



산 염기와 중화 반응

차례

Part 1 · 개념 정리	1
산과 염기의 정의	1
중화 반응	3
중화 반응에서의 양적 관계	4
중화 적정	9
Part 2 · 기본문제	13
Part 3 · 심화문제	16
Part 4 · 정답과 해설	23
개념 체크 정답	23
기본문제 해설	24
심화문제 해설	26

Part 1 · 개념 정리

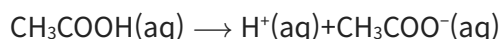
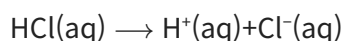
1 산과 염기의 정의

(1) 아레니우스 정의

① **아레니우스 정의**: 산과 염기가 물에 녹아서 이온화하는 것을 근거로 한 정의이다.

• **산**: 수용액에서 수소 이온(H^+)을 내놓는 물질

예 HBr , HF , HNO_3 , H_2SO_4 등



• **염기**: 수용액에서 수산화 이온(OH^-)을 내놓는 물질

예 $LiOH$, KOH , $Ba(OH)_2$ 등



② **아레니우스 산 염기 정의의 한계**: H^+ 을 내놓지 않는 산 또는 OH^- 을 내놓지 않는 염기는 설명할 수 없고, 수용액 상태가 아닌 경우에도 적용할 수 없다.

(2) 브뢴스테드-로리 정의

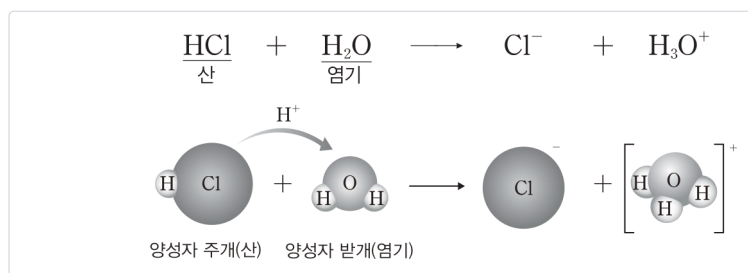
① **브뢴스테드-로리 정의**: 아레니우스 정의보다 확장된 개념이다.

• **산**: 양성자(H^+)를 주는 물질 $\Rightarrow$ 양성자 주개

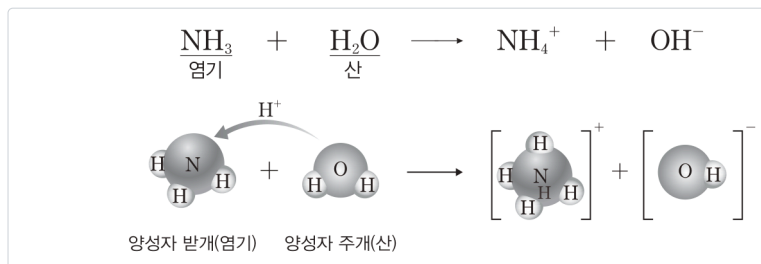
• **염기**: 양성자(H^+)를 받는 물질 $\Rightarrow$ 양성자 받개

핵심 정리 수소 이온과 양성자 — 질량수가 1인 수소 원자(^1H)는 양성자 1개와 전자 1개로 구성되어 있다. 따라서 전자 1개를 잃고 형성되는 수소 이온(H^+)은 양성자이다.

② HCl 수용액에서 브뢴스테드-로리 산과 염기



• HCl는 H_2O 에게 양성자(H^+)를 주므로 브뢴스테드-로리 산이고, H_2O 은 HCl로부터 양성자(H^+)를 받으므로 브뢴스테드-로리 염기이다.

