

2024 수능대비 화학 I 주간지 위클리 부스터

WEEK 7

 nitro_chemistry



제작 | 수능화학연구팀Nitro

본 주간지에 대한 저작권은 팀Nitro에게 있습니다.
무단 도용 및 수정을 금합니다.

[목 차]

◆ Reverse 기출분석

- 2023학년도 3월 고3 전국연합학력평가

◆ EBS 트레이닝 & 변형문제

- 2024 EBS 수능특강 | 9 분자의 구조와 성질

◆ Nitro Original

- 동적 평형 / pH pOH / 양적계산 1 / 양적계산 2

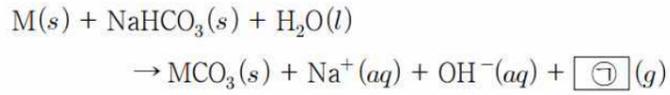
◆ Reverse 기출분석 ◆

2023학년도 3월 고3 전국연합학력평가

2022학년도 3월 고3 전국연합학력평가 5번 [실험분석]

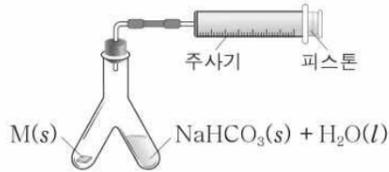
5. 다음은 금속 M의 원자량을 구하기 위한 실험이다. $t\text{ }^\circ\text{C}$, 1 atm에서 기체 1 mol의 부피는 24 L이다.

○ 화학 반응식



[실험 과정]

(가) 그림과 같이 Y자관 한쪽에 M(s) w g을, 다른 한쪽에 충분한 양의 $\text{NaHCO}_3(s)$ 과 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 을 넣는다.



(나) Y자관을 기울여 M(s)을 모두 반응시킨 후, 발생한 기체 ㉠의 부피를 측정한다.

[실험 결과]

- (나)에서 발생한 기체 ㉠의 부피: V L
- M의 원자량: a

이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, M은 임의의 원소 기호이고, 온도와 압력은 $t\text{ }^\circ\text{C}$, 1 atm으로 일정하며, 피스톤의 마찰은 무시한다.) [3점]

< 보 기 >

- ㄱ. ㉠은 CO_2 이다.
- ㄴ. (나)에서 반응 후 용액은 염기성이다.
- ㄷ. $a = \frac{24w}{V}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[Comment]

질량 보존의 법칙을 통해 화학 반응식의 ㉠을 쉽게 구할 수 있는 문제다.

[문제 풀이]

질량 보존의 법칙을 이용하여 반응 전과 후의 양을 비교해서 화학 물질 ㉠을 구할 수 있다. 소거를 하면 H 2개가 남으므로 화학 물질 ㉠은 H_2 이다.

화학 반응을 통해 발생한 $\text{H}_2(g)$ V L는 $\frac{V}{24}$ mol이고, 반응한 M(s)와 생성된 H_2 의 계수가 같으므로, 반응한 M(s) 역시 $\frac{V}{24}$ mol이다.

[선지 풀이]

- ㄱ. ㉠은 H_2 이다. (X)
- ㄴ. (나)에서 반응 후 $\text{OH}^-(aq)$ 가 생성되었으므로, 해당 용액은 염기성이다. (O)
- ㄷ. M(s) w g은 $\frac{V}{24}$ mol이고, M의 원자량은 a 이므로, $w : \frac{V}{24} = a : 1$ 이 나온다. 해당 비례식을 정리하면, $w = \frac{aV}{24}$, $a = \frac{24w}{V}$ 이다. (O)

답) ④

2022학년도 3월 고3 전국연합학력평가 9번 [동위원소]

9. 다음은 자연계에 존재하는 붕소(B)의 동위 원소와 플루오린(F)에 대한 자료이다.

○ B의 동위 원소

동위 원소	$^{10}_5\text{B}$	$^{11}_5\text{B}$
원자량	10	11
존재 비율(%)	20	80

○ F은 $^{19}_9\text{F}$ 만 존재한다.

이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보 기 >

ㄱ. 분자량이 다른 BF_3 는 2가지이다.
 ㄴ. B의 평균 원자량은 10.8이다.
 ㄷ. $\frac{^{10}_5\text{B} \text{ 1g에 들어 있는 양성자 수}}{^{11}_5\text{B} \text{ 1g에 들어 있는 양성자 수}} > 1$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[Comment]

이 문제는 동위원소의 개념만 확실히 이해하고 있다면 문제없이 풀 수 있을 것이다.

[문제 풀이]

ㄱ. 자연계에 존재하는 BF_3 는 $^{10}\text{B}^{19}\text{F}_3$, $^{11}\text{B}^{19}\text{F}_3$ 으로 총 2가지이다. (O)

ㄴ. B의 평균 원자량은 $(10 \times 0.2) + (11 \times 0.8) = 10.8$ 이다. (O)

ㄷ. 동위원소란 양성자 수는 같고, 중성자 수가 달라 질량이 다른 원소들을 말한다. 즉, $^{10}_5\text{B}$ 와 $^{11}_5\text{B}$ 의 양성자 수는 동일하다.

그러나, 원자량은 $^{10}_5\text{B} < ^{11}_5\text{B}$ 이므로, 1g에 들어있는 양성자 수는

$$^{10}_5\text{B} > ^{11}_5\text{B} \text{이다. 따라서 } \frac{^{10}_5\text{B} \text{ 1g에 들어 있는 양성자 수}}{^{11}_5\text{B} \text{ 1g에 들어 있는 양성자 수}} > 1$$

이다. (O)

답) ⑤

2022학년도 3월 고3 전국연합학력평가 16번 [실험분석 - 중화적정]

16. 다음은 $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 의 몰 농도를 구하기 위한 실험이다.

[실험 과정]

- (가) 0.1 M $\text{NaOH}(aq)$ 을 뷰렛에 넣은 다음, 꼭지를 잠시 열었다 닫고 처음 눈금을 읽는다.
- (나) 피펫을 이용해 $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 10 mL를 삼각 플라스크에 넣고 페놀프탈레인 용액을 몇 방울 떨어뜨린다.
- (다) 뷰렛의 꼭지를 열어 (나)의 삼각 플라스크에 $\text{NaOH}(aq)$ 을 조금씩 가하면서 삼각 플라스크를 잘 흔들어 주고, 혼합 용액 전체가 붉은색으로 변하는 순간 뷰렛의 꼭지를 닫고 나중 눈금을 읽는다.



