

표는 $t^{\circ}\text{C}$, 1기압에서 실린더 (가)와 (나)에 들어 있는 기체에 대한 자료이다.

실린더	기체의 질량비	전체 기체의 밀도 (상대밀도)	$\frac{X \text{ 원자 수}}{Y \text{ 원자 수}}$
(가)	$X_aY_{2b} : X_bY_c = 1 : 2$	9	$\frac{13}{24}$
(나)	$X_aY_{2b} : X_bY_c = 3 : 1$	8	$\frac{11}{28}$

$\frac{X_bY_c \text{의 분자량}}{X_aY_{2b} \text{의 분자량}} \times \frac{c}{a}$ 는? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이다.)

- ① $\frac{2}{3}$ ② $\frac{4}{3}$ ③ 2 ④ $\frac{8}{3}$ ⑤ $\frac{10}{3}$

[정답] ④

 풀이

Step 1. 기체의 질량 설정

기체의 질량비는 제시가 되어 있지만, 양(mol) 또는 질량 값은 제시되어 있지 않다. 따라서 이에 맞게 (가)에서 X_aY_{2b} , X_bY_c 의 질량(상대값)을 각각 3, 6이라고 하고, (나)에서 X_aY_{2b} , X_bY_c 의 질량(상대값)을 각각 3, 1이라고 하자.

Step 2. 기체의 몰비 파악

전체 기체의 밀도비는 (가):(나) = 9 : 8이고, 질량비는 (가):(나) = 9 : 4이므로 전체 기체의 몰비는 2 : 1이다.

Step 3. 기체의 양(mol) 파악

(가)에서 X_aY_{2b} , X_bY_c 의 양(상대값)을 각각 m , n 이라고 할 때 (나)에서 X_aY_{2b} , X_bY_c 의 양(상대값)은 각각 m , $\frac{n}{6}$ 이다.

(가), (나)에서 전체 기체의 몰비는 2 : 1이므로 $m + n : m + \frac{n}{6} = 2 : 1$,
 $m : n = 2 : 3$ 이다.

Step 4. 원자 수 비를 통해 분자당 원자 수 파악

(가)에서 분자 수 비는 2 : 3이므로 $\frac{2a + 3b}{4b + 3c} = \frac{13}{24}$,

(나)에서 분자 수 비는 4 : 1이므로 $\frac{4a + b}{8b + c} = \frac{11}{28}$ 이다. $a : b : c = 2 : 3 : 4$ 이다.

Step 5. 원자량 비 파악

(가)에서 X_aY_{2b} , X_bY_c 의 몰비는 2 : 3이고, 질량비는 1 : 2이므로 분자량비는 3 : 4이다. 따라서 X, Y의 원자량비는 12 : 1이다.

$\frac{X_bY_c \text{의 분자량}}{X_aY_{2b} \text{의 분자량}} \times \frac{c}{a} = \frac{4}{3} \times \frac{4}{2} = \frac{8}{3}$ 이다.

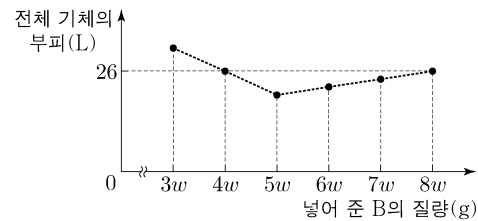
다음은 기체 A와 B의 반응에 대한 자료와 실험이다.

[자료]

- 화학 반응식 : $aA(g) + B(g) \rightarrow 2C(g)$ (a 는 반응 계수)
- $t^{\circ}\text{C}$, 1기압에서 기체 1몰의 부피 : 40L
- B의 분자량 : x

[실험 과정 및 결과]

- A(g) $y\text{L}$ 가 들어 있는 실린더에 B(g)의 질량을 달리하여 넣고 반응을 완결시켰을 때, 넣어 준 B의 질량에 따른 전체 기체의 부피는 그림과 같았다.



