

9월 클러스터 모의고사 문제지

과학탐구 영역(화학 I)

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

해설

1. **정답 ②**
 가. 연소 반응은 발열 반응이므로, 주위로 열이 방출된다. (ㄱ. 거짓)
 나. 에탄올(C₂H₅OH)은 의약품 소독제의 원료이며, 산화시켜 아세트산을 만들 수 있다. 따라서 에탄올(C₂H₅OH)은 ㉠으로 적절하다. (ㄴ. 참)
 다. ㉠과 ㉡은 탄소와 수소 및 산소 또한 포함하고 있으므로, 탄화수소가 아니다. (ㄷ. 거짓)

2. **정답 ①**
 (가)와 (나)의 쌍극자 모멘트를 통해, 전기음성도는 X > Y > Z임을 알 수 있다. 따라서 X~Z는 각각 F, O, C이고, (가)와 (나)는 각각 OF₂, COF₂이다.
 가. X는 F이다. (ㄱ. 참)
 나. 전기음성도는 Y > Z이므로, ZY₂에서 Z는 부분적인 양전하(δ⁺)를 띤다. (ㄴ. 거짓)
 다. 다중 결합의 수는 (가)와 (나)가 각각 0개, 1개이므로, (가)와 (나)가 다르다. (ㄷ. 거짓)

3. **정답 ③**
 반응 전과 후 기체 전체의 질량은 일정하므로, 기체의 밀도는 부피에 반비례한다. 따라서 반응 전과 후 기체의 부피비는 9:10임을 알 수 있다.
 반응 전 실린더에 1mol의 X_nY_{2n+2}이 있다고 가정하자. 그러면 반응 후 XZ₂와 Y₂Z는 각각 nmol, (n+1)mol이 존재한다. 그러므로 반응 전 존재하는 Z 원자 수는 2n+n+1=(3n+1)mol이 존재한다. 이를 통해 반응 전 존재하는 Z₂의 몰수를 구해보면 (3/2)n + 1/2 mol이 존재했음을 알 수 있다.
 실린더 속 온도와 압력이 일정하므로, 기체의 부피비는 몰수비와 같다. 따라서 반응 전후 몰수비에 대한 비례식을 세우면 다음과 같다.
 $1 + \frac{3}{2}n + \frac{1}{2} : n + n + 1 = \frac{3}{2}n + \frac{3}{2} : 2n + 1 = 9 : 10 \therefore n = 2$
 즉, X_nY_{2n+2}의 분자식은 X₂Y₆이고, 반응 전 실린더 속 Z₂의 몰수는 (3/2)n + 1/2 mol = 7/2 mol이다.

$$\therefore \text{반응 전 실린더 속 } \frac{Z_2 \text{의 양(mol)}}{X_n Y_{2n+2} \text{의 양(mol)}} = \frac{7/2}{1} = \frac{7}{2}$$

4. **정답 ⑤**
 B₂C₂의 화학 결합 모형을 통해, B와 C는 각각 0, H임을 알 수 있다. 또한 A와 B는 1:1로 이온결합을 하고 있으므로, A는 Mg이고, n=2임을 알 수 있다.
 가. A는 금속 원자이므로, A(s)는 연성(뽀함성)이 있다. (ㄱ. 참)
 나. C는 비금속 원자이므로, C₂는 공유 결합 물질이다. (ㄴ. 참)
 다. n=2이다. (ㄷ. 참)

5. **정답 ③**
 ㉠은 시간에 따라 증가하므로, ㉠은 설탕 수용액의 몰 농도(M)이다.
 가. ㉠은 설탕 수용액의 몰 농도(M)이다. (ㄱ. 참)
 나. 설탕의 석출 속도는 0에서 시작하여 점차 증가하다 평형 상태에 일정하게 된다. 따라서 설탕의 석출 속도는 2t일 때가 t일 때보다 크다. (ㄴ. 거짓)
 다. 2t 이후는 설탕 수용액이 용해 평형 상태이므로, 녹지 않은 설탕의 질량은 같다. 따라서 녹지 않은 설탕의 질량(g)은 2t일 때와 3t일 때가 같다. (ㄷ. 참)

