

2021학년도 대학수학능력시험
과학탐구영역 화학 I 정답 및 해설

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

1. 탄소 화합물

[정답맞히기] 제시된 보기의 물질 중 탄소 화합물은 에탄올(C_2H_5OH) 뿐이다. 정답④

2. 화학 반응에서의 열 출입

[정답맞히기] 학생 A. 발열 반응은 화학 반응이 일어날 때 열이 방출된다.

학생 C. 메테인의 연소 반응에서는 열과 빛이 발생하므로 발열 반응이다. 정답③

[오답피하기] 학생 B. 화학 반응에는 열을 방출하는 발열 반응과 열을 흡수하는 흡열 반응이 있다.

3. 산소(O) 원자의 전자 배치

[정답맞히기] ㄱ. (가)와 (나)는 모두 전자 배치 원리를 만족하고 있으므로 바닥상태의 전자 배치이다.

ㄴ. (다)는 $2p$ 오비탈에 쌍을 이룬 전자의 스핀 방향이 같으므로 파울리 배타의 원리에 어긋난다.

ㄷ. (라)는 $3s$ 오비탈에 전자가 1개 있으므로 $2p$ 오비탈의 전자가 에너지를 흡수하여 전자 전이한 들뜬 상태의 전자 배치이다. 정답⑤

4. 물질의 성질

구리(Cu)는 금속 결합, 염화 나트륨(NaCl)은 이온 결합, 다이아몬드(C)는 공유 결합을 하는 물질이다.

[정답맞히기] ㄱ. Cu(s)는 금속 결합을 하는 물질이므로 전성(퍼짐성)과 연성(뽀힘성)이 있다.

ㄴ. NaCl(l)은 양이온과 음이온이 이동할 수 있으므로 전기 전도성이 있다.

ㄷ. C(s, 다이아몬드)는 C 원자 사이에 공유 결합으로 이루어진 물질이다. 정답⑤

5. 화학 반응식

[정답맞히기] ㄱ. 반응 전과 후에 원자의 수는 같아야 하므로 ㉠은 $ZnCl_2$ 이다.

ㄴ. 두 번째 화학 반응식에서 반응 후 Cl 원자 수는 6이므로 $a=6$ 이고, 반응 전 H 원자의 수는 6이므로 $b=3$ 이다. 따라서 $a+b=6+3=9$ 이다. 정답③

[오답피하기] ㄷ. Zn(s) 1 mol을 반응시켰을 때 생성되는 H_2 의 양(mol)은 1 mol이고, Al(s) 1 mol을 반응시켰을 때 생성되는 H_2 의 양(mol)은 1.5 mol이므로 같은 양(mol)의 Zn과 Al을 충분한 양의 HCl(aq)에 넣어 반응을 완결시켰을 때 생성되는 H_2 의 몰비는 2:3이다.

6. 분자 구조

[정답맞히기] ㄴ. 결합각은 (가)가 180° 이므로 가장 크다.

정답②

[오답피하기] ㄱ. (가)와 (다)는 쌍극자 모멘트가 0인 무극성 분자이므로 극성 분자는 (나) 1가지이다.

ㄷ. (가)와 (다)에서 중심 원자는 비공유 전자쌍이 없고, (나)의 N 원자에 비공유 전자쌍 1개가 존재한다. 따라서 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하는 분자는 1가지이다.

7. 오비탈의 양자수

(가)는 $n=1, l=0, m_l=0$ 인 $1s$ 오비탈이다. (나)는 $n=2, l=0, m_l=0$ 인 $2s$ 오비탈이다. (다)는 $n=2, l=1, m_l=0$ 인 $2p$ 오비탈이다.

[정답맞히기] ㄱ. 방위(부) 양자수(l)는 (가)=(나)=0이다.

정답①

[오답피하기] ㄴ. 에너지 준위는 $2s > 1s$ 이므로 (나) > (가)이다.

ㄷ. (다)는 $2p$ 오비탈이므로 아령 모양이다.

8. 동적 평형

$X(g)$ 분자 수가 점점 증가하여 응축 속도가 빨라지면서 $\frac{\text{응축 속도}}{\text{증발 속도}}=1$ 인 t_3 에서 동적 평형 상태에 도달한 것이다. 따라서 $b > a$ 이다.