$\frac{y}{x}$ 는? (단, 온도와 실린더 속 전체 기체 압력은 $t^{\circ}\text{C}$, 1기압으로 일정하다.)

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

양적 관계

2019학년도 9월 모의평가 19번

[정답] ②

풀이

Step 1. a 파악

넣어 준 B의 질량이 $5w\text{g}$ 일 때를 기준으로 그래프의 개형이 변화하므로 해당 지점이 반응 완결점이다. 반응 완결 후의 기울기를 1로 둘 때, 반응 완결 전의 기울기는 -3 이다.

기울기 공식은 생성물의 계수($=2$)에서 넣어 둔 물질의 계수($=a$)를 뺀 값을 넣어 준 물질의 계수($=1$)로 나눈 값으로 계산한다.

따라서 $\frac{2-a}{1} = -3$, $a = 5$ 이다.

Step 2. B = $4w\text{g}$ 일 때의 양적 관계 분석 및 y 파악

넣어 준 B의 질량이 $5w\text{g}$ 일 때 A $y\text{L}$ 가 모두 반응하므로 넣어 준 B의 질량이 $4w\text{g}$ 일 때 반응한 A의 부피는 $0.8y\text{L}$ 이다. 화학 반응의 양적 관계는 다음과 같다.

	5A	+	B	→	2C
반응 전	$y\text{L}$		$4w\text{g}$		
반응	$-0.8y\text{L}$		$-4w\text{g}$		$+0.32y\text{L}$
반응 후	$0.2y\text{L}$		0		$0.32y\text{L}$

따라서 $0.52y = 26$, $y = 50$ 이다.

Step 3. x 파악

A $50\text{L}(=1.25\text{mol})$ 이 모두 반응하기 위해 필요한 B의 양은 $0.25\text{mol}(=5w\text{g})$ 이다. 따라서 B의 분자량($=x$)은 $20w$ 이다.

$\frac{y}{x} = \frac{50}{20w} = \frac{5}{2w}$ 이다.

COMMENT

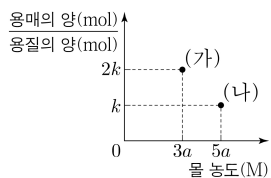
기울기 공식 반드시 알아두고 시험장에 들어가자. 2026학년도 평가원 시험 2번 모두 이를 이용할 수 있는 문항들이었다.

그림은 A(aq) (가)와 (나)의 몰 농도와 용매의 양(mol)을 나타낸 것이다.

(가)와 (나)의 밀도는 각각 1.1g/mL, 1.2g/mL이다.

a는? (단, A의 화학식량은 40이다.)

- ① $\frac{5}{7}$ ② $\frac{5}{4}$ ③ $\frac{17}{8}$ ④ $\frac{17}{6}$ ⑤ $\frac{19}{6}$



풀이

Step 1. (가)와 (나)의 총 질량

(가)와 (나)가 모두 1L일 때, 각 용액의 질량은 1100g, 1200g이다.

Step 2. (가)와 (나)에서 용질과 용매의 양

(가)와 (나)가 모두 1L일 때, 각 용액 속 A의 양은 $3a$ mol, $5a$ mol이다.

A의 화학식량은 40이므로 (가), (나) 속 A의 질량은 각각 120g, 200g이다.

따라서 (가), (나) 속 용매의 질량은 각각 $(1100 - 120a)$ g, $(1200 - 200a)$ g이다.

Step 3. a 파악

(가)와 (나)에서 용매와 용질의 화학식량은 서로 같으므로, $\frac{\text{용매의 양(mol)}}{\text{용질의 양(mol)}}$ 의

비는 $\frac{\text{용매의 질량(g)}}{\text{용질의 질량(g)}}$ 의 비와 같다.

따라서 $\frac{1100 - 120a}{120a} : \frac{1200 - 200a}{200a} = 2 : 1$ 이고, $a = \frac{17}{6}$ 이다.