[실험 결과]

- (가)에서 뷰렛의 처음 눈금: 8.3 mL
- (다)에서 뷰렛의 나중 눈금: 28.3 mL
- $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 의 몰 농도: a M

이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 온도는 25 °C로 일정하고, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

[3점]

< 보 기 >

- ㄱ. (다)에서 삼각 플라스크 속 용액의 pH는 증가한다.
- ㄴ. $a = 0.05$ 이다.
- ㄷ. (다)에서 생성된 H_2O 의 양은 0.002 mol이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[Comment]

중화 적정 또는 용액의 묽힘 문제는 매번 모의고사마다 나오는 문제 중 하나이다. 여러 종류의 문제를 풀어보는 것이 좋다!

[선지 풀이]

- ㄱ. 실험 과정을 지켜보면, $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ (산)에 뷰렛을 이용하여 $\text{NaOH}(aq)$ (염기)를 넣기 때문에, 실험 용액은 점차 염기성으로 변한다. 따라서 (다)에서 삼각 플라스크 속 용액의 pH는 증가한다. (O)
- ㄴ. a M $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 10 mL과 반응하는 0.1 M $\text{NaOH}(aq)$ 의 양은 20 mL이다. $MV = M'V'$ 를 이용하면, $a \times 10 = 0.1 \times 20$, $a = 0.2$ 이다. (X)
- ㄷ. (다)는 중화점으로, 산과 염기의 중화 반응이 완결된 지점이다. 중화 반응이 진행되면서, $\text{H}^+(aq)$ 과 $\text{OH}^-(aq)$ 이 1:1 반응하여 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 을 생성하는데, 중화점까지 생성된 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 양은 중화 반응을 시작할 때 용액 속 $\text{H}^+(aq)$ 의 양과 같다. 생성된 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 의 양은 $0.2 \text{ M} \times \frac{10}{1000} \text{ L} = 0.002 \text{ mol}$ 이다. (O)

답) ③

2022학년도 3월 고3 전국연합학력평가 17번 [화학양론]

17. 표는 용기 (가)와 (나)에 들어 있는 기체에 대한 자료이다.

$$\frac{B \text{의 원자량}}{A \text{의 원자량}} = \frac{8}{7} \text{이다.}$$

용기	기체	기체의 질량(g)	$\frac{B \text{ 원자 수}}{A \text{ 원자 수}}$	AB의 양(mol)
(가)	AB, A ₂ B	37w	$\frac{2}{3}$	5n
(나)	AB, CB ₂	56w	6	4n

이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A ~ C는 임의의 원소 기호이고, 모든 기체는 반응하지 않는다.) [3점]

< 보 기 >

ㄱ. (가)에서 기체 분자 수는 AB와 A₂B가 같다.
 ㄴ. $\frac{\text{(가)에서 A}_2\text{B의 양(mol)}}{\text{(나)에서 CB}_2\text{의 양(mol)}} = \frac{1}{2}$ 이다.
 ㄷ. $\frac{C \text{의 원자량}}{B \text{의 원자량}} = \frac{3}{4}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[Comment]

$\frac{B \text{ 원자 수}}{A \text{ 원자 수}}$ 와 AB의 양(mol)을 통해 각 기체의 양을 구할 수 있어야 한다.

[문제 풀이]

(가)에서 $\frac{B \text{ 원자 수}}{A \text{ 원자 수}} = \frac{2}{3}$ 이고, AB와 A₂B의 양이 같아야 하므로

AB와 A₂B의 양은 각각 5n이다. (나)에서 $\frac{B \text{ 원자 수}}{A \text{ 원자 수}} = 6$ 이고,

AB의 양이 4n이므로, (나)에서 전체 B의 양은 24n이 되어야 한다.

AB에 존재하는 B의 양이 4n이므로 CB₂에 존재하는 B의 양은 20n이어야 하고 따라서 CB₂의 양은 10n이다.

[선지 풀이]

ㄱ. (가)에서 기체 분자 수는 AB와 A₂B가 같다. (O)

ㄴ. $\frac{\text{(가)에서 A}_2\text{B의 양(mol)}}{\text{(나)에서 CB}_2\text{의 양(mol)}} = \frac{1}{2}$ 이다. (O)

$$\frac{\text{(가)에서 A}_2\text{B의 양(mol)}}{\text{(나)에서 CB}_2\text{의 양(mol)}} = \frac{5n}{10n} = \frac{1}{2}$$

ㄷ. $\frac{C \text{의 원자량}}{B \text{의 원자량}} = \frac{3}{4}$ 이다. (O)

$$\frac{B \text{의 원자량}}{A \text{의 원자량}} = \frac{8}{7} \text{이므로 } B \text{의 원자량을 } 8m, A \text{의 원자량을}$$

7m이라고 하면, (가)에서 기체의 질량(g)은 37w이므로, $5(21m + 16m) = 5 \times 37m = 37w$, $m = \frac{w}{5}$ 이다. 따라서 B의 원자량은 $\frac{8}{5}w$ 이다.

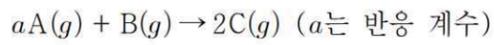
C의 원자량을 c라고 가정하면, (나)에서 기체의 질량(g)은 56w이므로, $4(7m + 8m) + 10(c + 16m) = 220m + 10c = 44w + 10c = 56w$,

$$c = \frac{6}{5}w \text{이다. } \therefore \frac{C \text{의 원자량}}{B \text{의 원자량}} = \frac{\frac{6}{5}w}{\frac{8}{5}w} = \frac{3}{4}$$

답) ⑤

2022학년도 3월 고3 전국연합학력평가 19번 [양적계산]

19. 다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)를 생성하는 반응의 화학 반응식이다.



표는 실린더에 A(g)와 B(g)를 질량을 달리하여 넣고 반응을 완결시킨 실험 I과 II에 대한 자료이다.

실험	반응 전			반응 후	
	A의 질량(g)	B의 질량(g)	전체 기체의 밀도	남은 반응물의 질량(g)	전체 기체의 밀도
I	6	1	xd	2	$7d$
II	8	4	yd	2	$6d$

$a \times \frac{x}{y}$ 는? (단, 온도와 압력은 일정하다.) [3점]

- ① $\frac{6}{5}$ ② $\frac{11}{6}$ ③ $\frac{13}{7}$ ④ $\frac{7}{3}$ ⑤ $\frac{12}{5}$

[Comment]

자주 나오는 화학 반응은 알아두면 좋은 점이 많다!

[문제 풀이]

실험 I에서 반응 후 남은 반응물의 질량이 2g이기 때문에, B가 한계 반응물이 되고, 화학 반응식의 반응 질량비는 4:1:5가 된다. 실험 II에서 남은 반응물은 B 2g이 된다.

