

<기출 코멘트>

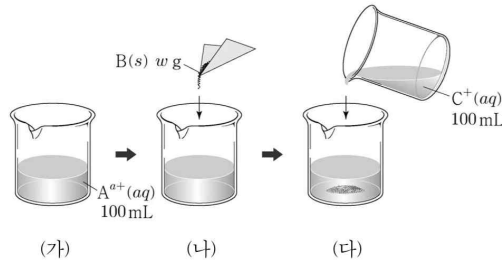
1. 다음은 금속 A~C의 산화 환원 반응 실험이다.

[실험 과정]

(가) 비커에  $A^{a+}(aq)$  100mL를 넣는다.

(나) (가)의 비커에 금속 B(s) wg을 넣어 반응을 완결시킨다.

(다) (나)에서 반응이 끝난 비커에  $C^{+}(aq)$  100mL를 넣어 반응을 완결시킨다.



[실험 결과]

○ 각 과정 후 수용액에 들어 있는 양이온의 종류와 수

과정	(가)	(나)	(다)
양이온의 종류	$A^{a+}$	$B^{b+}$	$A^{a+}, B^{b+}, C^{+}$
양이온의 수	$6N$	$4N$	$15N$

○ (다) 과정 후 비커에 들어 있는 금속은 1가지이다.

○  $C^{+}(aq)$  100mL에 들어 있는  $C^{+}$ 수는 (다) 과정 후 수용액에 들어 있는  $C^{+}$ 수의 4배이다.

$C^{+}(aq)$  100mL에 들어 있는  $C^{+}$ 수는? (단, 음이온은 반응하지 않으며, a, b는 3이하의 자연수이다.)

- ① 14N    ② 15N    ③ 17N    ④ 18N    ⑤ 20N

<접근> 가장 간단한 풀이 : 용액의 총 전하량 보존

$A^{a+}(aq) + C^{+}(aq)$ 의 총 전하량 = (다) 용액  $A^{a+}(aq) + B^{b+}(aq) + C^{+}(aq)$ 의 총 전하량이 같다. 이것을 다시 정리하면  $A^{a+}(aq)$ 의 전하량은 같으므로  $C^{+}(aq)$ 의 총 전하량 = (다) 용액  $B^{b+}(aq) + C^{+}(aq)$ 이 된다. (가)와 (나) 용액에서 이온 수가 감소하였으므로  $B^{b+}(aq)$ 의 전하는 +3이다.

조건에서  $C^{+}(aq)$  100mL에 들어 있는  $C^{+}(aq)$ 수는 (다) 과정 후 수용액에 들어 있는  $C^{+}(aq)$ 수의 4배이다. (다)에서 넣어준  $C^{+}(aq)$ 의 총 전하량을  $4k$ 라고 하면, 남아있는  $C^{+}$ 의 전하량은  $k$ 가 된다. 따라서  $B^{3+}(aq)$ 의 전하량은  $3k$ 가 된다. 따라서  $B^{3+}(aq)$ 의 수와  $C^{+}(aq)$ 의 수는 1:1이 된다.

<기출 코멘트>

2. 다음은 분자 모형 제작을 통해 탄화수소 X와 Y의 다양한 구조를 알아보기 위한 탐구 활동이다.<sup>2)</sup>

[준비물]  
스타이로폼 공(검은공, 흰공), 이쑤시개

[제작 규칙]  
I. X와 Y의 분자 구조는 전자쌍 반발 이론을 따르고, 탄소 원자는 옥텟 규칙을 만족한다.  
II. 검은 공은 탄소 원자로, 흰 공은 수소 원자로, 이쑤시개 1개는 공유 전자 쌍 1개로 정한다.

[제작 과정]  
(가) 각 준비물을 표에 제시된 개수만큼 사용하여 X와 Y의 모형을 제작한다.

탄화 수소	모형 1개 제작에 필요한 준비물의 개수		
	이쑤시개	검은 공	흰 공
X	13	a	10
Y	6	b	c

(나) (가)에서 제작한 모형의 구조와 다른 구조가 존재한다면 (가)의 과정을 반복하여 다른 모형을 제작한다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

————— <보 기> —————

ㄱ.  $a+b+c=9$ 이다.  
 ㄴ. X의 가능한 구조는 2가지이다.  
 ㄷ. Y는 포화 탄화수소이다.

