

표는 25°C에서 수용액 (가)~(다)에 대한 자료이다. X와 Y는 각각 HCl과 NaOH 중 하나이고, $a+b=14$ 이다.

수용액	용질	몰 농도(M)	부피(상댓값)	pH	OH ⁻ 의 양(mol)
(가)	X	x	10	a	n_1
(나)	Y	1×10^{-2}	100	b	n_2
(다)	Y	1×10^{-4}	1	c	n_2

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

보기

ㄱ. X는 NaOH이다.

ㄴ. $2b=c$ 이다.

ㄷ. $\frac{n_1}{n_2} = 10^{11}x$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

- (가)와 (나)에서 $a+b=14$ 이며, 용질이 HCl과 NaOH중 각각 하나이므로, 두 용액의 몰 농도가 같아야 합니다. 따라서 $x=1 \times 10^{-2}$ 임을 쉽게 알 수 있습니다.
- (나)와 (다)를 비교했을 때, (나)의 몰농도와 부피가 동시에 (다)보다 더 큼니다. 따라서 넣은 용질에 해당하는 이온의 개수가 (나)가 무조건 더 큼니다. 하지만 OH⁻의 양(다)와 같으므로, Y는 HCl이고, X는 NaOH입니다.
- 따라서 (가), (나), (다)의 pH는 각각 12, 2, 4입니다. (ㄴ 0)
- (가)와 (나)의 [OH⁻] 비는 $10^{10}:1$ 이고, 부피 비는 $1:10$ 이므로 OH⁻의 양의 비는 $10^9:1$ 입니다. 따라서 $\frac{n_1}{n_2} = 10^9$ 인데, $x=10^{-2}$ 이므로, ㄷ은 옳습니다. (ㄷ 0) 답 ⑤

20

▶22067-0250

표는 0.2 M $H_2A(aq)$ V mL에 x M $BOH(aq)$ 을 첨가할 때 혼합 용액 속 이온 ㉠과 ㉡의 몰 농도에 대한 자료이다. 수용액에서 H_2A 는 H^+ 과 A^{2-} 으로, BOH 는 B^+ 과 OH^- 으로 모두 이온화된다.

혼합 용액		(가)	(나)	(다)
가한 $BOH(aq)$ 의 부피(mL)		4	16	20
이온의 몰 농도(M)	㉠	$\frac{1}{12}$	a	$\frac{1}{4}$
	㉡	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{9}$	b

$$\frac{a+b}{x} \times V \text{ 는?}$$

(단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같고, 물의 자동 이온화는 무시하며, A^{2-} 과 B^+ 은 반응하지 않는다.) [3점]

원본 문항은 부피 V 가 주어져 있으나, 너무 쉽고 의미가 없는 문항이 됩니다. V 를 가리면 논증이 꽤나 어려운 문항으로 변모하고 꽤 관찰기에 이렇게 변형했습니다.

A^{2-} 의 몰 농도는 계속 감소하고, H^+ 의 경우 감소하다가 중화점에서 0이 됩니다. OH^- 의 경우 중화점 이전까지 0이다가 중화점 이후부터 증가합니다. B^+ 의 경우 0에서 시작하여 계속 증가합니다. 따라서, ㉠으로는 OH^- 와 B^+ 가 가능하며, ㉡으로는 H^+ 와 A^{2-} 가 가능합니다. ㉠이 뭔지 결정하고 해설해야 결론적으로는 좀 더 쉽습니다. 실전 풀이에서는 어디부터 짚어야 더 쉬울지 알기는 힘듭니다. 아무튼 ㉠이 뭔지 결정하면서 합시다.

1) ㉡이 H^+ 라면, 알짜 이온은 동시에 존재할 수 없으므로 ㉠은 B^+ 입니다. (가)에서 H^+ 가 존재하므로 아직 중화점 이전이고, $H^+ : B^+ = 2 : 1$ 로 존재하므로, (가)는 $\frac{1}{3}$ 중화점입니다(생각해보세요). 따라서 (나)는 중화점 이후이나, 아직 H^+ 가 존재하므로 모순입니다. 따라서 ㉡은 A^{2-} .