기체에서 부피는 몰수와 비례한다. 따라서 B와 C의 질량비 1:5, 몰수비 1:2를 이용하여 분자량 비율을 구하면 2:5이다. 실험 II에서 반응 후 전체 몰수는 3 mol이 되고, 전체 질량은 12g이다. 밀도를 $\frac{\text{전체 질량}}{\text{전체 몰수}}$ 로 구하면 $6d=4$ 이고, $d=\frac{2}{3}$ 이 된다. 따라서 실험

I 전체 기체의 밀도는 $\frac{14}{3}$ 이 된다.

실험 I에서 반응 후 생성된 C의 몰수는 1 mol이고, 전체 질량은 7g이다. 따라서 반응 후 남은 A의 몰수가 0.5 mol이 된다면, 전체 기체의 밀도가 $\frac{14}{3}$ 로 나오게 된다. 이를 통해 반응 몰수가 2:1:2인 것을 알게 되면, 위 화학 반응식의 분자량비는 4:2:5인 것을 알 수 있다.

반응 전 실험 I의 전체 몰수는 2 mol이고, 전체 질량은 7g이다. 전체 기체의 밀도는 $\frac{7}{2}$ 로 나타낼 때, $\frac{2}{3}x = \frac{7}{2}$ 가 되며, $x = \frac{21}{4}$ 이 된다.

실험 II에서 반응 전 전체 몰수는 4 mol, 전체 질량은 12g이다. $\frac{2}{3}y=3$ 을 정리하면 $y = \frac{9}{2}$ 이다.

따라서, $a \times \frac{x}{y} = 2 \times \frac{21}{4} \div \frac{9}{2} = \frac{7}{3}$ 이다.

답) ④

2022학년도 3월 고3 전국연합학력평가 20번 [중화반응]

20. 표는 0.8 M HX(aq), 0.1 M YOHA(aq), a M Z(OH)₂(aq)을 부피를 달리하여 혼합한 용액 I ~ III에 대한 자료이다. 수용액에서 HX는 H⁺과 X⁻으로, YOHA는 Y⁺과 OH⁻으로, Z(OH)₂는 Z²⁺과 OH⁻으로 모두 이온화된다.

혼합 용액		I	II	III
혼합 전 수용액의 부피(mL)	0.8 M HX(aq)	5	1	4
	0.1 M YOHA(aq)	0	4	6
	a M Z(OH) ₂ (aq)	5	5	6
모든 음이온의 몰 농도(M) 합(상댓값)		5	3	x

a × x는? (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같고, 물의 자동 이온화는 무시하며, X⁻, Y⁺, Z²⁺은 반응하지 않는다.) [3점]

- ① $\frac{1}{3}$ ② $\frac{1}{2}$ ③ 1 ④ $\frac{3}{2}$ ⑤ $\frac{5}{2}$

[Comment]

세 수용액 중 두 수용액의 몰농도를 알려 주어 부담없이 풀 수 있는 문제. 다만 혼합용액 I의 산/중성/염기를 판단할 때 어떤 근거로 판단했는지가 중요하다. 차근차근 자신의 논리를 체크해가며 풀어보자!

[문제 풀이]

모든 음이온의 몰농도(M)의 합(상댓값)은 용액의 부피를 곱해 이온수의 비로 사용해야 한다. 혼합 용액 I과 II는 부피가 같으므로 모든 음이온 수의 비 역시 5:3이다. 넣은 HX(aq)의 양은 I:II = 5:1이므로 존재하는 X⁻의 양 역시 5:1이 나와야 한다. 그러나 전체 이온수의 비가 5:3이므로 II에서는 X⁻이 아닌 또 다른 음이온 OH⁻이 함께 존재해야 한다. 따라서 II는 염기성이다.

만약 I에서 X⁻가 아닌 다른 음이온(OH⁻)이 존재할 경우, 혼합 용액의 조성은 다음과 같다. (제시된 부피에 몰농도를 바로 곱해 이온수를 꺼내자. 그 후 OH⁻는 전하 균형을 통해 숫자를 맞추자.)

I		II	
X ⁻	4	X ⁻	0.8
Z ²⁺	5a	Y ⁺	0.4
OH ⁻	(10a-4)	Z ²⁺	5a
		OH ⁻	(10a-0.4)

모든 음이온 수의 합은 I에서 10a, II에서 (10a+0.4)이다. I < II이므로 둘의 비는 5:3이 나올 수 없다. 따라서 I에 존재하는 음이온은 X⁻ 하나뿐이다. 따라서 모든 음이온 수의 합 5:3 = 4:2.4이고, II에서 X⁻는 0.8만큼 존재하므로, OH⁻는 1.6만큼 존재해야 한다. 따라서 a = 0.2이다.

위 내용을 토대로 혼합 용액의 조성을 정리하면 다음과 같다.

I		II		III	
X ⁻	4	X ⁻	0.8	X ⁻	3.2
Z ²⁺	1(=5a)	Y ⁺	0.4	Y ⁺	0.6
H ⁺	2	Z ²⁺	1(=5a)	Z ²⁺	1.2
		OH ⁻	1.6	H ⁺	0.2

위에서 사용한 부피와 이온수들을 이용해 I에서 음이온의 몰농도를 나타내면 $\frac{4}{10} = 0.4$ 이고, III에서 음이온의 몰농도를 나타내면 $\frac{3.2}{16} = 0.2$ 이다. 이 둘의 비율이 곧 5:x이므로 x = 2.5이다. 따라서 a × x = 0.2 × 2.5 = $\frac{1}{2}$ 이다.

답) ②

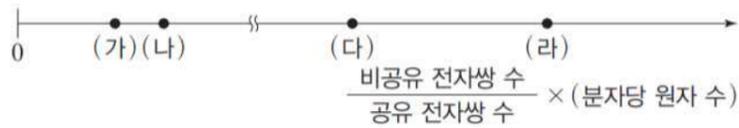
참고) I과 II에서 Z²⁺의 양은 같다. 따라서 Z²⁺로부터 나오는 양전하량 역시 같다. I과 II에서 X⁻로부터 나오는 음전하량은 I에서 -4, II에서 -0.8인데 II에서는 Y⁺로 인해 +0.4만큼의 양전하량 발생하여 총 -0.4만큼 발생하고, 이 둘의 비율은 16:1이다. 용액에 존재할 수 있는 음이온은 전부 1가이므로 음전하량의 비가 곧 음이온 수의 비가 된다. 이 값이 5:3이 되려면 I에서는 H⁺를 통해 양전하량을 증가시켜 음전하량을 줄여야 한다는 것을 알 수 있다.