6. **정답 ①**
 양이온 1 mol당 음이온의 양(mol) 자료를 통해 (가)~(다)의 실험식을 구하면 각각 AB, CB₃, C₂D₃이고, 이를 통해 구성 이온의 가수 비를 구하면 a:b:c:d=1:1:3:2가 된다. a~d는 3 이하의 자연수이므로, a=1, b=1, c=3, d=2이다. 가수 및 원자 번호 조건을 통해 A~D는 각각 Na, F, Al, O임을 알 수 있다.
 가. C는 Al이다. (ㄱ. 참)
 나. A와 D의 안정한 화합물은 A₂D(Na₂O)이다. (ㄴ. 거짓)
 다. b=1이다. (ㄷ. 거짓)

7. **정답 ④**
 Ar은 3p 오비탈까지 전자가 채워져 있으므로, n은 0~3, l은 0 또는 1, m_l은 -1~1의 범위를 가진다. (다), (가), (라)의 m_l이 서로 다르므로, (다), (가), (라)의 m_l은 각각 1, 0, -1이고, 이에 따라 (다), (라)는 p 오비탈임을 알 수 있다.

만약 (다)와 (라)가 $3p$ 오비탈이라고 하면 에너지 준위가 더 큰 오비탈 (나)가 존재할 수 없다. 따라서 (다)와 (라)는 각각 $m_l = 1, m_l = -1$ 인 $2p$ 오비탈이고, (다)의 $n+l=3$ 이다.

(나)의 $n+l=3$ 이어야 하고, 에너지 준위는 (다)보다 커야 하므로 (나)는 $3s$ 오비탈이다. 또한, (가)의 $n+l$ 는 4 이상이어야 하므로 (가)는 $m_l = 0$ 인 $3p$ 오비탈이다.

ㄱ. (가)는 $m_l = 0$ 인 $3p$ 오비탈이다. (ㄱ. 거짓)

ㄴ. (다)의 $l+m_l=2$ 이다. (ㄴ. 참)

ㄷ. (가)~(라)의 $n-l$ 를 구하면 각각 2, 3, 1, 1이므로, $n-l$ 가 가장 큰 오비탈은 (나)이다. (ㄷ. 참)

8. 정답 ③

물 농도와 부피 자료를 통해 (가)와 (다)에 들어 있는 용질의 몰수비를 구할 수 있고, (가):(다) = $0.6 \times 2V : 0.2 \times V = 6:1$ 이다. 한편, 용질의 질량 조건과 분자량 비를 통해 (나)와 (다)에 들어 있는 용질의 몰수비를 구할 수 있다.

$$(나):(다) = \frac{2x}{a} : \frac{x}{3/2a} = 3:1$$

(다)에 들어 있는 용질의 몰수를 n mol라 하고, (가)~(다)에 들어 있는 용질의 몰수를 구하면 아래와 같다.

용액	(가)	(나)	(다)
용질의 몰수	6n mol	3n mol	n mol

(나)와 (다)의 몰농도가 같으므로, 몰수비와 부피비가 같다. 이를 통해 (나)의 부피는 $3V$ mL임을 알 수 있다.

(가)와 (나)를 혼합하여 만든 수용액의 부피는 $5V$ mL, 그리고 몰수는 $9n$ mol이다. (다)는 $0.2M$ 이므로, 비례식을 사용하여 다음과 같이 수용액의 몰 농도를 구할 수 있다.

$$\frac{n}{V} : \frac{9n}{5V} = 0.2 : x$$

$$x = \frac{9}{5} \times 0.2 = \frac{9}{25} M \text{이다.}$$

9. 정답 ④

반응 전과 후의 전하량의 총합은 변하지 않는다. I과 II의 반응 전은 모두 $A^+ N$ mol이 들어 있는 수용액이었으므로, 반응 후 I과 II에 들어 있는 전하량의 총합 또한 서로 같다. 반응 후 비커 속 존재하는 양이온의 몰수를 각각 $2k, 3k$ mol이라고 하고, I과 II에서 전하량 보존법칙을 적용하면 다음과 같다.

$$b \times 2k = c \times 3k \therefore \frac{b}{c} = \frac{3}{2}$$

b 와 c 는 3 이하의 자연수이므로, $b=3, c=2$ 이다.