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

<접 근>

탄화 수소 결합선 수

① 탄화수소 알케인, 알켄, 알카인에서 공유결합선수를 3의 배수 관계로 구하는 방법

	탄소-탄소 결합선 수	탄소-수소 결합선 수	총 결합선 수
알케인( $C_nH_{2n+2}$ )	$n-1$	$2n+2$	$3n+1$
알켄( $C_nH_{2n}$ )	$n$	$2n$	$3n$
알카인( $C_nH_{2n-2}$ )	$n+1$	$2n-2$	$3n-1$

② 탄화수소  $C_mH_n$ 에서 탄소간 공유 결합선수를 구하는 방법 → 총결합선 수 =  $2m + \frac{n}{2}$

<접근 1>

①을 이용하여 풀기 : X는 총 결합선 수가 13고 알케인 일반식( $3n+1$ )인  $12+1$ 로 표현 할 수 있으므로  $n=4$ 이고  $C_4H_{10}$ 이다. 또한 흰공이 10개 필요하므로 수소가 10개 있으니 맞는 분자 식입니다.

<접근 2>

②을 이용하여 풀기 :  $2m + \frac{n}{2} = 13$   $4m + n = 26$  해당되는 (m, n) 조합은 (4, 10), (5, 6)이다. 그런

데 (5, 6)은 수소 수가 맞지 않으므로 (4, 10)  $C_4H_{10}$ 입니다.

따라서 전체 분자를 찾으려면 ②번식으로, 알케인, 알켄, 알카인에서 찾으려면 ①번식으로 이용하는 것이 좋습니다.

<오비탈 암기 부분>

※ 바닥상태에서의  $\frac{p\text{오비탈의 전자수}}{\text{전체 전자수}}$  정리

원소	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
$\frac{p\text{오비탈의 전자수}}{\text{전체 전자수}}$	0	0	$\frac{1}{5}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{3}{7}$	$\frac{4}{8}$	$\frac{5}{9}$	$\frac{6}{10}$
원소	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
$\frac{p\text{오비탈의 전자수}}{\text{전체 전자수}}$	$\frac{6}{11}$	$\frac{6}{12}$	$\frac{7}{13}$	$\frac{8}{14}$	$\frac{9}{15}$	$\frac{10}{16}$	$\frac{11}{17}$	$\frac{12}{18}$
원소	K	Ca						
$\frac{p\text{오비탈의 전자수}}{\text{전체 전자수}}$	$\frac{12}{19}$	$\frac{12}{20}$						

$\frac{p\text{오비탈의 전자수}}{\text{전체 전자수}}$  을 표현할 때, 상댓값으로 표현하기 쉬운 것들: B( $\frac{1}{5}$ ), C( $\frac{1}{3}$ ), O=Mg( $\frac{1}{2}$ ),

Ne=P=Ca( $\frac{3}{5}$ ), Ar( $\frac{2}{3}$ )

※ 바닥상태에서의  $\frac{\text{전자가 들어 있는 } p\text{오비탈 수}}{\text{전자가 들어 있는 } s\text{오비탈 수}}$  (=n) 정리 (괄호 값은 상댓값으로 표시한 것)

원소	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
n	0	0	$\frac{1}{2}$ (3)	$\frac{2}{2}$ (6)	$\frac{3}{2}$ (9)	$\frac{3}{2}$ (9)	$\frac{3}{2}$ (9)	$\frac{3}{2}$ (9)
원소	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
n	$\frac{3}{3}$ (6)	$\frac{3}{3}$ (6)	$\frac{4}{3}$ (8)	$\frac{5}{3}$ (10)	$\frac{6}{3}$ (12)	$\frac{6}{3}$ (12)	$\frac{6}{3}$ (12)	$\frac{6}{3}$ (12)
원소	K	Ca						
n	$\frac{6}{4}$ (9)	$\frac{6}{4}$ (9)						

<분자 구조 암기 부분>

\* 공유 전자쌍과 비공유 전자쌍의 비

공유:비 공유 =1:1	공유:비 공유 =1:3	공유: 비공유 =3:1	공유:비 공유 =1:4	공유:비 공유 =4:1	공유:비 공유 =2:1	공유:비 공유 =1:2	공유:비 공유 =5:2	공유:비 공유 =3:4
H <sub>2</sub> O FCN CO <sub>2</sub> HNO	HF BeF <sub>2</sub> CF <sub>4</sub> BF <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	OF <sub>2</sub>	HCN	N <sub>2</sub> H <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> O	CF <sub>2</sub> O NOF C <sub>2</sub> F <sub>4</sub> N <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>

