

10 [22024-0234] 다음은 중화 반응 실험이다.

[자료]

○ 수용액에서  $H_2A$ 는  $H^+$ 과  $A^{2-}$ 으로 모두 이온화된다.

[실험 과정]

(가)  $a$  M  $H_2A(aq)$ ,  $b$  M  $NaOH(aq)$ ,  $c$  M  $KOH(aq)$ 을 준비한다.

(나)  $H_2A(aq)$   $V_1$  mL에  $NaOH(aq)$  20 mL를 첨가한다.

(다) (나)의 혼합 용액에서 10 mL를 취하여 비커에 넣는다.

(라) 비커에 넣은 혼합 용액 10 mL에  $KOH(aq)$   $V_2$  mL를 첨가한다.

[실험 결과]

○  $H_2A(aq)$   $V_1$  mL에 들어 있는 X 이온의 몰 농도 :  $3n$  M

○ (라) 과정 후 혼합 용액은 중성이다.

○ (나)와 (라) 과정 후 혼합 용액에 대한 자료

과정	(나)		(라)	
	X 이온	Y 이온	X 이온	Y 이온
혼합 용액 속 이온의 몰 농도(M)	$n$	$0.8n$	$dn$	$0.32n$

$\frac{b}{c} \times d$ 는? (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같고, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

- ① 0.4                      ② 0.6                      ③ 0.8                      ④ 1.2                      ⑤ 1.5

추가 조건 :  $d \neq 0$

1. X는  $H_2A$ 에 존재하므로  $H^+$  or  $A^{2-}$ 인데, (라)에서 X 이온이 존재하므로 X는  $A^{2-}$ 이다. Y는 (라)에 존재하고 (나)에 존재하므로  $Na^+$ 이다.

2.  $A^{2-}$ 의 몰 농도( $3n$ )가 (나)에서 혼합 후  $\frac{1}{3}$ 배 되었으므로,  $V_1 = 10$ 이다.

3.  $Na^+$ 의 몰 농도( $0.8n$ )가 (라)에서 혼합 후  $\frac{2}{5}$ 배 되었으므로,  $V_2 = 15$ 이다.

$A^{2-}$ 의 몰 농도도 같이  $\frac{2}{5}$ 배가 되어야 하므로  $d = 0.4$ 이다.

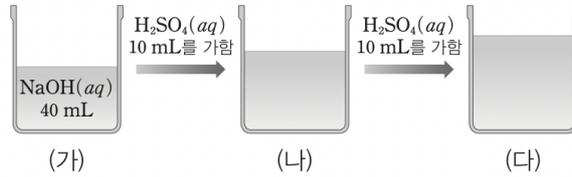
4. (나)의 부피는 30mL이므로 (나)에서  $Na^+$ 의 양은  $24n$  mmol이고, 이것이 20mL에 들어 있으니  $b = 1.2n$ 이다.

5. (나)를 중화시키려면  $(n \times 2 - 0.8n) \times 30 \text{ mmol} = 36n$  mmol의  $OH^-$ 가 필요하다. (다)에서  $\frac{1}{3}$ 을 취했으니  $KOH$   $V_2$  mL에 들어있던  $OH^-$ 의 양은  $12n$  mmol이며,  $c = 0.8n$ 이다.

따라서 답은 0.6이다.

Comment) 용액을 취하도 몰 농도는 변하지 않는다.  $d=0$ (즉 X가  $H^+$ )라고 가정하면, 풀리지 않아(Y이온의 여부에 따라 케이스가 2개 나옴) 약간 아쉬운 문항이다.

- 11 [2024-0235] 그림은  $x$  M  $\text{NaOH}(aq)$  40 mL에 0.2 M  $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$  10 mL씩을 차례대로 넣을 때의 과정을 나타낸 것이다. (다)에 들어 있는  $\frac{\text{양이온의 양}(\text{mol})}{\text{음이온의 양}(\text{mol})} = \frac{4}{3}$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액에서  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 은  $\text{H}^+$ 과  $\text{SO}_4^{2-}$ 으로 모두 이온화되고, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

보기

ㄱ. (다)는 중성 용액이다.

ㄴ.  $x=0.4$ 이다.

ㄷ. (나)에 들어 있는  $\frac{\text{양이온의 양}(\text{mol})}{\text{음이온의 양}(\text{mol})} = \frac{8}{7}$ 이다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

1. 1가 염기에 2가 산을 첨가하면,  $\frac{\text{양이온의 양}}{\text{음이온의 양}}$ 은 초기에는 1이다가 중화점까지 2로 증가하고, 이후 2로 유지된다.