ㄱ. A^+ 는 B와 C를 산화시켜 자신이 환원되므로, (나)에서 A^+ 는 산화제로 작용한다. (ㄱ. 거짓)

ㄴ. $c=2$ 이다. (ㄴ. 참)

ㄷ. I에 들어 있는 양이온의 가수는 +3가 양이온이므로, 반응 후 I에 들어 있는 양이온의 양은 $\frac{1}{3}N$ mol이다. (ㄷ. 참)

10. 정답 ①

풍선의 크기는 전자쌍 사이의 반발력 크기에 비유할 수 있다. 풍선의 크기가 클수록 작은 풍선이 차지하는 공간이 줄어들어 점점 모이게 되고, 이에 따라 결합각 또한 작아지게 된다.

마찬가지로, 비공유 전자쌍은 중심 원자와 매우 가까이 위치하므로 다른 전자쌍에게 상대적으로 큰 반발력을 줄 수 있다. 따라서 공유 전자쌍은 한쪽으로 모이게 되어 결합각이 작아지게 된다. 따라서 비공유 전자쌍 사이의 반발력이 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 크고, 중심 원자의 비공유 전자쌍 수가 많아질수록 결합각은 작아진다.

ㄱ. 위 탐구 활동은 중심 원자의 전자쌍이 4개인 분자에서 결합각이 달라지는 경우를 살펴본 것이다. 따라서 중심 원자의 전자쌍 수가 같아도 분자의 결합각이 달라질 수 있다. (ㄱ. 참)

ㄴ. 학습 내용에서 비공유 전자쌍 사이의 반발력이 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 크기 때문에 큰 풍선은 비공유 전자쌍 사이의 반발력, 작은 풍선은 공유 전자쌍 사이의 반발력이다. 따라서 이 실험의 결론은 '중심 원자의 비공유 전자쌍 수가 많아질수록 결합각은 작아진다.'이다. 따라서 '공유 전자쌍 수'는 ㉠으로 적절하지 않다. (ㄴ. 거짓)

ㄷ. H_2O, NH_3, CH_4 의 중심 원자의 비공유 전자쌍 수는 각각 2, 1, 0이므로, 결합각은 $CH_4 > NH_3 > H_2O$ 순이다. (ㄷ. 거짓)

11. 정답 ⑤

2, 3 주기 원자에 들어 있는 총 전자 수는 s 오비탈에 들어 있는 전자 수와 p 오비탈에 들어 있는 전자 수의 합이다. 즉, 그림의 자료는 총 전자 수 대비 s 오비탈, p 오비탈에 들어 있는 전자 수에 대한 자료로 해석할 수 있다. 전자의 개수는 정수이므로, 원자의 총 전자 수는 주어진 자료에서 분모의 정수배에 해당된다.

주어진 자료에서 X와 Y의 분모는 3이므로, 총 전자 수가 3의 배수인 원자들은 Li, C, F, Mg, P, Ar이다. Li에 들어 있는 전자 중 p 오비탈에 들어 있는 전자는 존재하지 않으므로, 제외하여 생각하였을 때, 5가지 원자들의 s 오비탈, p 오비탈에 들어 있는 전자 수를 구하면 다음과 같다.

원자	C	F	Mg	P	Ar
$s:p$	2:1	4:5	1:1	2:3	1:2

즉, X와 Y는 C와 Ar 중 하나이고, 유효 핵전하 자료를 통해 X는 C, Y는 Ar이다. (유효 핵전하는 같은 주기 내 족이 커질수록 증가하므로, $Ne > C$ 이다. 또한, 같은 족 내 주기가 커질수록 증가하므로, $Ar > Ne$ 이다. 따라서, 원자가 전자가 느끼는 유효 핵전하는 $Ar > C$ 이다.)