<내분점 적용: 알짜 이온의 단위 부피당 이온 수에만 적용된다.>

I. 내분점으로 부피 구하기 : (단위 부피당 이온 수의 차이는 부피에 반비례이다.)

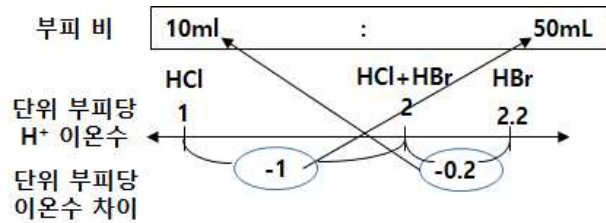
(알짜 이온의 단위 부피당 이온수일 때,  $H^+=+$ ,  $OH^-=-$ 로 표시)

증명 1)

	Ⓐ HCl	Ⓐ+Ⓑ $H^+$	Ⓑ HBr
농도( $\frac{H^+ \text{ 이온수}}{\text{용액 부피}}$ ) =단위 부피당 이온 수	$\frac{b}{amL}$	$\frac{y+b}{a+xmL}$	$\frac{y}{xmL}$
농도 차이 비 = 단위 부피 당 이온수 차이 = 부피 비에 반비례	$\text{Ⓐ} - (\text{Ⓐ} + \text{Ⓑ}) = \frac{bx - ay}{a(a+x)} \quad : \quad (\text{Ⓐ} + \text{Ⓑ}) - \text{Ⓑ} = \frac{bx - ay}{x(a+x)}$ $= x : a$		

예 1)

	HCl	$H^+$	HBr
단위 부피당 이온 수	1	2	2.2
농도( $\frac{H^+}{\text{용액 부피}}$ )	$\frac{1}{10mL}$	$\frac{12}{60mL}$	$\frac{11}{50mL}$



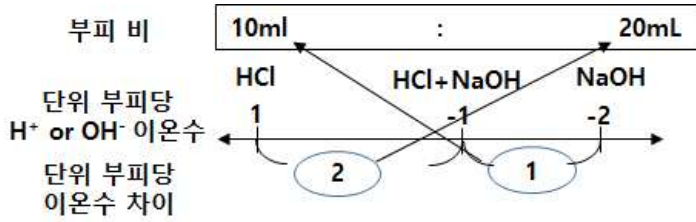
위 그림에서 단위 부피당 이온 수 차이는 1:0.2이므로 부피에 반비례이므로 HCl이 10mL라면 HBr은 50mL가 됩니다.

증명 2)

	Ⓐ HCl	Ⓐ+Ⓑ $H^+$	Ⓑ NaOH
농도( $\frac{H^+ \text{ or } OH^- \text{ 이온수}}{\text{용액 부피}}$ ) =단위 부피당 이온 수	$\frac{b}{amL}$	$\frac{b-y}{a+xmL}$	$-\frac{y}{xmL}$
농도 차이 비 = 단위 부피 당 이온수 차이 = 부피 비에 반비례	$\text{Ⓐ} - (\text{Ⓐ} + \text{Ⓑ}) = \frac{bx + ay}{a(a+x)} \quad : \quad (\text{Ⓐ} + \text{Ⓑ}) - \text{Ⓑ} = \frac{bx + ay}{x(a+x)}$ $= x : a$		

예 2) 주의) 산성의 H<sup>+</sup>이온 수는 +로 염기성의 OH<sup>-</sup>이온 수는 -로 표시할 것

	HCl	OH <sup>-</sup>	NaOH
단위 부피당 이온 수	1	-1	-2
농도 ( $\frac{H^+ \text{ or } OH^- \text{ 이온수}}{\text{용액부피}}$ )	$\frac{1}{10mL}$	$\frac{-3}{30mL}$	$\frac{-4}{20mL}$



단위 부피당 이온 수 차이는 2:1이므로 부피에 반비례하므로 HCl이 10mL라면 NaOH은 20mL가 됩니다.