③ NH₃ 수용액에서 브뢴스테드·로리 산과 염기

• H₂O은 NH₃에게 양성자(H⁺)를 주므로 브뢴스테드·로리 산이고, NH₃는 H₂O로부터 양성자(H⁺)를 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

개념 체크 A

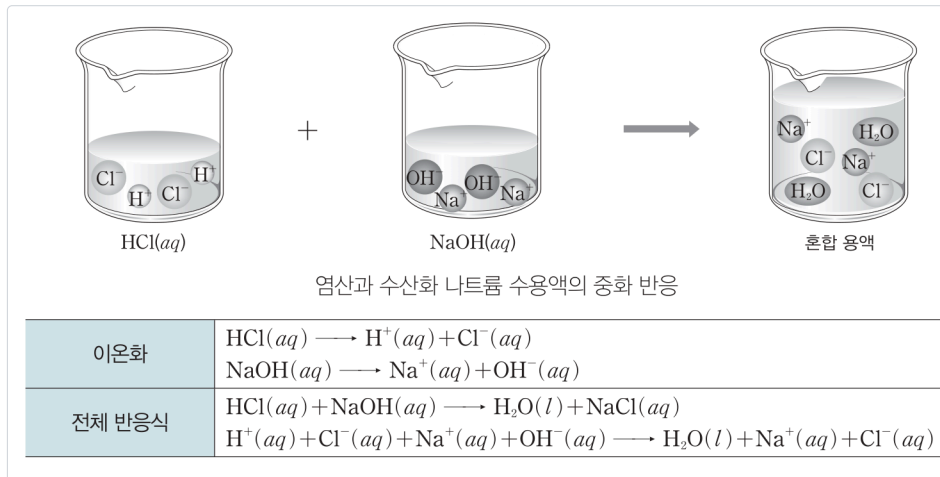
빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하십시오. (정답은 교재 말미 해설)

1. 브뢴스테드·로리 정의에 의하면 산 염기 반응에서 염기는 _____ 를 받는 물질이다.
2. HCl가 H₂O과 반응할 때 HCl는 H₂O에게 양성자(H⁺)를 주므로 브뢴스테드·로리 _____ 이고, H₂O은 HCl로부터 양성자(H⁺)를 받으므로 브뢴스테드·로리 _____ 이다.
3. CH₃COOH(aq)+H₂O(l) → CH₃COO⁻(aq)+H₃O⁺(aq) 반응에서 CH₃COOH은 양성자(H⁺)를 H₂O에게 준다. ()
4. 위 반응에서 H₂O은 브뢴스테드·로리 염기이다. ()

2 중화 반응

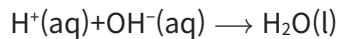
(1) 중화 반응

- ① 중화 반응은 수용액에서 **산과 염기가 반응하여 물이 생성되는 반응**이다.
- ② 염화 수소(HCl)와 수산화 나트륨(NaOH)은 각각의 수용액에서 이온화하여 양이온과 음이온으로 존재하고, 두 수용액을 혼합하면 수소 이온(H^+)과 수산화 이온(OH^-)이 반응하여 물(H_2O)이 된다.



(2) 중화 반응의 알짜 이온 반응식

- ① **구경꾼 이온**: 화학 반응에서 반응에 참여하지 않고 반응 후에도 용액에 그대로 남아 있는 이온을 말한다. HCl(aq)과 NaOH(aq)의 반응에서 Na^+ 과 Cl^- 의 수는 반응 전과 후에 변화가 없으므로 Na^+ 과 Cl^- 은 구경꾼 이온이다.
- ② **알짜 이온 반응식**: 화학 반응에서 구경꾼 이온을 제외하고 실제 반응에 참여한 이온으로만 나타낸 반응식이다. H^+ 과 OH^- 이 반응하여 물을 생성하는 중화 반응의 알짜 이온 반응식은 다음과 같다.



핵심 정리 중화 반응은 수용액에서 산과 염기가 반응하여 물이 생성되는 반응이고, 알짜 이온 반응식은 화학 반응에서 실제 반응에 참여한 이온으로만 나타낸 반응식이다.