Z의 총 전자 수는 분모의 정수배에 해당되므로, 전자 수가 5의 배수인 B, Ne, P를 비교하면 다음과 같다.

원자	B	Ne	P
$s:p$	4:1	2:3	2:3

Y와 Z는 같은 주기 원소이므로, Z는 P이다.

ㄱ. X는 2주기 원소이다. (ㄱ. 참)

ㄴ. p 오비탈에 들어 있는 전자 수는 Y와 Z가 각각 12, 9개이므로, $Y:Z = 4:3$ 이다. (ㄴ. 참)

ㄷ. X~Z의 홀전자 수는 각각 2, 0, 3이므로, X~Z의 홀전자 수의 합은 5이다.

(ㄷ. 참)

12. 정답 ②

W~Z의 홀전자 수가 다르므로, 반드시 홀전자 수가 2, 3인 원소가 존재해야 한다. 원자 번호 조건에 의해 W~Z는 N, O가 존재해야 하며, 원자 반지름 조건에 의해 가장 작은 W가 O, X가 N이 된다.

한편 원자 반지름 조건에서 $Z > Y$ 지만, Y와 Z는 제1 이온화 에너지와 제2 이온화 에너지의 크기가 서로 다르다. 이를 통해 Y와 Z는 제1 이온화 에너지 예외 구간 혹은 제2 이온화 에너지 예외 구간임을 알 수 있다. 따라서 Y와 Z는 각각 Mg, Na 혹은 Al, Mg이다. 제2 이온화 에너지가 $W(O) > Z$ 이므로, Y와 Z는 각각 Al, Mg이다.

ㄱ. W~Z에서 원자가 전자 수는 W가 가장 크다. (ㄱ. 거짓)

ㄴ. Ne의 전자 배치를 갖은 이온의 반지름은 $W > Z$ 이다. (ㄴ. 참)

ㄷ. E_1 은 $X > W$ 이고, E_2 는 $W > X$ 이므로, (나)에서 W는 ① 위의 영역에 위치하게 된다. (ㄷ. 거짓)

13. 정답 ⑤

(가)의 구성 원소와 분자당 구성 원자 수를 통해 XY_2 혹은 X_2Y 임을 알 수 있다. 또한, (나)가 XZ_3 혹은 X_3Z 라고 한다면, 옥텟 규칙을 만족하면서 C, O, F로 조합할 수 있는 경우가 존재하지 않는다. 따라서 (나)는 X_2Z_2 임을 알 수 있고, 공유 원자쌍 수 조건에 의하여 (나)는 O_2F_2 임을 알 수 있다. 이를 통해 (가)는 CO_2 임을 알 수 있으며, 따라서 X~Z는 각각 O, C, F임을 알 수 있다.

(다)와 (라)는 C, F로 이루어진 분자이며, (다)에서 분자당 Y 원자 수는 2 이하이므로, 모든 가능한 경우의 수를 나열하여 (다)의 분자식을 결정할 수 있다.

(다)	CF_4	C_2F_6	C_2F_4	C_2F_2
분자당 구성 원자수	5	8	6	4
공유 전자쌍 수	4	7	6	5

따라서 (다)의 분자식은 C_2F_4 임을 알 수 있고, $a=6$ 이다.

(라)의 분자당 구성 원자 수는 5인데, 이를 만족하는 분자는 CF_4 가 유일하다. 따라서 (라)는 CF_4 이고, $b=4$ 이다.

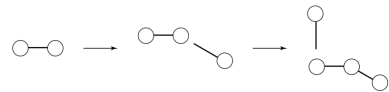
ㄱ. (나)와 (가)의 비공유 전자쌍 수는 각각 10, 4이므로, 비공유 전자쌍 수는 (나)가 (가)의 $\frac{5}{2}$ 배다. (ㄱ. 거짓)

ㄴ. (다)는 Y_2Z_4 이다. (ㄴ. 참)

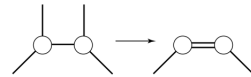
ㄷ. $a+b=10$ 이다. (ㄷ. 참)

별해

N개의 원자가 단일 결합을 이루고 있다고 했을 때, 공유 전자쌍 수는 (N-1)개다(처음 두 원자가 단일 결합을 이루고 있고, 나머지 원자들은 기존의 원자 하나를 선택하여 결합을 할 수 있기 때문).