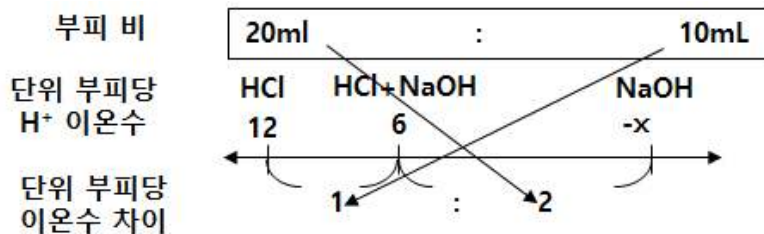
예 3) 용액의 종류가 3종류 이상이어도 반복하면 됩니다.

다음 그림은 용액 I HCl(aq) 20mL에 NaOH(aq) 10mL를 첨가하여 용액 II를 만든 후 KOH(aq) 10mL를 첨가하여 용액 III을 만든 것이다.

실험			
용액	용액 I (HCl)	용액 II (HCl+NaOH)	용액 III (HCl+NaOH+KOH)
단위 부피당 H <sup>+</sup> 이온 수	12	6	4

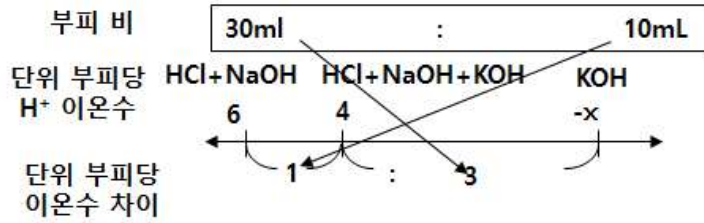
HCl(aq):NaOH(aq):KOH(aq)의 단위 부피당 이온 수비를 구하시오.

1. 먼저 NaOH의 단위 부피당 이온 수를 구해봅시다. 주의: (가)와 (나)의 HCl의 실제 부피가 같아 내분을 사용할 수 있습니다.)



(가)에서 20mL HCl의 단위 부피당 이온 수가 12H<sup>+</sup>이고 (나)에서 혼합 용액의 단위 부피당 이온 수가 6H<sup>+</sup>이므로 내분 표시로 정리하면 위와 같이 됩니다. HCl과 NaOH의 부피 비가 2:1이므로 단위 부피당 이온 수의 차이는 1:2가되고 x=-6입니다. 따라서 단위 부피당 이온 수의 비는 HCl:NaOH=2:1입니다.

2. 혼합 용액을 그대로 가져와 반복해서 내분을 이용합니다. 주의 : (나)에서 HCl과 NaOH의 부피가 그대로 (다)에서 사용되어서 내분을 사용할 수 있습니다.



(나)에서 HCl과 NaOH 혼합 용액의 총 부피는 30이고 KOH의 부피는 10mL이므로 단위 부피당 이온 수의 차이는 1:3이되고 x=-2입니다. 따라서 단위 부피당 이온 수는 HCl:NaOH:KOH=6:3:1 이처럼 혼합 용액에도 적용되는데 부피나 단위 부피가 숫자로 표현된 경우는 그냥 계산해도 크게 시간 차이가 없을 수도 있지만 문자로 표시된 경우는 훨씬 빠르게 계산할 수 있습니다. 실제 평가원 문제에 적용해 봅시다.

이제는 기출 문제에 적용해 봅시다.

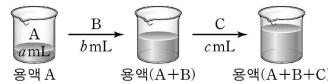
<기출 코멘트>

- 다음은 수용액 A~C와 관련된 실험이다. A~C는 각각 HCl(aq), HBr(aq), NaOH(aq) 중 하나이다.

[실험 과정]

(가) 수용액 A, B, C를 준비한다.

(나) (가)의 A amL를 비커에 넣고, B bmL와 C cmL를 차례로 혼합한다.

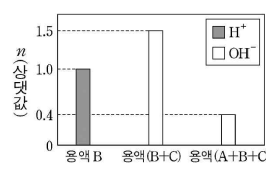
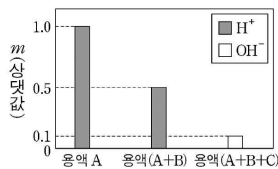


(다) (가)의 B bmL를 비커에 넣고, C cmL와 A amL를 차례로 혼합한다.

(라) (가)의 C cmL를 비커에 넣고, A amL를 혼합한다.

