$ 에서 압력이 일정하므로 $n \propto \frac{V}{T}$ 이다. $n_X : (n_X + n_Y) : (n_X + n_Y + n_Z) = \frac{V}{200\text{K}} : \frac{2V}{300\text{K}} : \frac{4V}{400\text{K}} = 3 : 4 : 6$ 이므로 $n_X : n_Y : n_Z = 3 : 1 : 2$ 이다. $n = \frac{w}{M}$ 에서 각 기체의 질량이 1g으로 동일하므로 $M \propto \frac{1}{n}$ 이다. 따라서 $M_X : M_Y : M_Z = \frac{1}{n_X} : \frac{1}{n_Y} : \frac{1}{n_Z} = \frac{1}{3} : \frac{1}{1} : \frac{1}{2} = 2 : 6 : 3$ 이다.

20. [출제의도] 실험으로 중화열 구하기

실험에서 발생한 열량 $Q = c \cdot m \cdot \Delta t$ (c : 용액의 비열, m : 용액의 질량, Δt : 용액의 온도 변화)이고, $\Delta t = \text{최고 온도} - \text{처음 온도}(25^\circ\text{C})$ 이다. ㄱ. 실험 I에서 4g(0.1몰)의 NaOH을 96g의 증류수에 용해시킬 때 발생한 열량(Q_I)= $4.2\text{J/g}\cdot^\circ\text{C} \times (96+4)\text{g} \times (35-25)^\circ\text{C} = 4200\text{J} = 4.2\text{kJ}$ 이다. ㄴ. 실험 II에서 2g(0.05몰)의 NaOH을 98g의 HCl(aq)에 넣었을 때 발생한 열량(Q_{II})= $4.2\text{J/g}\cdot^\circ\text{C} \times (98+2)\text{g} \times (37-25)^\circ\text{C} = 5040\text{J} = 5.04\text{kJ}$ 이다. $Q_{II} = (0.05\text{몰의 NaOH을 증류수에 용해시킬 때의 반응열}) + (0.05\text{몰의 NaOH이 중화반응할 때의 반응열})$ 이다. 1몰에 대한 $\Delta H_{\text{용해}} + \Delta H_{\text{중화}}$

$= -20Q_{II} = -100.8\text{kJ/몰}$ 이고 실험 I에서 $\Delta H_{\text{용해}} = -10Q_I = -42.0\text{kJ/몰}$ 이므로 $\Delta H_{\text{중화}} = -100.8 - (-42.0) = -58.8\text{kJ/몰}$ 이다. ㄷ. 실험 III에서 4g(0.1몰)의 NaOH을 96g의 H₂SO₄(aq)에 넣었을 때 발생한 열량(Q_{III})= $4.2\text{J/g}\cdot^\circ\text{C} \times (96+4)\text{g} \times (x-25)^\circ\text{C}$ 이다. 중화열은 산, 염기의 종류에 상관없이 같고 실험 III에서는 실험 II에서보다 NaOH이 2배 반응하였으므로 $Q_{III} = 2Q_{II}$ 이다. 따라서 $\Delta t(\text{실험 III}) = 2\Delta t(\text{실험 II})$ 이므로 $x-25 = 2 \times 12$, $x = 49$ 이다.