만약, 하나의 단일 결합이 2중 결합으로 바뀌게 된다면 기존에 결합하였던 두 개의 원자와 이어진 전자들은 서로 전자쌍을 형성해 새로운 결합을 형성하여 구성 원자 수는 모두 단일 결합으로 이루어진 분자에 비해 2개가 감소한다. 한편, 공유 전자쌍 수는 2개가 소멸하고 새로운 결합 1개가 형성되었으므로, 결과적으로 공유 전자쌍 수는 1개가 감소한다.



따라서 N개의 원자가 단일 결합을 이루고 있는 상황에서 2중 결합이 형성되었다고 하였을 때, (N-2)개의 원자가 공유 전자쌍 수 (N-2)개를 이루고 있는 것과 같다. 즉, 분자 내 단 1개의 2중 결합과 나머지가 모두 단일 결합으로 이루어진 분자는 분자의 구성 원자 수와 공유 전자쌍 수가 같다.

(나)에서 4개의 원자가 3개의 공유 전자쌍 수를 가지고 있으므로, (나)의 모든 원자는 단일 결합으로 이루어져 있음을 알 수 있고, (다)의 분자의 구성 원자 수와 공유 전자쌍 수가 같으므로, (다)의 분자에는 2중 결합이 1개 포함되어 있음을 알 수 있다.

14. 정답 ③

(가)에서 M과 NO_x^- 의 반응비가 1:1이므로, M과 N의 산화수 변화 또한 같다. M과 N의 산화수 변화를 구하고, 산화수 변화에 대한 방정식을 세워 x를 구하면 다음과 같다.

실험	반응 전	반응 후
M	0	+x
N	+(2x-1)	+2

$$x = 2x - 1 - 2 \therefore x = 3$$

반응 전후 산소와 수소 원자의 개수를 통해 a, b를 구하면 다음과 같다.

$$3 = 1 + b, a = 2b \therefore b = 2, a = 4$$

(나)에서 S는 SO_3^{2-} 에서 SO_3^{2-} 로 산화되었으므로, M은 환원된다. M의 산화수 변화는 (가)와 (나)에서 같으므로, $M_2O_y^{2-}$ 에서 M의 산화수는 +6임을 알 수 있다. (나)에서 S의 산화수는 2 증가(+4→+6), M의 산화수는 3 감소(+6→+3)하였으므로, 반응비는 M:S=2:3이다. 따라서 c=3이다.

마찬가지로 반응 전후 산소와 수소 원자의 개수를 통해 d, e를 구하면 다음과 같다.

$$7 + 6 = 9 + e, d = 2e \therefore e = 4, d = 8$$

$$\therefore \frac{b+d}{x+y} = \frac{2+8}{3+7} = 1$$

15. 정답 ④

X의 평균 원자량은 $m+0.8$ 이므로, $b=100-a$ 로 놓고 다음과 같이 수식을 세울 수 있다.

$$\frac{m \times a + (m+2) \times (100-a)}{100} = m+0.8 \therefore a = 60, b = 40$$

$^{35}Y_2$ 와 $^{35}Y^{37}Y$ 의 존재 비율은 각각 $\frac{c^2}{100^2}$ 과 $\frac{2cd}{100^2}$ 이고 이것의 비율이 3:2이므로, 비례식을 세워 풀면 다음과 같다.

$$c^2 : 2cd = 3 : 2 \therefore c : d = 3 : 1$$

따라서 c=75, d=25이고, 이를 통해 Y의 평균 원자량을 구하면 35.5가 나온다.