◆ EBS 트레이닝 & 변형문제 ◆

2024 EBS 수능특강 9 | 분자의 구조와 성질

2024 EBS 수능특강 131p 11번

11. 그림은 분자 (가)~(라)의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}} \times (\text{분자당 원자 수})$ 를 상대적으로 나타낸 것이다. (가)~(라)는 각각 FCN, OF₂, CH₂O, N₂F₂ 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- <보 기>
- ㄱ. 비공유 전자쌍 수의 비는 (가) : (라) = 1 : 4이다.
 - ㄴ. (나)에는 다중 결합이 존재한다.
 - ㄷ. (다)에는 무극성 공유 결합이 존재한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[Comment]

공유 전자쌍, 비공유 전자쌍 등 분자들의 특징을 찾는 것은 정말 쉬운 일이다. 그래도 기본적인 개념인 만큼 머릿속에 항상 있어야 한다.

[문제 풀이]

우선 각 분자들의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 를 FCN, OF₂, CH₂O, N₂F₂ 순서대로 구해보면 1, 4, $\frac{1}{2}$, 2이다. 이 값에 분자당 원자수를 곱하면 3, 12, 2, 8이다. 따라서 (가)~(라)는 순서대로 CH₂O, FCN, N₂F₂, OF₂이다.

[선지 풀이]

- ㄱ. (가)와 (라)는 CH₂O, OF₂이고, 이들의 비공유 전자쌍은 2개, 8개이다. 따라서 (가)와 (라)의 비공유 전자쌍 수의 비는 1 : 4이다. (O)
- ㄴ. (나)는 FCN으로, C≡N 사이의 삼중결합이 존재한다. (O)
- ㄷ. (다)는 N₂F₂이고, N≡N 결합이 무극성 공유 결합으로 존재한다. (O)

답) ⑤

2024 EBS 수능특강 131p 11번 변형문제

11. 표는 분자 (가)~(라)에 대한 자료이다. (가)~(라)는 각각 HCN, CO₂, CH₂O, H₂O 중 하나이다.

	$\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$	쌍극자 모멘트
(가)	a	
(나)	$4a$	
(다)	$4a$	0
(라)	$2a$	

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보 기>

ㄱ. (가)에는 무극성 공유 결합이 존재한다.
 ㄴ. (나)는 상온에서 액체이다.
 ㄷ. (다)의 분자 모형은 굽은형이다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[Comment]

공유 전자쌍, 비공유 전자쌍 등 분자들의 특징을 찾는 것은 정말 쉬운 일이다. 그래도 기본적인 개념인 만큼 머릿속에 항상 있어야 한다.

[문제 풀이]

우선 각 분자들의 $\frac{\text{비공유 전자쌍 수}}{\text{공유 전자쌍 수}}$ 를 HCN, CO₂, CH₂O, H₂O 순서대로 구해보면 $\frac{1}{4}$, 1, $\frac{1}{2}$, 1이다. 여기서 CO₂는 무극성, H₂O는 극성이다. 따라서 (가)~(라)는 순서대로 HCN, H₂O, CO₂, CH₂O이다.

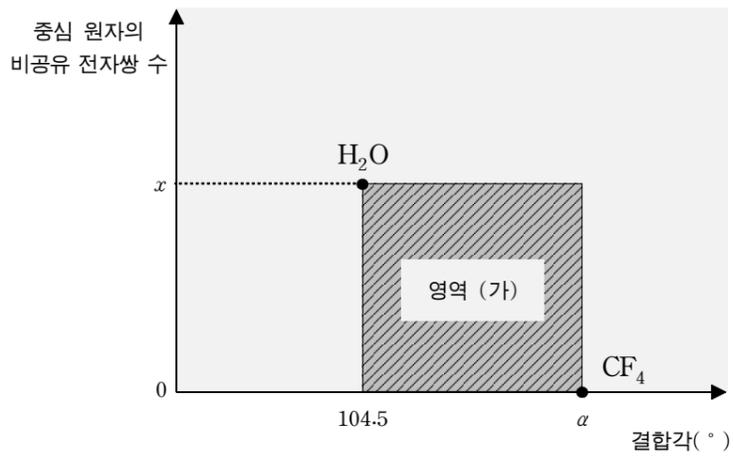
[선지 풀이]

- ㄱ. (가)는 HCN으로, 무극성 공유 결합은 존재하지 않는다. (X)
 ㄴ. (나)는 H₂O로, 상온에서 액체이다. (O)
 ㄷ. (다)는 CO₂이고, 분자 모형은 직선형이다. (X)

답) ①

2024 EBS 수능특강 144p 1번

1. 그림은 H₂O와 CF₄의 결합각과 중심 원자의 비공유 전자쌍 수를 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- <보 기>
- ㄱ. $x = 2$ 이다.
 - ㄴ. $\alpha < 120$ 이다.
 - ㄷ. NH₃의 결합각과 중심 원자의 비공유 전자쌍 수를 표시하면 영역 (가)에 위치한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[Comment]

※ 중심 원자의 비공유 전자쌍 수에 따른 결합각

- 0개 : 약 109.5°
- 1개 : 약 107°
- 2개 : 약 104.5°

즉, 중심 원자의 비공유 전자쌍 수가 늘어날수록 결합각은 감소한다. 한 번쯤 생각하고 넘어가자!

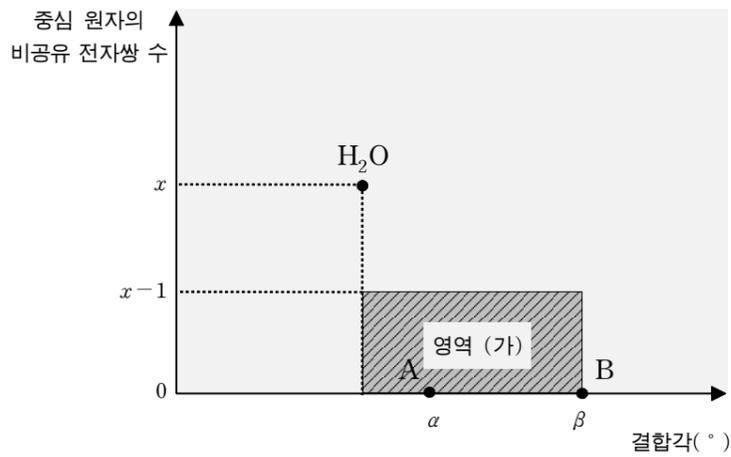
[선지 풀이]

- ㄱ. H₂O의 중심 원자의 비공유 전자쌍 수는 2다(굽은형). 따라서 $x = 2$ 이다. (O)
- ㄴ. CF₄는 중심 원자의 비공유 전자쌍이 0개이고, 네 방향으로 결합한다. 따라서 결합각은 약 109.5°로 120°보다 작다. (O)
- ㄷ. NH₃는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 1개, 결합 방향은 3개이므로 결합각은 약 107°이다. 따라서 영역 (가)에 위치한다. (O)

답) ⑤

2024 EBS 수능특강 144p 1번 변형문제

1. 그림은 H₂O와 A와 B의 결합각과 중심 원자의 비공유 전자쌍 수를 나타낸 것이다. A와 B는 각각 CO₂와 CF₄ 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 영역의 경계는 영역에 포함하지 않는다.)

