

내분점 적용: 알짜 이온의 단위 부피당 이온 수에만 적용된다.>

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

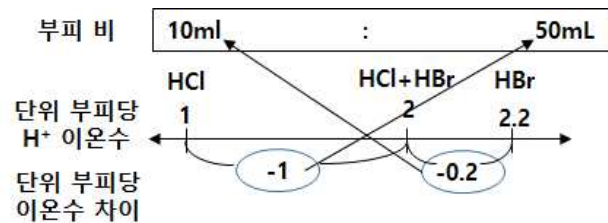
(알짜 이온의 단위 부피당 이온수일 때, $H^+=+$, $OH^-=-$ 로 표시)

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($\frac{H^+}{\text{용액 부피}}$)	$\frac{1}{10mL}$	$\frac{12}{60mL}$	$\frac{11}{50mL}$



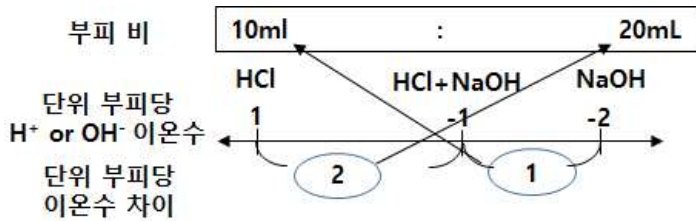
위 그림에서 단위 부피당 이온 수 차이는 1:0.2이므로 부피에 반비례이므로 HCl이 10mL라면 HBr은 50mL가 됩니다.

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	$\text{Ⓐ} - (\text{Ⓐ} + \text{Ⓑ}) = \frac{bx + ay}{a(a+x)} \quad : \quad (\text{Ⓐ} + \text{Ⓑ}) - \text{Ⓑ} = \frac{bx + ay}{x(a+x)}$		

예 2) 주의) 산성의 H⁺이온 수는 +로 염기성의 OH⁻이온 수는 -로 표시할 것

	HCl	OH ⁻	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.

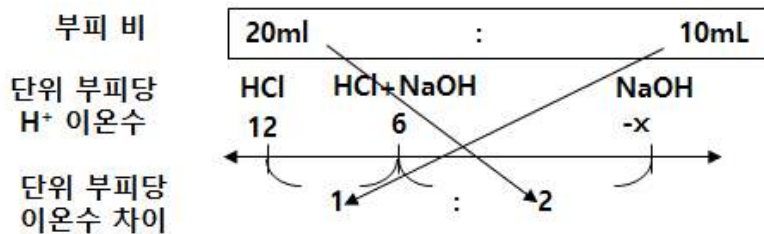
예 3) 용액의 종류가 3종류 이상이어도 반복하면 됩니다.

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 ⁺ 이온 수	12	6	4

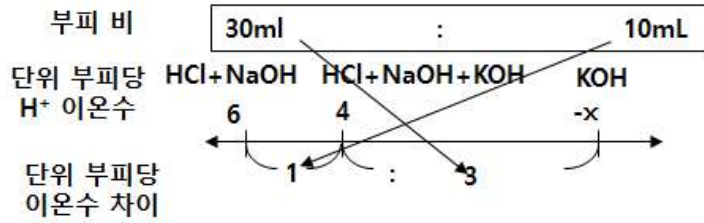
HCl(aq):NaOH(aq):KOH(aq)의 단위 부피당 이온 수비를 구하시오.

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



(가)에서 20mL HCl의 단위 부피당 이온 수가 12H⁺이고 (나)에서 혼합 용액의 단위 부피당 이온 수가 6H⁺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 $x=-2$ 입니다. 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.

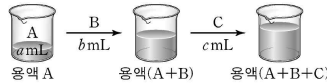
<기출 코멘트>

1. 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 a mL를 비커에 넣고, B b mL와 C c mL를 차례로 혼합한다.