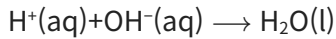
개념 체크 B 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

- 수용액에서 산과 염기가 중화 반응하면 _____ 이 생성된다.
- HCl(aq)과 NaOH(aq)의 반응에서 구경꾼 이온은 _____ 과 _____ 이다.
- HCl(aq)과 NaOH(aq)의 반응에서 알짜 이온 반응식을 쓰시오.

3 중화 반응에서의 양적 관계

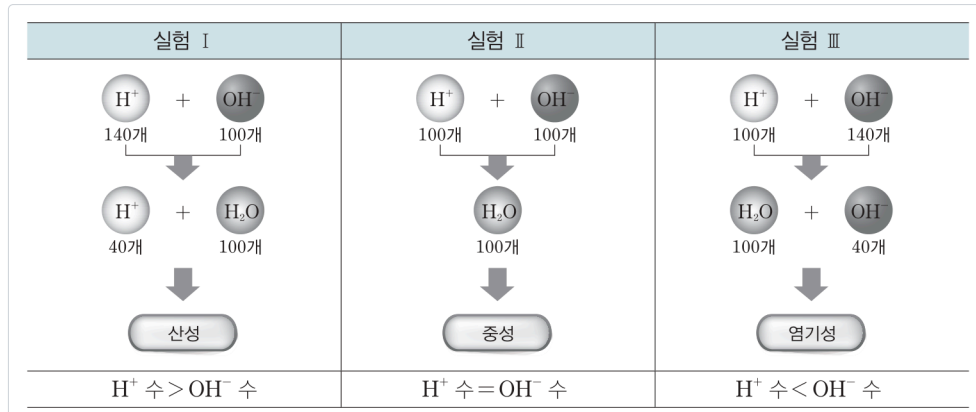
(1) 중화 반응에서의 이온 수와 혼합 용액의 액성

① 산과 염기 수용액을 혼합하면 H^+ 과 OH^- 이 1 : 1의 몰비로 반응하여 물이 된다.



② 일반적으로 중화 반응의 양적 관계를 다룰 때 물의 자동 이온화는 고려하지 않는다. 산의 H^+ 과 염기의 OH^- 의 양에 비해 물의 자동 이온화에 의한 H^+ 과 OH^- 의 양은 무시할 정도로 적기 때문이다.

③ 혼합 전 산과 염기 수용액에 있는 H^+ 과 OH^- 중 중화 반응이 완결된 후 남은 이온의 종류에 의해 혼합 용액의 액성이 결정된다.

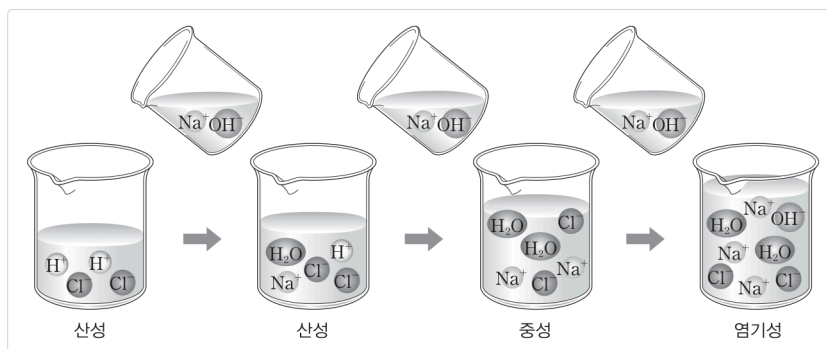


핵심 정리 산과 염기 수용액을 혼합하면 H^+ 과 OH^- 이 1 : 1의 몰비로 반응한다.

개념 체크 C 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하십시오. (정답은 교재 말미 해설)

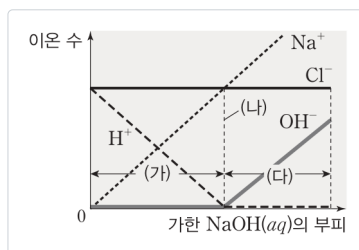
- 중화 반응에서 H^+ 과 OH^- 은 _____ : _____의 몰비로 반응하여 물을 생성한다.
- 산 수용액과 염기 수용액을 혼합할 때 H^+ 수가 OH^- 수보다 많은 경우 혼합 용액은 _____을 띈다.

