

2023학년도 대학수학능력시험 9월 모의평가
과학탐구영역 **화학 I** 정답 및 해설

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

1. 탄소 화합물의 유용성

- [정답맞히기] ㄱ. 메테인(CH_4)은 액화 천연 가스(LNG)의 주성분이다.
ㄴ. 탄소 화합물은 탄소(C)를 기본 골격으로 수소(H), 산소(O), 질소(N), 황(S), 인(P), 할로젠 등이 공유 결합하여 이루어진 화합물이므로 뷰테인(C_4H_{10})은 탄소 화합물이다.
ㄷ. 뷰테인(C_4H_{10})은 액화 석유 가스(LPG)의 주성분으로 뷰테인(C_4H_{10})의 연소 반응은
발열 반응이다.

정답⑤

2. 원소의 주기적 성질

- [정답맞히기] 원자 번호가 5~9인 원자는 B, C, N, O, F으로 모두 2주기 원소이다. 같은 주기에서는 원자 번호가 증가할수록 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하가 증가하며, 유효 핵전하가 커질수록 핵과 원자가 전자 사이의 전기적 인력이 증가하므로 원자 반지름이 작아진다. 따라서 ⑦으로 ‘작아진다’는 적절하다. 5가지 원소 중 원자 반지름이 2번째로 큰 X의 원자 번호는 6이다.

정답①

3. 이온 결합 물질과 공유 결합 물질

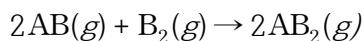
- 원자가 전자 수와 전자 껍질 수를 고려할 때, W~Z는 각각 O, Na, Al, Cl이다.
[정답맞히기] ㄱ. XZ는 NaCl 으로 이온 결합 물질이다. 따라서 XZ(l)는 전기 전도성이 있다.
ㄴ. W는 O, Y는 Al이다. O와 Al은 3:2로 결합하여 Al_2O_3 의 안정한 화합물을 형성 한다.

정답③

[오답피하기] ㄴ. Z_2W 는 Cl_2O 으로 공유 결합 물질이다.

4. 화학 반응식

- [정답맞히기] $\text{AB}(g)$ 와 $\text{B}_2(g)$ 가 반응하여 $\text{AB}_2(g)$ 를 생성하는 반응의 화학 반응식은 다음과 같다.



반응 후 $\text{AB}(g)$ 와 $\text{B}_2(g)$ 가 모두 소모되었으므로, 반응 전 기체의 몰비는 $\text{AB}(g) : \text{B}_2(g) = 2 : 1$ 이다. $\text{AB}(g)$ 의 양을 $2k \text{ mol}$ 이라고 두면, 반응 전 기체의 총 양은 $3k \text{ mol}$, 반응 후 기체의 양은 $2k \text{ mol}$ 이다. 일정한 온도와 압력에서 기체의 부피는 기체의 양 (mol)에 비례하므로 반응 전과 후 기체의 부피 비는 $3 : 2$ 이다. 반응 전 전체 기체의 질량을 $w \text{ g}$ 이라고 두면, 질량이 보존되므로 반응 후 기체의 질량도 $w \text{ g}$ 이다. 따라서

$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{3}{2}$$
이다.

정답②

5. 루이스 전자점식

(가)는 X_2 로 ‘비공유 전자쌍 수 - 공유 전자쌍 수’가 2이므로 O_2 이다. O와 Y로 이루어진 (다)는 분자당 구성 원자 수가 3이고 ‘비공유 전자쌍 수 - 공유 전자쌍 수’가 6이므로 (다)는 OF_2 이다. 따라서 Y는 F이다.

[정답맞히기] ㄱ. (나)는 F_2 이므로 비공유 전자쌍 수가 6, 공유 전자쌍 수가 1이다. 따라서 $a = 5$ 이다.

[오답피하기] ㄴ. (나)는 F와 F의 단일 결합으로 이루어져 있다.

ㄷ. (가)의 공유 전자쌍 수와 (다)의 공유 전자쌍 수는 2로 같다.