ㄱ. Y의 평균 원자량은 35.5이다. (ㄱ. 거짓)

ㄴ. $^{35}\text{Y}_2$ 와 $^{37}\text{Y}_2$ 의 존재 비율은 $c^2:d^2=9:1$ 이다.

따라서 $y = 3x \times \frac{1}{9} = \frac{1}{3}x$ 이다. (ㄴ. 참)

ㄷ. XY_3 에서 화학식량이 $105+m$ 인 경우는 ${}^m\text{X}^{35}\text{Y}_3$ 으로 이루어진 화합물이 유일하고, $107+m$ 인 경우는 ${}^{m+2}\text{X}^{35}\text{Y}_3$ 혹은 ${}^m\text{X}^{35}\text{Y}_2^{37}\text{Y}$ 로 이루어진 화합물 두 가지 경우가 존재한다. 각각에 대하여 비율을 구하면 아래와 같다.

${}^m\text{X}^{35}\text{Y}_3 : \frac{3}{5} \times \left(\frac{3}{4}\right)^3$
 ${}^{m+2}\text{X}^{35}\text{Y}_3 : \frac{2}{5} \times \left(\frac{3}{4}\right)^3$
 ${}^m\text{X}^{35}\text{Y}_2^{37}\text{Y} : 3 \times \frac{3}{5} \times \left(\frac{3}{4}\right)^2 \times \frac{1}{4}$
 따라서, $\frac{\text{화학식량이 } 105+m \text{인 } \text{XY}_3 \text{의 존재 비율}(\%)}{\text{화학식량이 } 107+m \text{인 } \text{XY}_3 \text{의 존재 비율}(\%)}$ 을 구하면 다음과 같다.

$$\frac{\frac{3}{5} \times \left(\frac{3}{4}\right)^3}{\frac{2}{5} \times \left(\frac{3}{4}\right)^3 + 3 \times \frac{3}{5} \times \left(\frac{3}{4}\right)^2 \times \frac{1}{4}} = \frac{3}{2+3} = \frac{3}{5}$$

(ㄷ. 참)

16. 정답 ⑤

(가)에 들어 있는 식초 내 CH_3COOH 의 몰수는 $\frac{10d \times 0.03}{60}$ mol이다. (나)에서 식초를 50 mL 수용액을 만들고, x mL 취하는 과정에서 전체의 $\frac{x}{50}$ 배의 CH_3COOH 가 존재한다. 따라서, (다)에 들어 있는 수용액 속의 CH_3COOH 의 몰수는 $\frac{10d \times 0.03}{60} \times \frac{x}{50}$ mol이다. 또한, 적정 과정에서 첨가한 NaOH 의 몰수는 $a \times 25$ mmol이다. 이들이 서로 같으므로, 다음과 같은 식을 세울 수 있다.

$$\frac{10d \times 0.03}{60} \times \frac{x}{50} \times 1000 = 25a \therefore x = \frac{250a}{d}$$

17. 정답 ④

$\frac{\text{H}_3\text{O}^+ \text{의 양}(\text{mol})}{\text{OH}^- \text{의 양}(\text{mol})}$ 에서 분자와 분모에 각각 수용액의 부피로 나누

게 된다면 이는 $\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]}$ 와 같다. 또한 $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = K_w$ 로 일정

하므로, 이는 $\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{K_w}$ 로 고칠 수 있다. 즉, $\frac{\text{H}_3\text{O}^+ \text{의 양}(\text{mol})}{\text{OH}^- \text{의 양}(\text{mol})}$ 은

$[\text{H}_3\text{O}^+]^2$ 에 비례한다.

(가)는 (나)에 비해 pH가 $2a$ 작으므로, $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 는 (가)가 (나)의 10^{2a} 배이다. 이를 통해 a 를 구하면 다음과 같다.

$$(10^{2a})^2 = 10^{12} \therefore a = 3$$

이를 통해 (가)~(다)의 H_3O^+ 의 양(mol)과 OH^- 의 양(mol)를 정리하면 다음과 같다.