④ **혼합 용액의 액성**: 일정한 양의 HCl(aq) 에 NaOH(aq) 을 조금씩 가할 경우, 넣어 준 NaOH(aq) 의 양에 따라 혼합 용액의 액성이 달라진다.



⑤ **중화 반응에서의 이온 수 변화**: 중화 반응은 H^+ 과 OH^- 이 반응하여 물을 생성하는 반응으로 산 수용액에 염기 수용액을 가하거나 염기 수용액에 산 수용액을 가하여 반응시킬 때 이온 수의 변화가 생긴다.

• HCl(aq) 이 들어 있는 비커에 NaOH(aq) 을 가하여 반응시킬 때 Na^+ 과 Cl^- 은 구경꾼 이온이므로 비커에 들어 있던 Cl^- 수는 일정하게 유지되지만 가하는 용액에 들어 있는 Na^+ 수는 계속 증가한다.



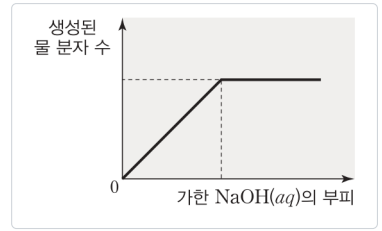
• (가) 구간은 비커에 들어 있던 H^+ 이 가해 준 OH^- 과 반응하여 H^+ 수가 감소하는 구간으로 반응하여 없어지는 H^+ 수만큼 Na^+ 이 가해지기 때문에 **전체 이온 수는 일정하게 유지된다**.

• (나)는 비커에 들어 있던 H^+ 과 같은 수의 OH^- 을 가한 지점으로 모든 H^+ 과 OH^- 이 반응하여 물이 된 지점이다. 이때 H^+ 과 같은 수의 OH^- 이 가해졌으므로 Cl^- 수와 Na^+ 수는 같다.

• (다) 구간은 H^+ 이 모두 반응하였고, 계속하여 OH^- 이 가해지는 구간으로 더 이상 반응이 일어나지 않으므로 Na^+ 수, OH^- 수, 전체 이온 수는 계속 증가한다.

• 혼합 용액의 액성은 (가) 구간에서 **산성**, (나)에서 **중성**, (다) 구간에서 **염기성**이다.

⑥ **중화 반응으로 생성되는 물 분자 수**: HCl(aq) 이 들어 있는 비커에 NaOH(aq) 을 가하면 $\text{H}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{H}_2\text{O(l)}$ 의 중화 반응이 일어나므로 물이 생성된다. H^+ 이 존재하는 동안에는 가하는 NaOH(aq) 의 부피에 비례하여 생성된 물 분자 수도 증가한다. 이때 중화 반응하는 H^+ 수와 OH^- 수, 생성된 물 분자 수의 비는 1 : 1 : 1이다. 그러나 완전히 중화된 이후에는 NaOH(aq) 을 더 가하더라도 생성된 물 분자 수의 변화는 없다.



핵심 정리 반응한 H^+ 수 = 반응한 OH^- 수 = 생성된 물 분자 수 ($\text{H}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{H}_2\text{O(l)}$)

개념 체크 D 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

1. 일정량의 HCl(aq) 에 NaOH(aq) 을 가할 때 완전히 중화될 때까지 H^+ 의 수는 _____ 하고, Cl^- 의 수는 _____ 하다.
2. 일정량의 HCl(aq) 에 NaOH(aq) 을 가할 때, 중화점에 도달하기 전까지 혼합 용액에 가장 많이 존재하는 이온은 _____ 이다.
3. HCl(aq) 과 NaOH(aq) 의 혼합 용액이 염기성일 때 Na^+ 의 수와 Cl^- 의 수가 같다. ()

(2) 중화 반응에서의 양적 관계

① **H^+ 과 OH^- 의 양적 관계**: H^+ 과 OH^- 은 1 : 1의 몰비로 반응한다.