정답①

6. 물의 전기 분해

같은 시간 동안 생성된 기체의 부피 비는 $H_2 : O_2 = 2 : 1$ 이고, t_1 일 때 전극 B에서 생성된 기체의 양(mol)과 시간이 흐른 후 t_2 일 때 전극 A에서 생성된 기체의 양(mol)이 N mol로 같으므로 전극 A에서 생성된 기체는 O_2 , 전극 B에서 생성된 기체는 H_2 이다.

[정답맞히기] ㄱ. 전극 A는 (+)극이고 생성된 기체는 O_2 이다.

ㄴ. 전류를 흘려 H_2O 을 분해할 수 있으므로 H_2O 을 이루고 있는 H 원자와 O 원자 사이의 화학 결합(공유 결합)에는 전자가 관여한다.

ㄷ. $x = \frac{1}{2}N$, $y = 2N$ 으로 $\frac{x}{y} = \frac{1}{4}$ 이다.

정답⑤

7. 동적 평형

t_2 에서 동적 평형에 도달하였으므로 H_2O 의 증발 속도와 H_2O 의 응축 속도가 같아 $y = 1$ 이다.

[정답맞히기] ㄱ. $x > y$ 으로 $x > 1$ 이다.

ㄷ. t_2 에서 동적 평형에 도달하였으므로 $y = z = 1$ 이다.

정답③

[오답피하기] ㄴ. $x > 1$ 으로 B는 H_2O 의 증발 속도이고, A는 H_2O 의 응축 속도이다.

8. 분자의 구조와 성질

WX_3 , XYW , YZX_2 는 각각 NF_3 , FCN , COF_2 이고, W~Z는 각각 N, F, C, O이다.

[정답맞히기] ㄱ. WX_3 는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하는 극성 분자이다.

ㄴ. 전기 음성도는 X가 가장 크므로 YZX_2 에서 X는 부분적인 음전하(δ^-)를 띤다. 정답④

[오답피하기] ㄷ. 직선형인 XYW 는 결합각이 180° 으로 결합각은 XYW 가 WX_3 (삼각뿔형)보다 크다.

9. 산화 환원 반응

- [정답맞히기] ㄱ. (가)에서 X^{2+} 과 Z^{2+} 의 전하량이 같으므로 $a=3N$ 이다. 정답①
- [오답피하기] ㄴ. 금속 양이온의 전하량의 합은 산화 환원 반응 후에도 같아야 하므로 (나)에서 $3m=m+6$ 이다. 따라서 $m=3$ 이다.
- ㄷ. (가)와 (나)에서 $Z(s)$ 는 산화되므로 환원제로 작용한다.

10. 원소의 주기적 성질

2, 3주기 바닥상태 원자의 홀전자 수와 s 오비탈에 들어 있는 전자 수는 다음과 같다.

원자	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
홀전자수	1	0	1	2	3	2	1	0
s오비탈에 들어 있는 전자 수	3	4	4	4	4	4	4	4
원자	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
홀전자수	1	0	1	2	3	2	1	0
s오비탈에 들어 있는 전자 수	5	6	6	6	6	6	6	6

$\frac{\text{홀전자 수}}{\text{s 오비탈에 들어 있는 전자 수}} = \frac{1}{6}$ 인 W와 X는 Cl 또는 Al 중 하나인데, 전기 음성도는 $W > Y > X$ 이므로 W는 Cl이고, X는 Al이며, Y는 B이다. Y와 Z는 같은 주기 원소이므로 Z는 Li이다.