- <보 기>
- ㄱ. B는 CO₂이다.
 - ㄴ. NH₃의 결합각(°)을 γ 라 하면, $\alpha < \gamma < \beta$ 이다.
 - ㄷ. BF₃의 결합각과 중심 원자의 비공유 전자쌍 수를 표시하면 영역 (가)에 위치한다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[문제 풀이]

H₂O의 중심 원자의 비공유 전자쌍 수는 2이다. 따라서 $x = 2$ 이다. A가 B보다 결합각이 작으므로 A는 결합각이 약 $109.5(=\alpha)^\circ$ 인 CF₄, B는 결합각이 $180(=\beta)^\circ$ 인 CO₂이다.

[선지 풀이]

- ㄱ. B는 결합각이 $180(=\beta)^\circ$ 인 CO₂이다. (O)
- ㄴ. NH₃는 중심 원자의 비공유 전자쌍이 1개이고, 세 방향으로 결합한다. 따라서 결합각은 107° 로 $109.5(=\alpha)^\circ$ 보다 작다. (X)
- ㄷ. BF₃는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 0개, 결합 방향은 3개이므로 결합각은 120° 이다. 영역의 경계는 영역에 포함하지 않으므로 영역 (가)에 위치하지 않는다. (X)

답) ①

2024 EBS 수능특강 146p 5번

5. 표는 분자 (가)~(다)는 각각 CH_3F , CF_4 , PF_3 중 하나이다.

분자	(가)	(나)	(다)
공유 전자쌍 수	a	a	b
비공유 전자쌍 수	b	c	10

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보 기>

ㄱ. $a \times b = c$ 이다.
 ㄴ. (다)의 분자 모양은 삼각뿔형이다.
 ㄷ. 분자의 쌍극자 모멘트는 (가) > (나)이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[Comment]

각 분자의 루이스 구조를 그릴 수 있고, 분자 모양을 알고 있다면 쉽게 문제를 풀 수 있을 것이다. 분자 모양을 알고 있는 것이 이 문제의 핵심이 될 것이다.

[문제 풀이]

CH_3F , CF_4 , PF_3 의 공유 전자쌍 수와 비공유 전자쌍 수는 다음과 같다.

분자	CH_3F	CF_4	PF_3
공유 전자쌍 수	4	4	3
비공유 전자쌍 수	3	12	10

따라서, (가)는 CH_3F , (나)는 CF_4 , (다)는 PF_3 이며, $a=4$, $b=3$, $c=12$ 이다.

[선지 풀이]

- ㄱ. $a \times b = 4 \times 3 = 12$ 이다. (O)
- ㄴ. (다)인 PF_3 는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하고, 공유 전자쌍이 수가 3이므로 분자 모양은 삼각뿔형이다. (O)
- ㄷ. (가)인 CH_3F 는 극성 분자이며, (나)인 CF_4 는 무극성 분자이므로, 분자의 쌍극자 모멘트는 (가) > (나)이다. (O)

답) ⑤

2024 EBS 수능특강 146p 5번 변형문제

5. 표는 분자 (가)~(다)는 각각 H₂O, NH₃, CH₄ 중 하나이다.

분자	(가)	(나)	(다)
성질	극성	극성	무극성
공유 전자쌍 수	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, $a < b < c$ 이다.)

<보 기>

ㄱ. $\frac{c}{a} \times b = 6$ 이다.

ㄴ. (가)의 분자 모양은 직선형이다.

ㄷ. 비공유 전자쌍 수는 (가) > (나)이다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

[문제 풀이]

H₂O, NH₃, CH₄의 성질과 공유 전자쌍 수, 비공유 전자쌍 수는 다음과 같다.

분자	H ₂ O	NH ₃	CH ₄
성질	극성	극성	무극성
공유 전자쌍 수	2	3	4
비공유 전자쌍 수	2	1	0

따라서, (가)는 H₂O, (나)는 NH₃, (다)는 CH₄이며, $a = 2, b = 3, c = 4$ 이다.

[선지 풀이]

- ㄱ. $\frac{c}{a} \times b = \frac{4}{2} \times 3 = 6$ 이다. (O)
- ㄴ. (가)인 H₂O는 중심 원자에 비공유 전자쌍이 존재하므로, 분자 모양은 직선형이 아닌 굽은형이다. (X)
- ㄷ. H₂O의 비공유 전자쌍 수는 2, NH₃의 비공유 전자쌍 수는 1이므로, 비공유 전자쌍 수는 (가) > (나)이다. (O)

답) ⑤

2024 EBS 수능특강 146p 6번

6. 그림은 분자 (가)와 (나)의 구조식을 나타낸 것이다. W~Z는 각각 C, N, O, F 중 하나이고, (가)와 (나)에서 모두 옥텟 규칙을 만족한다. 구조식에서 다중 결합은 나타내지 않았다.



(가)와 (나)에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보 기>

ㄱ. (가)는 무극성 분자이다.
 ㄴ. (나)에는 3중 결합이 있다.
 ㄷ. 비공유 전자쌍 수는 (가)와 (나)가 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[Comment]

C, N, O, F 중 2가지 원소로 구성되어 있고, 구성 원자가 모두 옥텟 규칙을 만족하며 중심 원자에 2개의 동일한 원자가 결합된 분자는 무엇이 있을까?

[문제 풀이]

C, N, O, F 중 2가지 원소로 구성되어 있고, 구성 원자가 모두 옥텟 규칙을 만족하며 중심 원자에 2개의 동일한 원자가 결합된 분자는 CO₂, OF₂가 있다.

만약, (가)가 OF₂라면, (나)는 CON이지만, 해당 분자는 구성 원자가 모두 옥텟 규칙을 만족하지 않는다. 따라서 (가)는 CO₂, (나)는 FCN이다.

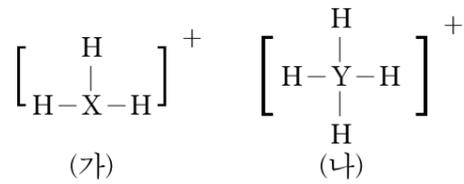
[선지 풀이]

- ㄱ. (가)는 CO₂로, 직선형 분자이며 중심 원자에 2개의 동일한 원자가 결합되어 있으므로 무극성 분자이다. (O)
- ㄴ. (나)는 FCN, F-C≡N으로 3중 결합이 있다. (O)
- ㄷ. (가)인 CO₂에는 비공유 전자쌍 수가 4, (나)인 FCN에는 비공유 전자쌍 수가 4로 비공유 전자쌍 수는 (가)와 (나)가 같다. (O)

답) ⑤

2024 EBS 수능특강 146p 6번 변형문제

6. 그림은 2주기 원소 X, Y와 수소(H)로 이루어진 이온 (가)와 (나)의 구조식을 나타낸 것이다. 화학식량은 (나) > (가)이다.