[실험 결과]

- (나)에서 각 용액의 단위 부피 당 H<sup>+</sup> 또는 OH<sup>-</sup>의 수(m)
- (다)에서 각 용액의 단위 부피 당 H<sup>+</sup> 또는 OH<sup>-</sup>의 수(n)



○ (라)의 결과

구분	용액 C	용액(A+C)
단위 부피당 H <sup>+</sup> 또는 OH <sup>-</sup> 의 수 (상댓값)	1	x

x는? (단, 혼합 후 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같다.)

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

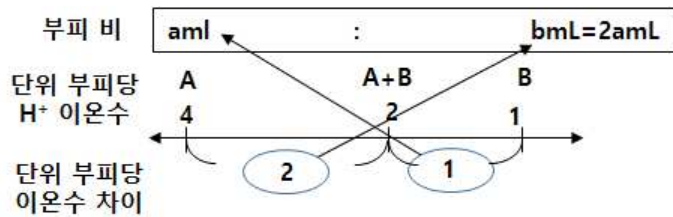
<집 근>

(나)의 A+B+C와 (다)의 A+B+C를 같게 만들면 단위 부피당 이온 수는 다음과 같다.

	A(H <sup>+</sup> )	B(H <sup>+</sup> )	A+B(H <sup>+</sup> )	B+C(OH <sup>-</sup> )	A+B+C(OH <sup>-</sup> )
단위 부피당 이온 수	4	1	2	-1.5	-0.4

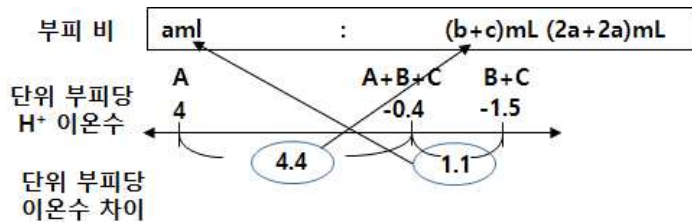
다음의 순서에 의해서 x를 구할 수 있다.

1. b의 부피를 구합니다.



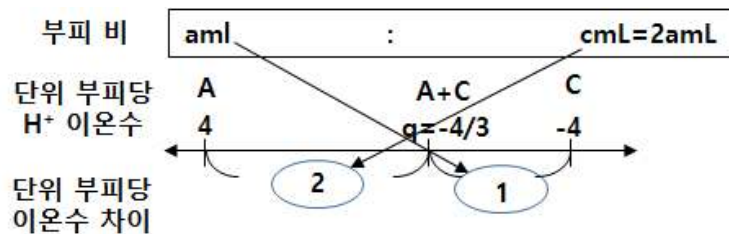
단위 부피당 이온 수 차이는 2:1이고 부피에 반비례하므로  $b\text{mL}=2a\text{mL}$ 가 되고 용액 B는 단위 부피가 1이므로  $b\text{mL}$ 에 H<sup>+</sup>가 b개 있게 됩니다.

2. C의 부피 c를 구합니다.



단위 부피당 이온 수 차이가 4:1이므로 부피가  $a\text{mL}:(b+c)\text{mL}=1:4$ 가 되어  $(b+c)\text{mL}=4a\text{mL}$ 이고 총 실제 이온 수를  $k$ 라고하면 단위 부피당 이온 수는  $\frac{k}{4a\text{mL}}=1.5$   $k=6a\text{OH}^-$ 입니다. 그런데  $b\text{mL}=2a\text{mL}$  (H<sup>+</sup> 2b개)이므로  $c=2a\text{mL}$ 가 되고  $8a\text{OH}^-$ 가 되어야 혼합 시 전체는  $6a\text{OH}^-$ 가 됩니다. 따라서 C의 단위 부피당 OH<sup>-</sup>의 수는 4가 됩니다.

3. A와 C의 단위 부피당 이온 수 차이를 구합니다.



A와 C의 단위 부피당 이온 수 차이는 부피에 반비례하므로 2:1이 됩니다. 따라서 단위 부피당 A와 C가 이온 수는 같지만 부피가 C가 더 크므로 염기성이 되고 4와 -4를 내분하는 값인  $q$ 는  $-\frac{4}{3}$ 가 됩니다. 따라서 C와 A+C의 단위 부피당 이온 수의 비는  $4:\frac{4}{3}$ 인데 상댓값이



므로  $1:\frac{1}{3}$  이 됩니다.