- [정답맞히기] ㄱ. W는 Cl이다.
- ㄴ. X와 Y는 모두 13족 원소이다.
- ㄷ. $\frac{\text{제2 이온화 에너지}}{\text{제1 이온화 에너지}}$ 는 1족 원소인 Z가 가장 크므로 $Z > Y$ 이다. 정답⑤

11. 전자 배치

2주기 바닥 상태 원자는 $1s$, $2s$, $2p$ 오비탈에 전자가 배치될 수 있다. 따라서 ⑦은 $n=2$ 인 오비탈을 의미하고, ⑧은 $2s$ 또는 $2p$ 오비탈을 의미한다. ⑦에 들어 있는 전자 수는 ⑧에 들어 있는 전자 수보다 크거나 같을 것이다. $n=2$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수는 최대 8이므로 Z의 ⑦($2s + 2p$ 오비탈)에 들어 있는 전자 수를 8이라고 하면 Z의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6$ 이고, ⑧($2p$ 오비탈)에 들어 있는 전자 수는 6이 된다. 따라서 Y의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^2$ 가 되어 ⑦($2s + 2p$ 오비탈)에 들어 있는 전자 수는 4, ⑧($2p$ 오비탈)에 들어 있는 전자 수는 2이다. 또한 X의 전자 배치는 $1s^2 2s^2$ 가 되어 ⑦($2s$ 오비탈)에 들어 있는 전자 수는 2, ⑧($2s$ 오비탈)에 들어 있는 전자 수는 2이다.

- [정답맞히기] ㄱ. Z의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6$ 으로 18족 원소이다.
- ㄴ. 홀전자 수는 X와 Z가 모두 0이다.

ㄷ. 전자가 들어 있는 오비탈 수는 $X:Y=2:4=1:2$ 이다.

정답⑤

12. 용액의 농도

(가)의 부피는 200mL이므로 (가)에 들어 있는 X의 양은 $0.2b \text{ mol}$ 이고, (나)에 들어 있는 X의 양도 $\frac{2}{3}b \times 0.3 = 0.2b \text{ mol}$ 이다. X의 양(mol)의 변화가 없으므로 ⊖은 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이다. 수용액에 포함된 X의 질량 비는 (나):(다)=2:3이므로 (다)에 들어 있는 X의 양은 $0.3b \text{ mol}$ 이다. 만약 ⊖이 $5a \text{ M } X(aq)$ 이라면 추가된 X의 양이 $0.5a = 0.1b$ 이 되어 조건에 맞지 않다. 따라서 ⊖은 $3a \text{ M } X(aq)$ 이고, $0.3a = 0.1b$ 이므로 $b = 3a$ 이다. 정답③

13. 산화 환원 반응

㉠~㉡ 중 산화제는 NO_3^- 이고, 환원제는 M이므로 $a:b=1:2$ 이다. N의 산화수는 +5에서 +4로 감소하므로 $b=2$ 라면 이동한 전자의 양은 2 mol이고, $x=2$ 이다. O 원자 수는 반응 전과 후에 6으로 같으므로 $d=2$, $c=4$ 이다. 따라서 $\text{NO}_3^- 1 \text{ mol}$ 이 반응할 때 생성된 H_2O 의 양은 1 mol이므로 $y=1$ 이고, $x+y=3$ 이다. 정답④

14. 동위 원소

실린더에 들어 있는 $\text{BF}_3(g)$ 의 부피가 11.3L이므로 0.5 mol이고, 밀도는 3 g/L이므로 질량은 33.9 g이다. $^{10}\text{B}^{19}\text{F}_3$, $^{11}\text{B}^{19}\text{F}_3$ 의 분자량은 각각 67, 68이고, $^{10}\text{B}^{19}\text{F}_3$ 의 양을 $x \text{ mol}$ 이라고 하면 $^{11}\text{B}^{19}\text{F}_3$ 의 양은 $(0.5-x) \text{ mol}$ 이므로 $67x+68(0.5-x)=33.9$ 이다. 따라서 $x=0.1$ 이고, 자연계 존재 비는 $^{10}\text{B}^{19}\text{F}_3 : ^{11}\text{B}^{19}\text{F}_3 = 1:4$ 이다.

[정답맞히기] ㄴ. F은 자연계에서 ^{19}F 만 존재하므로 자연계 존재 비는 $^{10}\text{B} : ^{11}\text{B} = 1:4$ 이고, B의 평균 원자량은 10.8이다. 정답②

[오답피하기] ㄱ. 자연계에서 $\frac{\text{}}{\text{}}^{11}\text{B} \text{의 존재 비율}} = 4$ 이다.