이온 (가)와 (나)에 대한 공통점으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이다.)

- <보 기>
- | |
|--|
| 가. 중심 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.
나. 입체 구조이다.
다. 비공유 전자쌍 수가 같다. |
|--|

- ① 가 ② 다 ③ 가, 나 ④ 나, 다 ⑤ 가, 나, 다

[Comment]

CH₃⁺는 처음 보지?

[문제 풀이]

H의 원자가 전자 수는 1이고, (나)는 1가 양이온이므로 Y의 원자가 전자 수는 5이다. 따라서 Y는 N이고, (나)는 NH₄⁺이다.

(가)는 CH₃⁺ 또는 H₃O⁺가 될 수 있지만, 화학식량이 (나)가 (가)보다 크므로, (가)는 CH₃⁺이다.

[선지 풀이]

- 가. (가)의 중심 원자의 가장 바깥 전자 껍질에는 6개의 전자가 있어 (가)의 중심 원자는 옥텟 규칙을 만족하지 못한다. (X)
- 나. (가)는 평면 삼각형 구조, (나)는 정사면체 구조로, (가)는 입체 구조가 아니다. (X)
- 다. (가)와 (나) 모두 비공유 전자쌍이 없다. (O)

답) ②

2024 EBS 수능특강 149p 12번

12. 표는 2주기 원자로 이루어진 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)에서 구성 원자는 모두 옥텟 규칙을 만족하고, (나)와 (다)의 중심 원자는 C이다.

분자	(가)	(나)	(다)
구성 원자 수	3	3	3
2중 결합 수	0	0	2
3중 결합 수	0	1	0

(가)~(다)에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보 기>

ㄱ. (다)는 무극성 분자이다.
 ㄴ. 비공유 전자쌍 수는 (가)가 (나)의 2배이다.
 ㄷ. 결합각은 (나)와 (다)가 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[Comment]

구성 원자 수와 2중 결합 수와 3중 결합 수의 개수를 통해 어떤 원자일지 빠르게 생각해내는 능력이 중요하다.

[문제 풀이]

(가): 2주기 원자 3개로 구성되어있고, 구성 원자가 다 옥텟 규칙을 만족하며, 모두 단일 결합으로 구성된 분자는 OF₂이다.

(나): 중심 원자가 C, 구성 원자 수가 3개이며, 구성 원자가 다 옥텟 규칙을 만족해야 한다. C는 4개의 결합을 형성하므로, (나)의 분자는 3중 결합 하나, 단일 결합 하나로 형성된 분자이다. 따라서 FCN이다.

(다): 중심 원자가 C, 구성 원자 수가 3개이며, 구성 원자가 다 옥텟 규칙을 만족해야 한다. (다)의 분자는 2중 결합 2개로 형성된 분자이다. 따라서 CO₂이다.

[선지 풀이]

- ㄱ. (다)는 무극성 분자이다. (O)
 CO₂는 중심 원자 C에 같은 원자 O가 2개 결합 되어 있고, 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없으므로 쌍극자 모멘트가 0인 무극성 분자이다.
- ㄴ. 비공유 전자쌍 수는 (가)가 (나)의 2배이다. (O)
 (가)의 비공유 전자쌍 수는 2개의 F에 각각 3개씩, O에 2개 존재하므로 8개이고, (나)의 비공유 전자쌍 수는 2개의 O에 각각 2개씩 존재하므로, 4개이다.
- ㄷ. 결합각은 (나)와 (다)가 같다. (O)
 (나)와 (다)의 분자는 분자 모양이 둘 다 직선형으로 180°이다.

답) ⑤

2024 EBS 수능특강 149p 12번 변형

12. 표는 2주기 원자로 이루어진 분자 (가)~(다)에 대한 자료이다. (가)~(다)에서 구성 원자는 모두 옥텟 규칙을 만족한다.

분자	(가)	(나)	(다)
구성 원자 수	2	4	6
구성 원자	N	O, F	C, F
2중 결합 수	0	0	1
3중 결합 수	1	0	0

(가)~(다)에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보 기>

ㄱ. (다)는 무극성 분자이다.
 ㄴ. 비공유 전자쌍 수는 (가)가 (나)의 5배이다.
 ㄷ. 결합각은 (가)와 (다)가 같다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[문제 풀이]

- (가): 원자 N이 2개로 구성되어있고, 3중 결합을 형성하는 분자는 N_2 이다.
 (나): 구성 원자가 다 옥텟 규칙을 만족하고, O, F 원자 4개로 구성되며, 모든 결합이 단일 결합으로 형성된 분자는 O_2F_2 이다.
 (다): 구성 원자가 다 옥텟 규칙을 만족하고, C, F 원자 6개로 구성되며, 하나의 2중 결합이 있고, 나머지 결합은 단일 결합으로 형성된 분자는 C_2F_4 이다.

[선지 풀이]

- ㄱ. (다)는 C_2F_4 로, 무극성 분자이다. (O)
 ㄴ. 비공유 전자쌍 수는 (가)가 (나)의 5배이다. (O)
 (가)의 비공유 전자쌍 수는 2개의 N에 각각 1개씩 존재하므로 2개이고, (나)의 비공유 전자쌍 수는 2개의 O에 각각 2개씩, 2개의 F에 각각 3개씩 존재하므로 10개다.
 ㄷ. 결합각은 (가)와 (다)가 같다.(X)
 (가)의 결합각은 180° 으로 직선형이지만, (다)의 분자는 직선형 분자가 아니다.

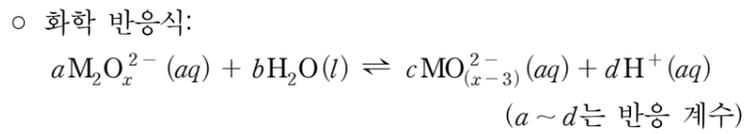
답) ③

◆ Nitro Original 자작문제 ◆

동적 평형 / pH pOH / 양적계산 1 / 양적계산 2

01 | 동적 평형

1. 다음은 금속 M와 관련된 화학 반응식과 실린더 안에 $M_2O_x^{2-}(aq)$ 을 넣은 후 시간에 따른 실린더 속 수용액의 자료이다. M의 산화 물에서 O의 산화수는 -2 이다.



○ 시간에 따른 실린더 속 수용액의 자료
 ($0 < t_1 < t_2$ 이고, t_2 일 때, $M_2O_x^{2-}(aq)$ 와 $MO_{(x-3)}^{2-}(aq)$ 는 동적 평형 상태에 도달한다.)