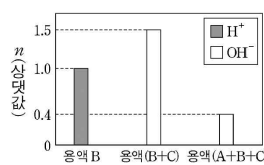
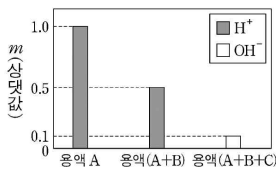


(다) (가)의 B b mL를 비커에 넣고, C c mL와 A a mL를 차례로 혼합한다.

(라) (가)의 C c mL를 비커에 넣고, A a mL를 혼합한다.

[실험 결과]

- (나)에서 각 용액의 단위 부피 당 H^+ 또는 OH^- 의 수(m)
- (다)에서 각 용액의 단위 부피 당 H^+ 또는 OH^- 의 수(n)



○ (라)의 결과

구분	용액 C	용액(A+C)
단위 부피당 H^+ 또는 OH^- 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 $\frac{1}{4}$

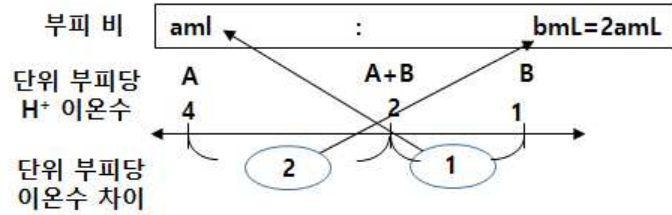
<접 근>

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

	A(H ⁺)	B(H ⁺)	A+B(H ⁺)	B+C(OH ⁻)	A+B+C(OH ⁻)
단위 부피당 이온 수	4	1	2	-1.5	-0.4

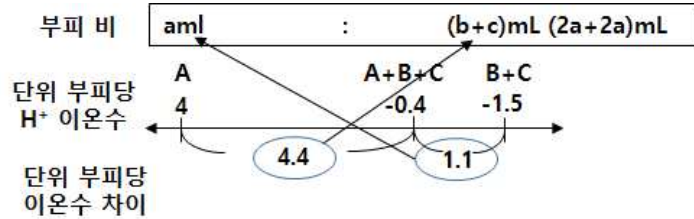
다음의 순서에 의해서 x를 구할 수 있다.

1. b의 부피를 구합니다.



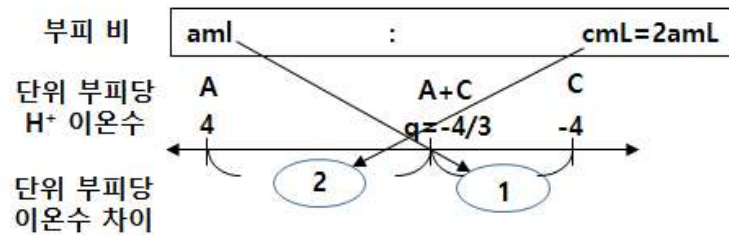
단위 부피당 이온 수 차이는 2:1이고 부피에 반비례하므로 $b\text{mL} = 2a\text{mL}$ 가 되고 용액 B는 단위 부피가 1이므로 $b\text{mL}$ 에 H⁺가 b개 있게 됩니다.

2. C의 부피 c를 구합니다.



단위 부피당 이온수 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 라고 하면 단위 부피당 이온 수는 $\frac{k}{4a\text{mL}} = 1.5$ $k = 6a\text{OH}^-$ 입니다. 그런데 $b\text{mL} = 2a\text{mL}$ (H⁺ 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⁻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 $q = -\frac{4}{3}$ 가 됩니다. 따라서 C와 A+C의 단위 부피당 이온 수의 비는 $4 : \frac{4}{3}$ 인데 상댓값이므로 $1 : \frac{1}{3}$ 이 됩니다.

해설

1) 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 결과 1에서 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, N이라고 가정하면, A a mL에 들어 있는 H^+ 수는 4Na, B b mL에 들어 있는 H^+ 수는 Nb이다. (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 y라고 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^- 8Na가 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.