수용액	(가)	(나)	(다)
pH	3	9	b
부피	V	$10V$	
H_3O^+ 의 양(mol)	$10^{-3}V$	$10^{-8}V$	$10^{-3}V$
OH^- 의 양(mol)	$10^{-11}V$	$10^{-4}V$	$10^{-4}V$

(다)에서 H_3O^+ 의 양(mol)은 OH^- 의 양(mol)의 10배이므로, $[\text{H}_3\text{O}^+]$ 와 $[\text{OH}^-]$ 는 각각 $10^{-6.5} \text{ M}$, $10^{-7.5} \text{ M}$ 이고, (다)의 pH는 6.5이다.

ㄱ. $a = 3$ 이므로, (가)의 액성은 산성이다. (ㄱ. 참)

ㄴ. $\frac{\text{(나)에서 } \text{H}_3\text{O}^+ \text{의 양}(\text{mol})}{\text{(가)에서 } \text{OH}^- \text{의 양}(\text{mol})} = \frac{10^{-8}V}{10^{-11}V} = 10^3$ 이다. (ㄴ. 거짓)

ㄷ. $b = 6.5$ 이다. (ㄷ. 참)

18. 정답 ②

실린더 (가)에 존재하는 XY_3Z 의 몰수를 n mol이라 하자. $\frac{Y \text{ 원자 수}}{Z \text{ 원자 수}}$ 조건에 의해 (가)에 존재하는 Y 원자 수는 $5n$ mol이고, 따라서 X_2Y_2 의 몰수는 n mol이다.

같은 방법으로 (나)에 존재하는 XYZ_3 의 몰수를 m mol이라 하고 Y_2Z 의 몰수를 $\frac{Y \text{ 원자 수}}{Z \text{ 원자 수}}$ 조건을 통해 구하면 다음과 같다.

$$\frac{m+2x}{3m+x} = \frac{17}{16} \therefore x = \frac{7}{3}m$$

따라서 Y_2Z 의 몰수는 $\frac{7}{3}m$ mol이다.

또한, 전체 원자 수 조건을 통해 n 과 m 의 관계식을 구하면 다음과 같다.

$$5 \times n + 4 \times n : 5 \times m + 3 \times \frac{7}{3}m = 1 : 4 \therefore m = 3n$$

실린더 속 들어 있는 기체의 몰수를 표로 정리하면 다음과 같다.

실린더	기체	기체의 양(mol)	기체에 들어 있는 원자 수(mol)		
			X	Y	Z
(가)	XY_3Z	n	$3n$	$5n$	n
	X_2Y_2	n			
(나)	XYZ_3	$3n$	$3n$	$17n$	$16n$
	Y_2Z	$7n$			

실린더 내 기체의 밀도는 서로 같으므로, (가)와 (나)에 들어 있는 기체의 질량비는 (가):(나) = 1:5이다.

편의상 (가)에 들어 있는 기체의 질량을 w g라고 할 때, (나)의 기체의 질량은 $5w$ g이다. 1g에 들어 있는 X의 질량(g) 자료에 의해 (가)에 들어 있는 X의 질량(g)은 $\frac{2}{3}w$ g이다. 즉, X n mol의 질량은 $\frac{2}{9}w$ g이다.

Y n mol의 질량은 M_Y 라 하자. (가)에서 Y와 Z의 질량의 합은 $\frac{1}{3}w$ g이므로, Z n mol의 질량은 $\left(\frac{1}{3}w - 5M_Y\right)$ g이다.

이를 통해 (나)에서 기체의 총 질량에 대한 식을 세우면 다음과 같다.

$$\frac{2}{9}w \times 3 + 17M_Y + \left(\frac{1}{3}w - 5M_Y\right) \times 16 = 5w \therefore M_Y = \frac{1}{63}w$$

따라서 Y, Z n mol의 질량은 각각 $\frac{1}{63}w, \frac{16}{63}w$ g이다.

편의상 X~Z의 원자량을 $14M, M, 16M$ 라 하고, X_2Y_2 와 Y_2Z 의 분자량을 구하면 각각 $30M, 18M$ 이고, (가)와 (나)에 각각 n mol, $7n$ mol 존재하므로 $\frac{(가)에서 X_2Y_2의 질량}{(나)에서 Y_2Z의 질량} = \frac{30 \times 1}{18 \times 7}$ 이다.