[정답맞히기] ㄱ. t_1 에서는 평형에 도달하기 전이므로 증발 속도 > 응축 속도이다. 따라서 $a < 1$ 이다.

정답①

[오답피하기] ㄴ. t_3 에서 동적 평형에 도달하므로 $b < 1$ 이다.

ㄷ. $X(l)$ 와 $X(g)$ 가 동적 평형을 이루고 있는 시간은 t_3 일 때이다.

9. 화학 결합 모형

화학 결합 모형으로부터 WX는 HF, WYZ는 HCN임을 알 수 있다.

[정답맞히기] ㄱ. 전기 음성도는 $X(F) > W(H)$ 이므로 WX에서 W는 부분적인 양전하(δ^+)를 띤다.

ㄴ. Z는 질소(N), Y는 탄소(C)이므로 전기 음성도는 $Z > Y$ 이다.

ㄷ. YW_4 에서는 Y와 W의 전기 음성도 차이 때문에 극성 공유 결합이 있다.

정답⑤

10. 루이스 전자점식 탐구

표를 완성하면 다음과 같다.

분자	구성 원자 수(a)	원자가 전자 수 합(b)	공유 전자쌍 수(c)
O_2	2	12	2
F_2	2	14	1
OF_2	3	20	2

학생 A의 결론이 타당하므로 관계식 (가)는 $8a = b + 2c$ 이다.

정답④

11. 중화 적정

[정답맞히기] (나)에서 만든 수용액 50 mL 중 30 mL를 (다)에서 0.1M NaOH(aq)으로 적정하였으므로 (다)에서 만든 수용액 30 mL에 들어 있는 CH₃COOH의 양(mol)은 a M CH₃COOH(aq) x mL에 들어 있는 CH₃COOH의 양(mol)의 $\frac{3}{5}$ 이다. (나)에서 만든 수용액 30 mL에 0.1 M NaOH(aq) y mL를 넣었을 때 모두 중화되었으므로 $\frac{3}{5} \times a \times x = 0.1 \times y$, $a = \frac{y}{6x}$ 이다.

정답②

12. 이온 결합 물질

Y와 Z는 2주기 원소이므로 O, F 중 하나이고 X와 Z는 2:1로 결합하여 안정한 화합물을 형성하므로 X는 Na, Z는 O이다. 따라서 W는 Mg, Y는 F이다.

[정답맞히기] ㄴ. WZ는 MgO이다. 이온 반지름은 Ca²⁺이 Mg²⁺보다 크므로 화합물에서 이온 사이의 거리는 CaO이 MgO보다 크다. 이온 결합 물질에서 양이온과 음이온의 전하가 각각 같을 때 녹는점은 이온 사이의 거리에 반비례하므로 녹는점은 WZ가 CaO보다 높다.

정답②

[오답피하기] ㄱ. W는 Mg이다.

ㄷ. X는 Na, Y는 F이므로 X와 Y의 안정한 화합물은 XY이다.

13. 용액의 농도

[정답맞히기] 용액을 묽힐 때 묽히기 전후 용질의 양(mol)은 같다. (가)에서 2 M NaOH(aq) 300 mL의 몰농도를 1.5 M으로 묽혔으므로 $2 \times 300 = 1.5 \times x$, $x = 400$ 이다. (나)에서 2 M NaOH(aq) 200 mL에 들어 있는 NaOH의 양(mol)과 NaOH(s) y g의 양(mol)의 합과 2.5 M NaOH(aq) 400 mL 속 NaOH의 양(mol)은 같으므로 $2\text{M} \times 0.2\text{L} + \frac{y}{40}\text{mol} = 2.5\text{M} \times 0.4\text{L}$, $y = 24$ 이다.

(가)에서 만든 수용액과 (나)에서 만든 수용액을 모두 혼합하면 NaOH의 양은 $2\text{M} \times 0.3\text{L} + 2.5\text{M} \times 0.4\text{L} = 1.6\text{mol}$ 이고 용액의 부피는 $400\text{mL} + 400\text{mL} = 800\text{mL}$ 이므로 이 혼합 용액의 몰농도는 $z = \frac{1.6}{0.8} = 2$ 이다.

따라서 $x = 400$, $y = 24$, $z = 2$ 이므로 $\frac{y \times z}{x} = \frac{24 \times 2}{400} = \frac{3}{25}$ 이다.