ㄷ. 중성자 수는 $^{10}\text{B}^{19}\text{F}_3$ 가 $5+(3\times 10)=35$ 이고, $^{11}\text{B}^{19}\text{F}_3$ 가 $6+(3\times 10)=36$ 이므로 (가)에 들어 있는 중성자의 양은 $(35\times 0.1)+(36\times 0.4)=17.9 \text{ mol}$ 이다.

15. 전자 배치

A~C는 2, 3주기 바닥상태 원자이므로 $n-l=1$ 인 오비탈은 1s, 2p 오비탈이고, $n-l=2$ 인 오비탈은 2s, 3p 오비탈이다. 따라서 A는 $n-l=1$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수가 6이므로 1s 오비탈에 전자가 2개, 2p 오비탈에 전자가 4개 들어 있고, A의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^4$ 이며, $n-l=2$ 인 오비탈인 2s 오비탈에 들어 있는 전자 수 $x=2$ 이다. B는 $n-l=1$ 인 오비탈에 들어 있는 전자 수가 2이므로 1s 오비탈에만 전자가 2개 들어 있고, $n-l=2$ 인 오비탈인 2s 오비탈에 전자가 2개 들어 있어야 한다.

따라서 B의 전자 배치는 $1s^2 2s^2$ 이다. C는 $n-l=1$ 인 오비탈인 $1s$ 오비탈과 $2p$ 오비탈에 들어 있는 전자 수가 8이므로 $1s$ 오비탈에 2개, $2p$ 오비탈에 전자가 6개 들어 있고, $n-l=2$ 인 $2s$, $3p$ 오비탈에 들어 있는 전자 수가 4이므로 $2s$ 오비탈에 2개, $3p$ 오비탈에 전자가 2개 들어 있다. 따라서 C의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$ 이다.

[정답맞히기] ㄱ. A의 전자 배치는 $1s^2 2s^2 2p^4$ 이다. 따라서 $n-l=2$ 인 $2s$ 오비탈에 들어 있는 전자 수가 2이므로 $x=2$ 이다.

ㄴ. $l+m_l=1+0=1$ 인 오비탈은 $2p$ 오비탈 중 하나인데 A는 $2p$ 오비탈에 전자가 4 개 들어 있으므로 3종류의 $2p$ 오비탈에 전자가 모두 들어 있다. **정답③**

[오답피하기] ㄷ. 원자가 전자 수는 B와 C가 각각 2, 4이다.

16. 물의 자동 이온화

(가)의 $pH = x$ 이므로 $pOH = 14 - x$ 이고, (나)의 $pOH = 2x$ 이므로 $pH = 14 - 2x$ 이다.

(가)와 (나)의 $[H_3O^+]$ 비는 (가) : (나) = $\frac{50}{100} : \frac{1}{200}$ 으로 $[H_3O^+]$ 는 (가)가 (나)의 100배이다. $pH = -\log[H_3O^+]$ 이므로 pH는 (나)가 (가)보다 2만큼 크다.

[정답맞히기] ㄴ. $x=4$ 이므로 (가)의 pH는 4이고, (나)의 pH는 6이다. 따라서 (가)와 (나)의 액성은 모두 산성이다. **정답②**

[오답피하기] ㄱ. $x+2=14-2x$ 이므로 $x=4$ 이다.

ㄷ. (가)에서 pOH 가 10이므로 $[OH^-] = 1 \times 10^{-10} M$ 이고, 부피는 0.1 L이므로 OH^- 의 양은 $1 \times 10^{-11} mol$ 이다. (나)에서 pH 가 6이므로 $[H_3O^+] = 1 \times 10^{-6} M$ 이고, 부피는 0.2

L이므로 H_3O^+ 의 양은 $2 \times 10^{-7} mol$ 이다. 따라서 $\frac{(가)에서 OH^-의 양(mol)}{(나)에서 H_3O^+의 양(mol)} = \frac{1 \times 10^{-11}}{2 \times 10^{-7}} = 5 \times 10^{-5} > 1 \times 10^{-5}$ 이다.