따라서 (다)는 염기이며, (나)도 염기이다. ㄱ (X)

2. 용액 전체가 염기성인데 양이온:음이온=4:30이라면,  $\text{Na}^+:\text{SO}_4^{2-}=4:1$ 로 존재해야 한다.

$40x:0.2 \times 20 = 4:1$ 에서  $x=0.4$ 이다. (ㄴ O)

(나)에서는 4:0.5로 존재하므로,  $\frac{\text{양이온의 양}}{\text{음이온의 양}} = \frac{8}{7}$ 이 된다. (ㄷ O)

Comment) 이런 수준의 문항에서는 표를 쓰지 않고도 풀이할 수 있어야 어려운 문항을 풀 때 계산이 빨라진다. 양이온과 음이온의 (상댓값)개수 차가 1이므로 상댓값으로 2개가 1개 존재한다고 추론할 수 있어야 한다.

12 [22024-0236] 다음은 중화 반응 실험이다.

[자료]

○ 수용액에서  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 은  $\text{H}^+$ 과  $\text{SO}_4^{2-}$ 으로 모두 이온화된다.

[실험 과정]

(가)  $2x \text{ M NaOH}(aq)$ ,  $y \text{ M H}_2\text{SO}_4(aq)$ ,  $x \text{ M HCl}(aq)$ 을 준비한다.

(나)  $\text{NaOH}(aq)$   $V \text{ mL}$ 에  $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$   $10 \text{ mL}$ 를 첨가하여 혼합 용액 I을 만든다.

(다) I에  $\text{HCl}(aq)$   $20 \text{ mL}$ 를 첨가하여 혼합 용액 II를 만든다.

(라) II에  $\text{HCl}(aq)$   $20 \text{ mL}$ 를 추가하여 혼합 용액 III을 만든다.

[실험 결과]

○ (나)에서 생성된 물의 양 :  $0.01 \text{ mol}$

○ II는 중성이다.

○ II와 III에 대한 자료

혼합 용액	II	III
혼합 용액에 존재하는 양이온의 양(mol)	0.02	
혼합 용액에 존재하는 모든 음이온의 몰 농도 합(M)	0.3	$z$

$\frac{x \times y}{z}$ 는? (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같고, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

- ① 0.1      ② 0.2      ③ 0.5      ④ 0.7      ⑤ 0.9

1. 용액 II는 중성이므로, II 존재하는 양이온은 전부  $\text{Na}^+$ 임을 쉽게 알 수 있다. 따라서 (나)과정에서 절반만큼 중화되었고, 중화된 양은 (나)=(다)임을 알 수 있다. 따라서  $10 \times 2 \times y = 20 \times 1 \times x$ 에서  $y = x$ 를 얻고, (다)에서  $\text{Cl}^- : \text{SO}_4^{2-} = 2 : 1$ 이다.

2. 따라서 용액 II에서 각 이온의 존재 비가  $\text{Na}^+ : \text{Cl}^- : \text{SO}_4^{2-} = 4 : 2 : 1$ 임을 구할 수 있다.

따라서 양이온의 몰 농도 합은  $0.4 \text{ M}$ 임을 쉽게 알 수 있고, 용액 속 양이온의 양은  $0.4(V+30)\text{mmol}$ 이다.  $0.4 \times (V+30) = 0.02 \times 1000$ 을 풀면  $V=20$ 을 얻는다.

3.  $2x \text{ M NaOH}(aq)$   $20\text{mL}$ 에 존재하는  $\text{Na}^+$ 의 양이  $20\text{mmol}$ 이므로,  $40x = 20$ 에서  $x = 0.5$ 이다.

4. 용액 III은 산성이므로 용액 III에 존재하는 음이온은 전부 구경꾼 이온이다.  $\text{Cl}^-$ 의 양이 2배가 되었으므로 모든 음이온의 개수 합이  $\frac{5}{3}$ 배 될 것임은 쉽게 알 수 있다.

한편 혼합 용액의 부피는  $\frac{7}{5}$ 배 되었다. 따라서 모든 음이온의 몰 농도 합은 II에 비해

$$\frac{5}{3} \times \frac{5}{7} = \frac{25}{21} \text{ 배 된다. 따라서 } z = 0.3 \times \frac{25}{21} \text{이며, 답은 } \frac{0.5 \times 0.5}{0.3 \times \frac{25}{21}} = 0.7 \text{이다.}$$

Comment) 마지막  $z$  마무리 관점은 꽤나 유용하니 익혀두도록 하자.