시간	실린더에 들어 있는 이온의 종류	이온 전하량 의 총합 (상댓값)
0	$M_2O_x^{2-}$	5
t_1	$M_2O_x^{2-}$, $MO_{(x-3)}^{2-}$, H^+	7
t_2	$M_2O_x^{2-}$, $MO_{(x-3)}^{2-}$, H^+	11

$x \times \frac{t_1 \text{에서 실린더에 들어 있는 } M_2O_x^{2-}(aq) \text{의 양(mol)}}{t_2 \text{에서 실린더에 들어 있는 } MO_{(x-3)}^{2-}(aq) \text{의 양(mol)}}$ 은?

(단, M은 임의의 원소 기호이고, 실린더의 온도는 일정하며, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

- ① $\frac{3}{14}$ ② $\frac{9}{28}$ ③ 3 ④ $\frac{28}{9}$ ⑤ $\frac{14}{3}$

[Comment]

(|이온 전하량의 합) = $\sum \{(\text{이온의 양}) \times |(\text{이온의 전하량})|\}$ 이다.

[문제 풀이]

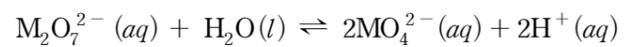
STEP 1) 화학 반응식의 계수 구하기

미정 계수법을 이용하여 각 원소의 계수를 미정 계수로 표현하고, 질량 보존의 법칙을 이용하여 반응 전과 후의 양을 비교해서 계수를 구할 수 있다. 계수는 다음과 같다.

반응 전	반응 후
M 2a	M c
O ax+b	O c(x-3)
H 2b	H d

- $2a = c / 2b = d$
 ○ $ax + b = cx - 3c, (c - a)x = b + 3c$

$a = 1, b = 1$ 이라 하면 $c = 2, d = 2$ 이고, $x = 7$ 이 나온다. 미지수를 대입한 식은 다음과 같다.



STEP 2) 동적 평형

(|이온 전하량의 합) = $\sum \{(\text{이온의 양}) \times |(\text{이온의 전하량})|\}$ 으로 구할 수 있다. 시간이 0일 때, 실린더에는 $M_2O_7^{2-}$ 만 존재하고, |이온 전하량의 총합이 $5n$ 이므로, $M_2O_7^{2-}$ 의 양은 $\frac{5}{2}n$ 으로 볼 수 있다.

동적 평형에 도달할 때까지, $M_2O_7^{2-}$ 가 n 만큼 반응할 때, MO_4^{2-} 와 H^+ 는 각각 $2n$ 만큼 생성된다. 이때, 반응을 통해 |이온 전하량은 $-2n + (2 \times 2n) + (1 \times 2n) = 4n$ 만큼 증가한다.

$0 \rightarrow t_1$ 일 때, |이온 전하량이 $2n$ 증가하는 것을 통해, $M_2O_7^{2-}$ 가 $\frac{n}{2}$ 만큼 반응하는 것을 알 수 있다. $t_1 \rightarrow t_2$ 일 때, 이온 전하량이 $4n$ 증가하는 것을 통해, $M_2O_7^{2-}$ 가 n 만큼 반응하는 것을 알 수 있다.

시간에 따른 실린더의 이온의 양은 다음과 같다.

시간	0	\rightarrow	t_1	\rightarrow	t_2
이온	$M_2O_7^{2-} \frac{5}{2}n$		$M_2O_7^{2-} 2n$		$M_2O_7^{2-} n$
			$MO_4^{2-} n$		$MO_4^{2-} 3n$
			$H^+ n$		$H^+ 3n$
전하량	$5n$		$7n$		$11n$

따라서, $x \times \frac{t_1 \text{에서 실린더에 들어 있는 } M_2O_x^{2-}(aq) \text{의 양(mol)}}{t_2 \text{에서 실린더에 들어 있는 } MO_{(x-3)}^{2-}(aq) \text{의 양(mol)}}$ =

$$7 \times \frac{2n}{3n} = \frac{14}{3} \text{이다.}$$

답) ⑤

02 | pH / pOH

2. 표는 25°C에서 수용액 (가), (나)에 대한 자료이다.

수용액	(가)	(나)
pH(상댓값)	4	1
$\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]}$	10^2	x
부피(상댓값)	10	1

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?(단, 25°C에서 물의 이온화 상수(K_w)는 1×10^{-14} 이다.)

<보 기>

ㄱ. $x = 10^{-10}$ 이다.

ㄴ. $\frac{\text{(가)의 pH}}{\text{(나)의 pOH}} > 1$ 이다.

ㄷ. $\frac{\text{(나)에서 } [\text{H}_3\text{O}^+]}{\text{(가)에서 } [\text{OH}^-]} < 10^5$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

[Comment]

pH의 비와 (가)의 $\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]}$ 값을 통해 x 을 구할 수 있다.

[문제 풀이]

(가)의 $\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = 10^2 = \frac{10^{-6}}{10^{-8}}$ 이므로 (가)의 pH=8, pOH=6이다.
 pH에 대한 (가)와 (나)의 비는 4:1이므로, (나)의 pH=2, pOH=12이고 $\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = 10^{-10} = x$ 이다.

[선지 풀이]

- ㄱ. $x = 10^{-10}$ 이다. (O)
- ㄴ. $\frac{\text{(가)의 pH}}{\text{(나)의 pOH}} > 1$ 이다. (X)
- $\frac{\text{(가)의 pH}}{\text{(나)의 pOH}} = \frac{8}{12} = \frac{2}{3} < 1$
- ㄷ. $\frac{\text{(나)에서 } [\text{H}_3\text{O}^+]}{\text{(가)에서 } [\text{OH}^-]} < 10^5$ 이다. (O)
- $\frac{\text{(나)에서 } [\text{H}_3\text{O}^+]}{\text{(가)에서 } [\text{OH}^-]} = \frac{10^{-2}}{10^{-6}} = 10^4 < 10^5$

답) ④

03 | 양적계산 1

3. 표는 실린더에 X_2Y 와 Y_2 를 반응시켰을 때의 반응 전과 후에 대한 자료이다.

분자 종류	반응 전		반응 후	
	X_2Y	Y_2	X_2Y	X_2Y_3
질량(g)	$15w$	$16w$	a	$26w$
분자수(mol)	$6N$	$4N$	$6N$	

$\frac{Y \text{ 원자량}}{X \text{ 원자량}} \times a$ 는? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이다.)

- ① $10w$ ② $20w$ ③ $24w$ ④ $40w$ ⑤ $64w$

[Comment]

보기에 어렵다고 겁먹지 말고, 우선 할 수 있는 것부터 해보자! 반응식을 먼저 세우고, 그 뒤에 자료를 가지고 차근차근 문제를 풀어본다면 생각보다 쉽게 문제는 풀 수 있을 것이다.