정답④

14. 원소의 주기적 성질

A~D의 원자 번호는 각각 7, 8, 12, 14 중 하나이므로 A~D는 N, O, Mg, Al 중 각각 하나이다. 4가지 원소 중 원자 반지름은 Mg가 가장 크므로 A는 Mg이고 이온 반지름은 Al이 가장 작으므로 B는 Al이다. 또한 제2 이온화 에너지는 O가 N보다 크므로 D

는 O이다. 따라서 C는 N이다.

[정답맞히기] ㄱ. Ne의 전자 배치를 갖는 이온의 반지름은 전자 수가 같으므로 원자 번호가 작을수록 이온 반지름이 크다. 따라서 이온 반지름은 C(N)가 가장 크다.

ㄷ. 같은 주기에서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 원자 번호가 클수록 크다. 따라서 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $D > C$ 이다. **정답③**

[오답피하기] ㄴ. 제1 이온화 에너지는 $A(\text{Mg}) > B(\text{Al})$ 이지만 3주기 원소 중 제2 이온화 에너지는 Mg가 가장 작으므로 제2 이온화 에너지는 $A(\text{Mg}) < B(\text{Al})$ 이다.

15. 용액의 성질과 pH

25°C에서 $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$ 이고 (가)에서 $\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = 1 \times 10^{12}$ 이므로

$[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-13} \text{ M}$, $[\text{OH}^-] = 0.1 \text{ M}$ 이다. 따라서 $a = 0.1$ 이다.

[정답맞히기] ㄴ. (가)에서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \times 10^{-13} \text{ M}$ 이므로 $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = 13$ 이다. 또

한 $a = 0.1$ 이므로 (나)에서 $\text{HCl}(\text{aq})$ 의 몰농도는 $\frac{a}{10} = \frac{0.1}{10} = 1 \times 10^{-2} \text{ M}$ 이고

$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = 2$ 이다. 따라서 $\frac{(\text{가})\text{의 pH}}{(\text{나})\text{의 pH}} = \frac{13}{2} > 6$ 이다. **정답②**

[오답피하기] ㄱ. $a = 0.1$ 이다.

ㄷ. 일정한 온도에서 용액의 부피가 10배가 되면 몰농도는 $\frac{1}{10}$ 배가 되므로 (나)에 물을 넣어 100 mL로 만든 $\text{HCl}(\text{aq})$ 의 몰농도는 $1 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이다. 따라서 $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{Cl}^-] = 1 \times 10^{-3} \text{ M}$ 이고 $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-11} \text{ M}$ 이므로 $\frac{[\text{Cl}^-]}{[\text{OH}^-]} = \frac{1 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-11}} = 1 \times 10^8$ 이다.

16. 산화 환원 반응

[정답맞히기] ㄱ. 전기 음성도는 $F > O$ 이므로 OF_2 에서 O의 산화수는 +2, F의 산화수는 -1이다. 따라서 (가)에서 O의 산화수는 0에서 +2로 증가한다. **정답①**

[오답피하기] ㄴ. (나)의 BrO_3^- 에서 O의 산화수는 -2이므로 Br의 산화수는 +5이다. (나)에서 Br의 산화수는 +5에서 -1로 감소하고 I의 산화수는 -1에서 0으로 증가하였으므로 BrO_3^- 은 환원되고 I^- 은 산화된다. 따라서 I^- 은 환원제이다.

ㄷ. 산화 환원 반응은 동시에 일어나므로 산화수의 증가량과 감소량은 같아야 한다. Br의 산화수는 6 증가했고 I의 산화수는 1 감소했으므로 $a = 6$ 이고 $c = 3$ 이다. 나머지 H, O원자의 계수를 맞추면 $b = 6$, $d = 3$ 이다. 따라서 $a + b + c + d = 18$ 이다.

17. 기체의 양(mol)

CH_4 , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, CH_3OH 의 분자량은 각각 16, 46, 32이다. (가)에 들어 있는 CH_4 의 양

은 $\frac{14.4\text{g}}{16\text{g/mol}} = 0.9\text{mol}$ 이고 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 의 양은 $\frac{23\text{g}}{46\text{g/mol}} = 0.5\text{mol}$ 이다. 또한 (가)에 첨가한

CH_3OH 의 양은 $\frac{x}{32}\text{mol}$ 이다. 원자 수는 원자의 양(mol)에 비례한다.