2) ㉡이 A^{2-} 이므로, 부피를 구할 수 있습니다. 실제 개수가 계속 일정하므로, $\frac{1}{6}(V+4) = \frac{1}{9}(V+16)$ 에서 $V = 20$ 입니다. $b = \frac{4}{40} = \frac{1}{10}$ 을 구할 수 있습니다.

3) ㉠의 종류에 무관하게, 우선 (가)에서 ㉠의 양은 2 mmol, (다)에서 양은 10 mmol입니다. 넣은 부피에 이온의 개수가 비례합니다. 따라서 ㉠은 B^+ 일 수 밖에 없습니다. 한편, BOH 16 mL에 B^+ 8 mmol이 증가했으니 $x = 0.5$ 임을 알 수 있습니다. (나)에서 B^+ 의 양은 8 mmol

일 것이고, 부피는 36이므로 $a = \frac{2}{9}$ 입니다. 답은 $\frac{\frac{1}{10} + \frac{2}{9}}{0.5} \times 20 = \frac{116}{9}$ 입니다.

다음은 중화 반응에 대한 실험이다.

[자료]

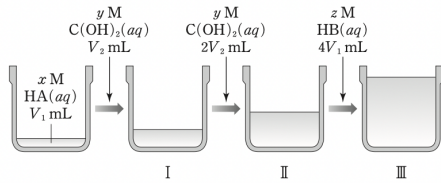
○ 수용액에서 HA는 H⁺과 A⁻으로, HB는 H⁺과 B⁻으로, C(OH)₂는 C²⁺과 OH⁻으로 모두 이온화된다.

[실험 과정]

(가) x M HA(aq) V₁ mL가 담긴 비커에 y M C(OH)₂(aq) V₂ mL를 첨가하여 혼합 용액 I을 만든다.

(나) I에 y M C(OH)₂(aq) 2V₂ mL를 추가하여 혼합 용액 II를 만든다.

(다) II에 z M HB(aq) 4V₁ mL를 첨가하여 혼합 용액 III을 만든다.



[실험 결과]

- I의 액성은 중성이다.
- II에서 [OH⁻]=0.1 M이다.
- 혼합 용액에 존재하는 모든 이온의 몰 농도 합은 I : II : III = 12 : 18 : 13이다.

$(x+y+z) \times \frac{V_2}{V_1}$ 는? (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같고, 물의 자동 이온화는 무시하며, A⁻, B⁻, C²⁺은 반응하지 않는다.) [3점]

- ① 0.45 ② 0.50 ③ 0.55
- ④ 0.60 ⑤ 0.65

문제가 세로로 너무 길어서 잘라서 캡처했습니다.

0) I은 중성이고, II는 확실히 염기성입니다. 들어 있는 산은 1가 뿐이므로, 용액이 염기성 또는 중성일 때 전체 이온수에 영향을 미치지 않습니다. 넣은 2가 염기 ×3이 전체 이온수입니다. 1) 따라서 I과 II에서 이온 수 비는 1:3입니다. 몰 농도 비가 2:3이므로, 부피 비는 1:2입니다. 이를 통해 V₁ = V₂를 구할 수 있습니다.

실용적인 잔머리) 실제 부피가 하나도 주어지지 않고, 구할 방법이 없기에, 문제를 풀 때 부피의 스케일을 맘대로 맞춰도 됩니다. V₁ = V₂ = 10으로 두고 해결하겠습니다.

3) I, II, III의 부피는 각각 20, 40, 80입니다. II에 존재하는 OH⁻의 양은 4 mmol입니다. I은 중성이었으므로 이 OH⁻는 전부 C(OH)₂의 것이며, $y = \frac{4}{20} \times \frac{1}{2} = 0.1$ 을 알 수 있습니다. 한편 HA와 C(OH)₂를 같은 부피로 혼합했을 때 중성이므로(I) x = 0.2입니다.

4) y = 0.1이므로, II에서 모든 이온의 양은 30 × 0.1 × 3 = 9 mmol입니다. II와 III의 부피 비 1:2를 고려하면, 이온 수 비는 9:13이기에 III에 존재하는 모든 이온의 양은 13 mmol입니다.