표는 원자 A ~ D에 대한 자료이다. A ~ D는 원소 X와 Y의 동위 원소이고, A ~ D의 중성자수 합은 76이다. 원자 번호는 $X > Y$ 이다.

원자	중성자수 - 원자 번호	질량수
A	0	$m - 1$
B	1	$m - 2$
C	2	$m + 1$
D	3	m

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X와 Y는 임의의 원소 기호이고, A, B, C, D의 원자량은 각각 $m - 1$, $m - 2$, $m + 1$, m 이다.)

—<보 기>—

ㄱ. B와 D는 Y의 동위 원소이다.

ㄴ. $\frac{1\text{g의 C에 들어 있는 중성자수}}{1\text{g의 A에 들어 있는 중성자수}} = \frac{20}{19}$ 이다.

ㄷ. $\frac{1\text{mol의 D에 들어 있는 양성자수}}{1\text{mol의 A에 들어 있는 양성자수}} < 1$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[정답] ⑤

 풀이

Step 1. 양성자수와 중성자수의 차와 합

질량수는 양성자수와 중성자수의 합이고, 원자 번호는 양성자수와 같다.

따라서 각 원자에서 (질량수) - (중성자수 - 원자 번호) = $2 \times (\text{양성자수})$ 이다.

Step 2. 동위 원소 판단

A ~ D의 양성자수는 각각 $\frac{m-1}{2}$, $\frac{m-3}{2}$, $\frac{m-1}{2}$, $\frac{m-3}{2}$ 이다.

원자 번호는 $X > Y$ 이므로 A와 C는 X의 동위 원소이고, B와 D는 Y의 동위 원소이다.

Step 3. 각 원자의 중성자수

A와 C의 원자 번호가 k 일 때, B와 D의 원자 번호는 $k - 1$ 이다.

A ~ D의 중성자수는 각각 k , k , $k + 2$, $k + 2$ 이므로, A ~ D의 중성자수 합은 $4k + 4 = 76$ 이고 $k = 18$ 이다.

 정답 선지 해설

ㄱ. B와 D는 Y의 동위 원소이다.

ㄴ. $\frac{1\text{g의 C에 들어 있는 중성자수}}{1\text{g의 A에 들어 있는 중성자수}} = \frac{20}{19}$ 이다.

ㄷ. $\frac{1\text{mol의 D에 들어 있는 중성자수}}{1\text{mol의 A에 들어 있는 중성자수}} < 1$ 이다.

다음은 25℃에서 수용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

- (가), (나), (다)의 $\frac{\text{pH}}{\text{pOH}}$ 는 각각 $\frac{5}{2}$, $16k$, $9k$ 이다.
- (가), (나), (다)에서 OH^- 의 양(mol)은 각각 $100x$, x , y 이다.
- 수용액의 부피는 (가)와 (나)가 같고, (다)는 (나)의 10배이다.

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

<보 기>

- ㄱ. $y = 10x$ 이다.
- ㄴ. $\frac{(\text{가})\text{의 pH}}{(\text{나})\text{의 pOH}} > 1$ 이다.
- ㄷ. $\frac{(\text{나})\text{에서 } \text{OH}^- \text{의 양(mol)}}{(\text{다})\text{에서 } \text{H}_3\text{O}^+ \text{의 양(mol)}} = 1$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

[정답]

 풀이

Step 1. (가)의 몰 농도 파악

25℃에서 수용액의 $\text{pH} + \text{pOH} = 14$ 이고 (가)의 $\frac{\text{pH}}{\text{pOH}} = \frac{5}{2}$ 이므로 (가)의 pH 는 10이다.

Step 2. 용액에 들어 있는 이온의 양 비교

OH^- 의 양(mol)은 (가)가 (나)의 100배이고 수용액의 부피는 (가)와 (나)가 같으므로 $[\text{OH}^-]$ 는 (가)가 (나)의 100배이다. 따라서 (나)의 pH 는 8이다.