[문제 풀이]

X_2Y 와 Y_2 의 반응식은 $X_2Y + Y_2 \rightarrow X_2Y_3$ 로 나타낼 수 있다.

각 반응물은 1:1로 반응하며, 1 mol의 생성물을 만들어냄을 알 수 있다. 즉, $6N$ 의 X_2Y 과 $4N$ 의 Y_2 가 반응한다면, Y_2 는 한계반응물로 모두 소모될 것이며, X_2Y 의 $4N$ 은 소모되고, $2N$ 은 반응하지 않고 남아있을 것이다.

이때, 반응 전의 X_2Y 과 반응 후의 X_2Y 는 3:1의 몰수비로 존재하므로, 질량비도 3:1이 될 것이다. 따라서 반응 후 X_2Y 의 질량은 $5w(=a)$ 이다.

X 원자량을 x , Y 원자량을 y 라고 한다면, X_2Y 의 분자량은 $2x+y$ 로 나타낼 수 있고, Y_2 의 분자량은 $2y$ 로 나타낼 수 있다. 이때, 반응 전의 X_2Y $6N$ 의 질량이 $15w$, Y_2 $4N$ 의 질량이 $16w$ 이므로, $6 \times (2x+y) = 15w$ 와 $4 \times (2y) = 16w$ 두 식을 얻을 수 있다. 이 두 식을 연립하면 $x = \frac{1}{4}w$, $y = 2w$ 의 값이 나온다. 따라서,

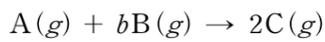
$$\frac{Y \text{ 원자량}}{X \text{ 원자량}} = \frac{y}{x} = 8 \text{이다.}$$

$$\therefore \frac{Y \text{ 원자량}}{X \text{ 원자량}} \times a = 8 \times 5w = 40w \text{이다.}$$

답) ④

04 | 양적계산 2

4. 다음은 A(g)와 B(g)가 반응하여 C(g)를 생성하는 반응의 화학 반응식이다.



표는 실린더에 A(g)와 B(g)를 넣고 반응을 완결시킨 실험 I, II에 대한 자료이다.

실험	반응 전	반응 후		
	전체 기체의 부피(L)	전체 기체의 부피(L)	A(g)의 양 (g)	C(g)의 밀도 (g/mL)
I	3V	2V	10w	11d ₁
II	1.5V	1.1V	7w	8d ₁

$b \times \frac{\text{실험 I에서 반응 전 B의 단위 부피당 질량}}{\text{실험 II에서 반응 전 B의 단위 부피당 질량}}$ 은? (단, 실린더 내의 온도와 압력은 일정하다.)

- ① 2 ② 3 ③ 4 ④ 5 ⑤ 6

[Comment]

몰수비와 질량비의 관계를 현명하게 사용할 수 있는지를 물어보는 문제. 정말 다양한 풀이가 나올 수 있지만, 자료에서 제시한 물리량이 무엇인지에 주목하면 가장 간단히 풀어낼 수 있을 것이다.

밀도(g/mL)를 어떻게 사용할 수 있을까? 분자량 비를 알려 주지 않았는데 평균분자량을 쓸 생각을 했다면 오산이다.

[문제 풀이]

반응 전후로 부피(몰수)가 얼마나 변하는지에 따라 우리는 한계반응물의 반응비, 생성물의 생성비를 알 수 있다. 특히 이 문제는 I과 II에서 남은 반응물의 종류가 같으므로, 한계반응물 역시 같다.

I에서 전체 기체의 부피는 3V → 2V로 V만큼 감소했고, II에서 전체 기체의 부피는 1.5V → 1.1V로 0.4V만큼 감소했다. 감소하는 비율이 1V : 0.4V = 5 : 2이므로 생성된 C의 양과 반응한 B의 양 모두 5 : 2가 되어야 한다.

I에서 반응 후 존재하는 C의 양을 5몰, II에서 반응 후 존재하는 C의 양을 2몰이라 하자. C의 밀도(g/mL)의 비는 결국 I과 II에서

$$\frac{\text{C의 질량비}}{\text{전체 부피(몰수)}} = \frac{\text{C의 몰수비}}{\text{A의 몰수비} + \text{C의 몰수비}}$$

를 구하는 것과 같다. 따라서 우린 A의 몰수비를 구해야 하는데, 남은 A의 질량비가 I : II = 10 : 7이므로 몰수비 역시 10 : 7이다. I에서 반응 후 존재하는 A의 양을 10n몰, II에서 반응 후 존재하는 A의 양을 7n몰이라 하면 $\frac{5}{10n+5} : \frac{2}{7n+2} = 11 : 8$ 이다. 따라서 $n = \frac{1}{2}$ 이다. 즉

I에서 반응 후 C 5몰과 A 5몰, II에서 반응 후 C 2몰과 A $\frac{7}{2}$ 몰 존재한다.

I에서 반응 후 C 5몰과 A 5몰 존재하는데, 화학 반응식의 계수를 참고하면 C 5몰이 생성될 때 A 2.5몰이 반응하므로 반응 전 A는 7.5몰이 존재한다. 같은 방법으로 II에서는 반응 전 A는 $\frac{9}{2}$ 몰 존재한다는 것을 알 수 있다. 앞서 말했듯 I, II는 한계반응물이 B로 같으므로 반응 전 존재하는 B의 비는 생성된 C의 비와 같아야 한다. I, II에서 반응 전 존재하는 B의 양을 각각 5x, 2x라 하면 전체 부피 비를 이용하여 $7.5+5x : 4.5+2x = 3 : 1.5$ 라는 식을 세울 수 있다. 위 식을 풀면 $x = 1.5$ 이므로 I, II에서 반응 전 존재하는 B의 양은 각각 7.5몰, 3몰이다. II에서 B가 3몰 반응하고 C가 2몰 생성되었으므로 $b = 3$ 이다.

실험 I에서 반응 전 B의 단위 부피당 질량을 구할 때는 실제값이 아닌 비율을 사용하자. 반응 전 부피는 I : II = 2 : 1이다. 반응

$$\text{전 존재하는 B의 양은 I : II} = 5 : 2 \text{이다. 따라서 } \frac{\frac{5}{2}}{\frac{2}{1}} = \frac{5}{4} \text{이다.}$$

$$\text{따라서, } b \times \frac{\text{실험 I에서 반응 전 B의 단위 부피당 질량}}{\text{실험 II에서 반응 전 B의 단위 부피당 질량}} = 3 \times \frac{5}{4} = \frac{15}{4} \text{이다.}$$

답) ③