17. 중화 적정

(나)의 수용액 100 mL에 들어 있는 식초의 질량은 $d g/mL \times 10 mL = 10d g$ 이다. (다)에서 이 수용액 20 mL를 삼각 플라스크에 넣었으므로 삼각 플라스크에 들어 있는 식초의 질량은 $2d g$ 이다. (다)의 삼각 플라스크에 0.25 M NaOH(*aq*) a mL를 넣었을 때 중화점에 도달하였으므로 삼각 플라스크에 들어 있는 아세트산의 양은 $0.25 M \times \frac{a}{1000} L = 2.5 \times 10^{-4} a mol$ 이다. 아세트산의 분자량이 60이므로 삼각 플라스크에 들어 있는 아세트산의 질량은 $0.015a g$ 이다. 삼각 플라스크에 들어 있는 식초의 질량이 $2d g$ 이므로 식초 1 g에 들어 있는 아세트산의 질량은 $\frac{0.015a}{2d} = \frac{3a}{400d} (g)$ 이다. **정답④**

18. 화학식량과 몰

$X(g)$ w g을 m mol, $Y(g)$ $4w$ g을 n mol이라고 두면, 실린더에 들어 있는 기체의 총 양은 (가)가 $3m$ mol, (나)가 $(m+n)$ mol이다. 분자당 구성 원자 수 비가 $X : Y = 5 : 3$ 이고, 일정한 온도와 압력에서 기체의 부피는 기체의 양(mol)에 비례하므로 단위 부피당 전체 원자 수 비는 (가) : (나) = $5 : 4 = \frac{3m \times 5}{3m} : \frac{5m+3n}{m+n}$ 이다. $m=n$ 이므로

$\frac{Y\text{의 분자량}}{X\text{의 분자량}} = 4$ 이다. (가)와 (나)의 밀도 비는 $d_1 : d_2 = \frac{3w}{3m} : \frac{5w}{2m} = 2 : 5$ 이다. 따라서

$\frac{Y\text{의 분자량}}{X\text{의 분자량}} \times \frac{d_2}{d_1} = 10$ 이다.

정답⑤

19. 중화 반응

(가)가 산성이고, 모든 이온의 몰 농도 비가 $1 : 1 : 2$ 이므로 $a = 2b$ 이다. $A(aq)$ 가 $HBr(aq)$ 이라면 (다)는 (가)와 비교할 때 $NaOH(aq)$ 의 양(mol)은 그대로지만, $HCl(aq)$ 과 $HBr(aq)$ 를 추가하여, 넣어준 H^+ 의 양(mol)은 증가하였으므로 (다)도 산성이다. 그런데 (다)는 모든 이온의 몰 농도 비가 $1 : 1 : 1 : 3$ 으로 양이온이 1종류, 음이온이 3종류가 존재해야 한다. 이러한 경우는 염기성이므로 모순이다. 따라서 $A(aq)$ 는 $KOH(aq)$ 이며 (다)에 넣어 준 이온의 양(mmol)은 다음과 같다.

2b M HCl(aq) 15 mL		b M NaOH(aq) 10 mL		c M KOH(aq) 5 mL	
H ⁺	Cl ⁻	Na ⁺	OH ⁻	K ⁺	OH ⁻
30b	30b	10b	10b	5c	5c

(다)는 모든 이온의 몰 농도 비가 $1 : 1 : 1 : 3$ 으로 양이온이 3종류, 음이온이 1종류가 존재해야 한다. 따라서 (다)는 산성이고, 반응 후 존재하는 이온의 양(mmol)은 다음과 같다.

H ⁺	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺
$(20b - 5c)$	30b	10b	5c

(다)의 수용액에서 양(mol)이 가장 많은 이온은 Cl⁻이므로 $10b = 5c$, $c = 2b$ 이다. 따라서 (나)와 (다)에 들어 있는 이온의 양(mmol)은 다음과 같다.