Step 3. 서로 다른 용액의 pH와 pOH의 비 비교

(나)의 $\frac{\text{pH}}{\text{pOH}} = \frac{4}{3}$ 이고, (나)와 (다)의 $\frac{\text{pH}}{\text{pOH}}$ 비는 $16:9$ 이므로 (다)의 $\frac{\text{pH}}{\text{pOH}} = \frac{3}{4}$ 이다. 따라서 (다)의 $\text{pH} = 6$ 이다.

Step 4. x 와 y 의 비교

$[\text{OH}^-]$ 는 (나)가 (다)의 100배이고, 수용액의 부피는 (다)가 (나)의 10배이므로 OH^- 의 양(mol)은 (나)가 (다)의 10배이다. 따라서 $x = 10y$ 이다.

✔ 정답 선지 해설

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

✘ 오답 선지 해설

ㄱ. $y = \frac{x}{10}$ 이다.

ㄷ. $\frac{(\text{나})\text{에서 } \text{OH}^- \text{의 양(mol)}}{(\text{다})\text{에서 } \text{H}_3\text{O}^+ \text{의 양(mol)}} = \frac{1}{10}$ 이다.

[자료]

- 수용액 A와 B는 각각 0.25M $\text{HY}(aq)$ 과 0.75M $\text{H}_2\text{Z}(aq)$ 중 하나이다.
- 수용액에서 $\text{X}(\text{OH})_2$ 는 X^{2+} 과 OH^- 으로, HY 는 H^+ 과 Y^- 으로, H_2Z 는 H^+ 과 Z^{2-} 으로 모두 이온화된다.

[실험 과정]

- (가) $a\text{M X}(\text{OH})_2(aq)$ 10mL에 수용액 A $V\text{mL}$ 를 첨가하여 혼합 용액 I을 만든다.
- (나) I에 수용액 B $4V\text{mL}$ 를 첨가하여 혼합 용액 II를 만든다.
- (다) $a\text{M X}(\text{OH})_2(aq)$ 10mL에 수용액 A $4V\text{mL}$ 와 수용액 B $V\text{mL}$ 를 첨가하여 혼합 용액 III을 만든다.

[실험 결과]

- II에 존재하는 모든 이온의 몰비는 3:4:5이다.
- $\frac{\text{I에 존재하는 모든 양이온의 몰 농도의 합}}{\text{III에 존재하는 모든 양이온의 몰 농도의 합}} = \frac{15}{28}$ 이다.

$a+V$ 는? (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같고, 물의 자동 이온화는 무시하며, X^{2+} , Y^- , Z^{2-} 은 반응하지 않는다.)

- ① $\frac{9}{2}$ ② $\frac{45}{8}$ ③ $\frac{27}{4}$ ④ $\frac{63}{8}$ ⑤ 9

[정답] ①

풀이

Step 1. I, II의 액성 파악

II에 존재하는 이온은 3종류이므로 혼합 용액의 액성은 중성이다.
따라서 II보다 산성 용액이 적게 혼합된 I의 액성은 염기성이다.

Step 2. 용액은 전기적 중성

II에 존재하는 이온은 X^{2+} , Y^- , Z^{2-} 이다. 세 이온의 몰비는 3:4:5이고, 양전하량 합=음전하량 합이므로 각 이온의 몰비는 $\text{X}^{2+} : \text{Y}^- : \text{Z}^{2-} = 5:4:3$ 이다.

Step 3. A, B 액성 파악

$\text{HY}(aq)$ 과 $\text{H}_2\text{Z}(aq)$ 의 농도 비는 1:3이고, II에 존재하는 Y^- 와 Z^{2-} 의 몰비는 4:3이므로, 혼합 전 $\text{HY}(aq)$ 과 $\text{H}_2\text{Z}(aq)$ 의 부피비는 4:1이다.
따라서 A는 0.75M $\text{H}_2\text{Z}(aq)$, B는 0.25M $\text{HY}(aq)$ 이다.
따라서 $a \times 10 : 0.75 \times V : 0.25 \times 4V = 5 : 3 : 4$, $a = 0.125V$ 이다.