[정답맞히기] (가)에서 산소(O) 원자 수는 0.5 mol이고 전체 원자 수는 $5 \times 0.9 + 9 \times 0.5 = 9\text{mol}$ 이므로 $\frac{\text{산소(O)의 원자 수}}{\text{전체 원자 수}} = \frac{0.5}{9}$ 이다.

(나)에서 산소(O) 원자 수는 $(0.5 + \frac{x}{32})\text{mol}$ 이고 전체 원자 수는 $(9 + \frac{6x}{32})\text{mol}$ 이므로

$$\frac{\text{산소(O)의 원자 수}}{\text{전체 원자 수}} = \frac{0.5 + \frac{x}{32}}{9 + \frac{6x}{32}} = \frac{16 + x}{9 \times 32 + 6x} \text{이다.}$$

용기 속 기체의 $\frac{\text{산소(O)의 원자 수}}{\text{전체 원자 수}}$ 는 (나)가 (가)의 2배이므로 $\frac{16 + x}{9 \times 32 + 6x} = 2 \times \frac{0.5}{9}$,
 $x = 48$ 이다. 정답④

18. 동위 원소와 평균 원자량

[정답맞히기] ㄱ. 평균 원자량은 (동위 원소의 원자량 \times 동위 원소의 존재 비율)의 합으로 계산한다. H 동위 원소의 원자량과 존재 비율(%)은 다음과 같다.

동위 원소	^1_1H	^2_1H	^3_1H
원자량	1	2	3
존재 비율(%)	a	b	c

따라서 H의 평균 원자량은 $\frac{a + 2b + 3c}{100}$ 이다.

ㄴ. 분자량이 5인 H_2 의 존재 비율(%)은 $2 \times bc$ 에 비례하고 분자량이 6인 H_2 의 존재 비율(%)은 c^2 에 비례하므로 $\frac{\text{분자량이 5인 } \text{H}_2 \text{의 존재 비율}(\%)}{\text{분자량이 6인 } \text{H}_2 \text{의 존재 비율}(\%)} = \frac{2bc}{c^2} = \frac{2b}{c}$ 이다. $b > c$ 이므로 $\frac{2b}{c} > 2$ 이다.

ㄷ. 분자량이 3인 H_2 의 존재 비율은 $\frac{2ab}{100^2}$ 이므로 1mol의 H_2 중 분자량이 3인 H_2 의 전체 중성자의 수는 $1 \times \frac{2ab}{100^2}$ 에 비례한다. 분자량이 20인 HF의 존재 비율은 $\frac{a}{100}$ 이므로 1mol의 H_2 중 분자량이 20인 HF의 전체 중성자의 수는 $10 \times \frac{a}{100}$ 에 비례한다.

$$\text{따라서 } \frac{\frac{2ab}{100^2}}{10 \times \frac{a}{100}} = \frac{b}{500} \text{이다.}$$

정답⑤

19. 중화 반응의 양적 관계

이온 W~Z는 각각 A^{2-} , B^{-} , Na^{+} , H^{+} , OH^{-} 중 하나이다. 혼합 용액 II와 III에서 Z의 몰농도가 각각 0, 0.2M이므로 Z는 H^{+} 이고, Y는 II와 III에서 모두 0이므로 OH^{-} 또는 A^{2-} 중 하나인데 혼합 용액 I에서 Y와 Z가 모두 존재하므로 Y는 A^{2-} 이다. 또한 W, X는 각각 Na^{+} , B^{-} 중 하나인데 W는 I~III에 모두 존재하므로 W는 Na^{+} , X는 B^{-} 이다.

이온	W	X	Y	Z
이온의 종류	Na^{+}	B^{-}	A^{2-}	H^{+}

[정답맞히기]

W(Na^{+})의 몰농도는 II에서가 III에서의 2배이므로 혼합 용액의 부피는 III에서가 II에서의 2배이다. 따라서 $V=5$ 이다. 또한 혼합 용액 I에서 W(Na^{+})와 Y(A^{2-})의 몰농도가 같으므로 혼합 전 이온의 양(mol)도 같다. 따라서 $x \times 20 = y \times 5$ 이고 $y = 4x$ 이다.