1) ④

(가)와 (나)에서 총 (+)전하량은 같아야 하므로  $a:b=2:3$ 이다. 따라서  $A^{2+}$ ,  $B^{3+}$ 이다. (나)에  $C^+$ 을 넣어주었을 때  $A^{2+}$ 이 다시 생성되고 반응 후 비커에 들어 있는 금속은 1가지이므로 넣어준  $C^+$ 이 A를  $A^{2+}$ 으로 산화시켰으며, 비커에 C가 남아 있음을 알 수 있다. 따라서 (다)에서  $A^{2+}$ 수는  $6N$ 이다. (다) 이후 수용액에 남아 있는  $C^+$  수를  $xN$ 이라고 하면,  $B^{3+}$  수는  $(9-x)N$ 이다. (다)에서 반응 전 총 (+)전하량은  $12N+4xN$ 이고, 반응 후 총 (+)전하량은  $12N+3(9-x)N+xN$ 이며, 반응 전후 총(+전하량은 일정해야 하므로  $x=4.5(N)$ 이다.  $C^+(aq)$  100mL에 들어 있는  $C^+$  수는 (다) 이후 수용액에 남아 있는  $C^+$  수( $x$ )의 4배이므로  $4.5N \times 4 = 18N$ 이다.

2) ②

이쑤시개 1개는 공유결합 1개를 의미하고 H 원자는 1개의 공유 결합을 이루므로 이쑤시개에서 H 원자 수를 뺀 값은 탄소 원자 사이에 이루고 있는 공유 결합 수와 같다. 탄화수소 X에는 이쑤시개(공유 결합) 13개와 흰공(H 원자) 10개가 있으므로 탄소 원자 사이의 공유 결합 수는 3개이다. 예측 가능한 탄화수소 X의 분자식은  $C_4H_{10}$ 이다. 탄화수소 Y에는 이쑤시개(공유 결합) 6개가 있으므로 예측 가능한 탄화수소 Y의 분자식은  $C_2H_4$ 이다. 따라서  $a=4$ ,  $b=2c=4$ 이다.

ㄴ. X의 가능한 구조는 2가지이다.

3) ④ 실험 (나)와 (다)에서 용액(A+B+C)의 총 부피와 수용액에 존재하는  $OH^-$  수는 같으므로, (나)와 (다)에서의 단위 부피당  $OH^-$  수도 같다. 실험 결과에서 용액(A+B+C)의 단위 부피당  $OH^-$  수가 (나)와 (다)에서 다르므로, 이를 (다)의 실험 결과인 0.4로 맞추면 혼합 전 A a mL와 B b mL에 각각 들어 있는 단위 부피당  $H^+$  수는 각각 4.0, 1.0이므로, 단위 부피당  $H^+$  수를  $4N$ ,  $N$ 이라고 가정하면, A a mL에 들어 있는  $H^+$  수는  $4Na$ , B b mL에 들어 있는  $H^+$  수는  $Nb$ 이다. (나)에서 용액 A와 용액(A+B)의 단위 부피당 양이온 수 비는  $2:1=4N:\frac{(4Na+Nb)}{a+b}$ 이고 이 식을 풀면  $2a=b$ 이다. 따라서 B b mL에 들어 있는  $H^+$  수는  $Nb=2Na$ 이다.

또한 용액 C에 존재하는  $OH^-$  수를  $y$ 라고 할 때, (다)에서 용액(B+C)에 존재하는  $OH^-$  수는  $y-2Na$ 이고, 용액(A+B+C)에 존재하는  $OH^-$  수는  $y-6Na$ 이다. (다)에서 각 용액의 단위 부피당 이온 수 비는 용액B:용액(B+C):용액(A+B+C) =  $N:\frac{y-2Na}{2a+c}=\frac{y-6Na}{3a+c}=1:1.5:0.4$ 이므로 이 식을 풀면  $2a=c$ 이고,  $y=8Na$ 이다.

따라서 용액 A a mL에는  $H^+$   $4Na$ , 용액 C c mL에는  $OH^-$   $8Na$ 가 존재하므로 (라)에서 단위 부피당 이온 수 비를 구하면 용액 C:용액(A+c) =  $\frac{8Na}{2a}:\frac{4Na}{3a}=1:\frac{1}{3}$ 이고,  $x=\frac{1}{3}$ 이다.