Step 4. III의 액성 파악

알짜 이온의 농도는 $\text{H}_2\text{Z}(aq)$ 이 $\text{HY}(aq)$ 보다 높다. III에는 II와 같은 부피의 산성 용액이 첨가되었고, 그중 $\text{H}_2\text{Z}(aq)$ 의 비율은 II보다 III이 더 높다. II는 중성이므로 III은 산성이다.

Step 5. 몰 농도 합의 비 계산

I은 염기성이므로 I에 존재하는 모든 양이온의 양($\times 10^{-3}\text{mol}$)은 $10a = 1.25V$ 이다. III은 산성이므로 III에 존재하는 모든 양이온의 양은 $(2 \times 0.75 \times 4V + 1 \times 0.25 \times V - a \times 10)\text{mol}$ 이다. 따라서

$$\frac{1.25V}{10+V} \div \frac{2 \times 0.75 \times 4V + 1 \times 0.25 \times V - 1.25V}{10+5V} = \frac{10+5V}{4 \times (10+V)} = \frac{15}{28},$$

$V = 4$ 이다. $a = 0.125V$ 이므로 $a = \frac{1}{2}$, $a+V = \frac{9}{2}$ 이다.

다음은 금속 A ~ C의 산화 환원 반응 실험이다.

[실험 과정]

- (가) 비커에 0.1M $A^{a+}(aq)$ VmL를 넣는다.
 (나) (가)의 비커에 충분한 양의 $B(s)$ 를 넣어 반응시킨다.
 (다) (나)의 비커에 0.1M $C^{c+}(aq)$ VmL를 넣어 반응을 완결시킨다.

[실험 결과]

- 각 과정 후 수용액 속에 들어 있는 모든 금속 양이온에 대한 자료

과정	(가)	(나)	(다)
양이온의 종류	A^{a+}	B^{b+}	B^{b+}
양이온의 양(mol) (상댓값)	1	2	3

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A ~ C는 임의의 원소 기호이고 물과 반응하지 않으며, 음이온은 반응에 참여하지 않는다.)

—<보 기>—

- ㄱ. (나)와 (다)에서 $B(s)$ 는 환원제로 작용한다.
 ㄴ. $\frac{b}{c} = \frac{2}{3}$ 이다.
 ㄷ. $\frac{\text{(다)에서 반응한 } B(s) \text{의 양(mol)}}{\text{(나)에서 생성된 } A(s) \text{의 양(mol)}} = 1$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[정답] ③

 풀이

Step 1.

(나)에서 금속을 첨가했으므로 (가) 과정 후와 (나) 과정 후에 양전하량 합은 같다.
 (나) 과정 후와 (다) 과정 후에 같은 종류의 양이온이 존재하고 몰비는 2 : 3이므로 전체 양전하량 합은 2 : 3이다.
 따라서 (가)에서 첨가한 양전하량 합과 (다)에서 첨가한 양전하량 합은 2 : 1이고, (가)와 (다)에서 첨가한 양이온의 양(mol)은 같으므로 $a : c = 2 : 1$ 이다.

Step 2.

$$a \times 1 = b \times 2 \text{이므로 } a : b : c = 2 : 1 : 1 \text{이다.}$$

✔ 정답 선지 해설

- ㄱ. (나)와 (다)에서 $B(s)$ 는 환원제로 작용한다.
 ㄷ. $\frac{\text{(다)에서 반응한 } B(s) \text{의 양(mol)}}{\text{(나)에서 생성된 } A(s) \text{의 양(mol)}} = 1 \text{이다.}$

✖ 오답 선지 해설

$$\text{ㄴ. } \frac{b}{c} = 1 \text{이다.}$$



인스타그램
@veradi_contents



카카오톡 채널
@veradi



포만한 네이버 카페
베라디's Q&A 게시판