혼합 전후 Na^{+} , B^{-} 의 양(mol)은 변하지 않으므로 혼합 용액 II의 W(Na^{+})은 $x \times 20 = 2a \times 25$ 이므로 $a = \frac{2}{5}x$ 이다. 또한 HB(aq)의 양은 III에서가 II에서의 6배이므로

혼합 용액 속 X(B^{-})의 양(mol)도 6배이다. $b \times 50 = 6 \times 2a \times 25$ 이므로 $b = 6a$ 이다.

혼합 용액 III에서 혼합 전 OH^{-} 의 양은 $x \times 0.02 \text{ mol}$, H^{+} 의 양은 $y \times 0.03 \text{ mol}$ 이고 혼합 후 H^{+} 의 양은 $0.2 \times 0.05 = 0.01 \text{ mol}$ 이므로 H^{+} 의 양은 $0.03y = 0.02x + 0.01$ 이므로 $x = \frac{1}{10}$ 이다. 따라서 $y = 4x$ 이므로 $y = \frac{4}{10}$ 이다. 따라서 $\frac{b}{a} \times (x + y) = 6 \times (\frac{1}{10} + \frac{4}{10}) = 3$ 이다.

정답②

20. 기체 반응의 양적 관계

[정답맞히기] 반응 전후 질량은 보존되므로 (가)에서 (다)까지 반응한 A의 질량은 $9w \text{ g}$, B의 질량은 $3w \text{ g}$ 이고, (다)에 들어 있는 C와 D의 질량의 합은 $12w \text{ g}$ 이다. (다)에서 C와 D의 질량 비는 4:5이므로 C의 질량은 $12w \times \frac{4}{9} = \frac{16w}{3} \text{ g}$, D의 질량은 $12w \times \frac{5}{9} = \frac{20w}{3} \text{ g}$ 이다.

(가)~(다)에서 반응한 B의 총 양을 $xn \text{ mol}$ 이라고 할 때 반응한 A의 총 양과 생성된 C의 총 양은 모두 $n \text{ mol}$ 이고 생성된 D의 양은 $yn \text{ mol}$ 이다.

따라서 (가)에 들어 있는 A와 B의 양은 각각 $n \text{ mol}$, $\frac{1}{3}xn \text{ mol}$, (나)에 들어 있는 A, C, D의 양은 각각 $\frac{2}{3}n \text{ mol}$, $\frac{1}{3}n \text{ mol}$, $\frac{1}{3}yn \text{ mol}$, (다)에 들어 있는 C, D의 양은 $n \text{ mol}$, $yn \text{ mol}$ 이다.

(가)와 (나)의 실린더 속 기체의 밀도 비가 $\frac{d_2}{d_1} = \frac{5}{7}$ 이고 밀도는 기체의 부피에 반비례하므로 (가)의 부피를 $5V_1$ 라고 가정하면 (나)의 부피는 $7V_1$ 이다. (나)와 (다)에서 실린

더 속 기체의 밀도 비는 $\frac{d_3}{d_2} = \frac{14}{25}$ 이므로 (나):(다) = $\frac{10w}{7V_1} : \frac{12w}{V_2} = 25:14$ 이므로 (다)의

부피는 $V_2 = 15V_1$ 이다. 따라서 기체의 부피 비는 (가):(나):(다) = $5V_1 : 7V_1 : 15V_1 = 5:7:15$ 이다.

기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하므로 이를 이용하여 x, y 를 구하면 다음과 같다.

$$n + \frac{1}{3}x : \frac{2}{3}n + \frac{1}{3}n + \frac{1}{3}y : n + y = 5:7:15, \quad x=2, \quad y=4 \text{이다.}$$

또한 반응 몰비는 A:D=1:4이고 질량 비는 A:D = $9w : \frac{20w}{3} = 27:20$ 이므로 분자량 비

$$\text{는 } \frac{27}{\text{A의 분자량}} : \frac{20}{\text{D의 분자량}} = 1:4, \quad \frac{\text{D의 분자량}}{\text{A의 분자량}} = \frac{5}{27} \text{이다.}$$

$$\text{따라서 } \frac{\text{D의 분자량}}{\text{A의 분자량}} \times \frac{x}{y} = \frac{5}{27} \times \frac{2}{4} = \frac{5}{54} \text{이다.}$$

정답①