	H ⁺	OH ⁻	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺
(나) 25 mL		5b	20b	5b	20b
(다) 30 mL	10b		30b	10b	10b

(나) 5 mL, (다) 5 mL에 들어 있는 이온의 양(mmol)은 다음과 같다.

	H^+	OH^-	Cl^-	Na^+	K^+
(나) 5 mL		b	$4b$	b	$4b$
(다) 5 mL	$\frac{10b}{6}$		$5b$	$\frac{10b}{6}$	$\frac{10b}{6}$

(나) 5 mL와 (다) 5 mL를 혼합한 용액에서 H^+ 의 양은 $\frac{2b}{3} (= \frac{10b}{6} - b)$ mmol이고, Na^+ 의 양은 $\frac{8b}{3} (= b + \frac{10b}{6})$ mmol이므로 $\frac{H^+ \text{의 몰 농도}(M)}{Na^+ \text{의 몰 농도}(M)} = \frac{1}{4}$ 이다. 정답②

20. 화학 반응식

화학 반응식의 반응 계수 비가 $A : B : C = 1 : 2 : 2$ 이므로 반응이 완결되기 전, 감소하는 전체 기체의 양(mol)은 반응한 A의 양(mol)과 같다. t_1 에서 전체 기체의 양을 $7a$ mol이라고 하면 $t_1 \sim t_2$ 동안 반응한 A와 B의 양은 각각 $0.3a$ mol, $0.6a$ mol, $t_2 \sim t_3$ 동안 반응한 A와 B의 양은 각각 $0.6a$ mol, $1.2a$ mol이다. t_1 에서 A와 B의 질량을 각각 $7w$ g, $8w$ g, A와 B의 분자량을 각각 M_A , M_B 라고 두면 $t_1 \sim t_2$ 에서 반응한 A와 B의 양은 각각 $0.3a$ mol, $0.6a$ mol이므로 t_2 에서 $\frac{7w - 0.6aM_B}{8w - 0.3aM_A} = \frac{7}{9} \dots \odot$ 이고, $t_2 \sim t_3$ 동안 반응한 A와 B의 양은 각각 $0.6a$ mol, $1.2a$ mol이므로, t_3 에서 $\frac{7w - 1.8aM_B}{8w - 0.9aM_A} = \frac{1}{2} \dots \odot$ 이다. \odot 을 정리하면 $w = 0.6aM_B - 0.15aM_A$ 이고, $0.6aM_B = w + 0.15aM_A \dots \odot$ 이다. \odot 을 \odot 의 분자에 넣고 정리하면 $M_B = \frac{7}{8}M_A$ 가 나온다. $M_A = 8k$ 라고 두면 $M_B = 7k$ 이다. 화학 반응식의 반응 계수 비가 $A : B : C = 1 : 2 : 2$ 이므로 C의 분자량 $M_C = 11k$ 이다. 따라서 $\frac{A \text{의 분자량}}{C \text{의 분자량}} = \frac{8}{11}$ 이다, $t=0$ 에서 A와 B의 질량을 w' g이라고 두면, $x = \frac{w'}{8} + \frac{w'}{7}$ 이다. t_4 에서 B가 모두 반응하였으므로 양적 관계는 다음과 같다.

	$A(g)$	$+ \quad 2B(g)$	$\rightarrow \quad 2C(g)$
반응 전(mol)	$\frac{w'}{8}$	$\frac{w'}{7}$	
반응(mol)	$- \frac{w'}{14}$	$- \frac{w'}{7}$	$+ \frac{w'}{7}$
반응 후(mol)	$\frac{w'}{8} - \frac{w'}{14}$	0	$\frac{w'}{7}$

$y = \frac{w'}{8} + \frac{w'}{14}$ 이므로 $\frac{y}{x} = \frac{11}{15}$ 이다. 따라서 $\frac{A \text{의 분자량}}{C \text{의 분자량}} \times \frac{y}{x} = \frac{8}{11} \times \frac{11}{15} = \frac{8}{15}$ 이다. 정답③