5) III은 II보다 이온 수가 크기에 산성이어야 하며, 이온 수 공식(1가 산과 2가 염기의 혼합 상황에서 용액 전체가 산성이면 1가 산 ×2 - 2가 염기)을 생각하면 존재하는 1가 산의 양이 8 mmol이어야 함을 구할 수 있습니다. 앞서 0.2 M HA 10 mL를 넣었으니, B⁻ 6 mmol이 남았고,

z = 0.15이어야 함을 알 수 있습니다. 답은 $(0.2+0.1+0.15) \times \frac{10}{10} = 0.45$ 입니다. (①)

다음은 중화 반응에 대한 실험이다.

[자료]

○ 수용액에서 $X(OH)_2$ 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) 0.4 M $X(OH)_2(aq)$, y M $HY(aq)$, z M $H_2Z(aq)$ 을 준비한다.

(나) $X(OH)_2(aq)$ V mL에 $HY(aq)$ a mL를 조금씩 첨가한다.

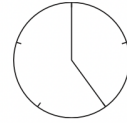
(다) (나) 과정 후 혼합 용액에 $H_2Z(aq)$ a mL를 첨가한다.

[실험 결과]

○ (나)에서 첨가한 $HY(aq)$ 의 부피에 따른 A 이온의 몰 농도

HY(aq)의 부피(mL)	0	10	15	a
A 이온의 몰 농도(상댓값)	8	3	2	

- (다) 과정 후 혼합 용액은 중성이다.
- (다) 과정 후 혼합 용액에서 양이온 수와 음이온 수의 비율



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같고, 물의 자동 이온화는 무시하며, X^{2+} , Y^- , Z^{2-} 은 반응하지 않는다.) [3점]

[보기]

- ㄱ. A 이온은 X^{2+} 이다. ㄴ. $\frac{V}{a} = \frac{1}{2}$ 이다.
- ㄷ. $y+z=0.4$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

- 0) 문제에서 준 비율은 2:3일 뿐이지, 양이온과 음이온이 2와 3중 각각 무엇일지 모르는게 핵심.
- 1) (다)과정 후 혼합용액은 중성이므로 전부 존재하는 양이온과 음이온은 구경꾼 이온입니다. 양이온의 경우 전부 2가(X^{2+})이고, 음이온의 경우 1가(Y^-)와 2가(Z^{2-})가 섞여있으니, 평균 전하량은 양이온이 더 큼니다. 따라서 양이온의 개수가 더 작고, 양이온:음이온=2:3입니다.
- 2) 양이온과 음이온 개수의 차가 상대적으로 1이라는 것은, 2가의 개수가 양이온이 상대적으로 1 더 많다는 뜻. 따라서, (다) 이후 $X^{2+}:Y^-:Z^{2-}=2:2:1$ 로 존재함을 구할 수 있습니다.
- 3) (다)까지 첨가한 HY 와 H_2Z 의 부피가 같으므로, $y=2z$ 입니다.
- 4) A이온은 초기부터 존재했으니 X^{2+} or OH^- 입니다. 몰 농도(상댓값)에 혼합 용액의 총부피를 곱하면 다음과 같습니다.

HY(aq)의 부피(mL)	0	10	15
A이온의 양(상댓값)	8V	3V+30	2V+30

- 5) 잘 보면 10 mL일 때의 A 이온의 양이 15 mL일 때의 A이온의 양보다 큼니다. 즉 감소했으므로 A이온의 양은 X^{2+} 가 아닌, OH^- 입니다. (ㄱ X)
- 6) OH^- 의 양은 넣어준 HY 의 부피에 대해 일차함수적으로 감소합니다. 보통의 경우엔 내분을 사용하나, 좀 생각해 보면.. 10 mL→15 mL에서 V 감소했으니, 0 mL→10 mL에서 2V 감소했을 겁니다. 따라서, $8V-2V=3V+30$ 에서, $V=10$ 을 얻습니다.
- 7) (다)에서 $Y^-:Z^{2-}$ 의 비는 2:1이므로 중화한 OH^- 의 양이 같습니다. 따라서 a mL만큼 HY 를 첨가했을 때 초기 OH^- 의 양의 절반이 되어야 하고, $a=20$ 을 얻습니다. (ㄴ O)
- 8) (다)에서 $X^{2+}:Y^+=1:1$ 이므로 $0.4 \times 10 = 20 \times y$ 에서 $y=0.4$, $z=0.2$ 입니다. (ㄷ X) 답 : ②