$\frac{(가)에서 X_2Y_2의 질량}{(나)에서 Y_2Z의 질량} \times \frac{X의 원자량}{Y의 원자량} = \frac{30}{18 \times 7} \times \frac{14}{1} = \frac{10}{3}$ 이다.

19. 정답 ②

$H_2A(aq)$ 의 농도가 2.5 M이므로, $H_2A(aq)$ 30 mL에 들어 있는 H^+ 의 양은 150 mmol이다. P에서 H^+ 의 양은 60 mmol이므로, 이는 중화점에서부터 추가된 H^+ 이다. 즉, 중화점까지 넣어 준 H^+ 의 양은 $(150 - 60) = 90$ mmol이고, $H_2A(aq)$ 18 mL를 첨가했을 때 중화점이다.

중화점 전까지는 $H_2A(aq)$ 을 투입해도 전체 양이온의 양은 일정하다. $H_2A(aq)$ 을 각각 10 mL, 18 mL 첨가했을 때, 전체 양이온 수는 같고, 양이온의 몰 농도 합은 6:5이므로, 혼합 용액의 부피는 5:6이다. 따라서 V에 대한 비례식을 세우면 다음과 같다.
 $V + 10 : V + 18 = 5 : 6 = 40 : 48 \therefore V = 30$ 이다.

$H_2A(aq)$ 을 10 mL 첨가할 때, 전체 양이온의 양 즉, Na^+ 의 양은 $240x$ mmol이다. P에서 전체 양이온의 양은 $(6x \times 60)$ mmol이고, 이는 Na^+ 의 양 + H^+ 의 양이다. 따라서 x 는 다음과 같이 구할 수 있다.
 $360x = 240x + 60 \therefore x = \frac{1}{2}$ 이다.
 $\therefore x \times V = \frac{1}{2} \times 30 = 15$

20. 정답 ①

I 과 II에서 반응한 A(s)의 질량이 같으므로, 생성된 C(s)의 질량도 동일하다. 반응 후 $\frac{C의 질량}{B의 질량}$ 이 I : II = 21 : 8이므로, 반응 후 B(g)의 질량은 = 8 : 21이다. I 과 II에서 반응한 B(g)의 질량을 m_B g이라 하면, 반응 후 B(g)의 질량은 $(11w - m_B) : (24w - m_B) = 8 : 21$ 이고, $m_B = 3w$ 이다.

I 과 II에서 반응 후 남은 B(g)의 질량이 각각 $8w$ g, $21w$ g이므로, C(s)의 질량은 $56w$ g이다.

반응의 물질 중 기체는 B(g)와 D(g)이다. B와 D의 반응 계수가 3으로 같으므로, 반응 후 전체 기체의 부피는 반응 전 전체 기체의 부피와 같다. 반응 전 전체 기체의 부피는 B(g)의 부피이므로, 반응 후 전체 기체의 부피비는 I : II = 11 : 24이고, 전체 기체의 밀도는 35 : 22이므로, 반응 후 전체 기체의 질량비는 I : II = 35 : 48이다.

I 과 II에서 생성된 D(g)의 질량을 m_D g이라 하여 m_D 에 대한 전체 기체에 대한 비례식을 세우면 다음과 같다.
 $(8w + m_D) : (21w + m_D) = 35 : 48 \therefore m_D = 27w$
따라서 I 과 II에서 생성된 D(g)의 질량은 $27w$ g이다.

반응 질량비, 반응 몰비를 이용해 화학식량비를 구하면 다음과 같다.

	A	B	C	D
반응 질량비	80	3	56	27
반응 몰비	1	3	2	3
분자량 (화학식량)비	80	1	28	9

$\therefore x = 80$ 이다.
 $\therefore x \times \frac{B의 분자량}{C의 화학식량} = 80 \times \frac{1}{28} = \frac{20}{7}$