⇒ 반응한 산이 내놓는 H^+ 의 양(mol)과 반응한 염기가 내놓는 OH^- 의 양(mol)은 같다.

② **중화점에서 반응한 산과 염기의 가수, 용액의 몰 농도, 부피의 관계**

$$nMV = n'M'V'$$

n, n' : 산, 염기의 가수

M, M' : 산, 염기 수용액의 몰 농도

V, V' : 산, 염기 수용액의 부피

• **산과 염기의 가수**: 산 또는 염기 1 mol이 최대로 내놓을 수 있는 H^+ 또는 OH^- 의 양(mol)에 해당하는 수이다.

산		염기	
1가 산	$\text{HCl}, \text{CH}_3\text{COOH}$	1가 염기	NaOH, KOH
2가 산	$\text{H}_2\text{SO}_4, \text{H}_2\text{CO}_3$	2가 염기	$\text{Ca(OH)}_2, \text{Ba(OH)}_2$
3가 산	H_3PO_4	3가 염기	Al(OH)_3

• 반응한 산 또는 염기 수용액의 몰 농도(M)와 부피(L)의 곱은 반응한 산 또는 염기의 양(mol)이다($MV, M'V'$).

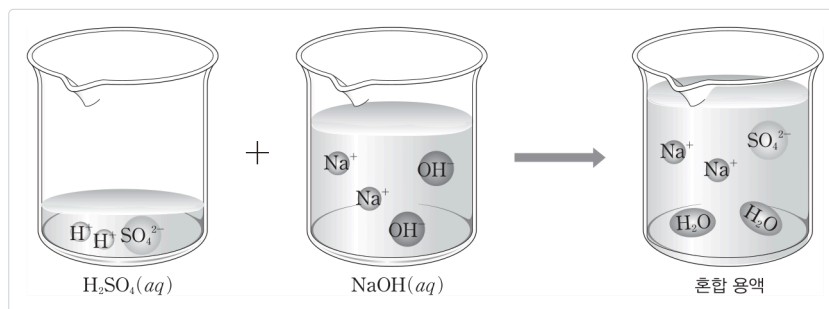
• 반응한 산 또는 염기의 가수, 수용액의 몰 농도(M), 부피(L)의 곱은 반응한 산 또는 염기가 내놓는 H^+ 또는 OH^- 의 양(mol)이다($nMV, n'M'V'$).

• 반응한 산이 내놓는 H^+ 의 양(mol)과 반응한 염기가 내놓는 OH^- 의 양(mol)은 같으므로 $nMV = n'M'V'$ 이다.

핵심 정리 중화 반응에서의 양적 관계: $nMV = n'M'V'$ (n, n' : 산, 염기의 가수, M, M' : 산, 염기 수용액의 몰 농도(M), V, V' : 산, 염기 수용액의 부피(L))

③ 중화 반응에서의 양적 관계($nMV = n'M'V'$)

예 1 M $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ 100 mL에 들어 있는 H_2SO_4 과 0.5 M $\text{NaOH}(\text{aq})$ 400 mL에 들어 있는 NaOH 이 모두 반응한 경우



• 화학 반응식: $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + 2\text{NaOH}(\text{aq}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq})$

• 양적 관계 해석

산, 염기 수용액	$\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$	$\text{NaOH}(\text{aq})$
산, 염기의 가수(n, n')	2	1
산, 염기 수용액의 몰 농도(M)(M, M')	1	0.5
산, 염기 수용액의 부피(L)(V, V')	0.1	0.4
반응한 산, 염기의 양(mol)($MV, M'V'$)	0.1	0.2
반응한 산, 염기가 내놓는 H^+, OH^- 의 양(mol)($nMV, n'M'V'$)	0.2	0.2

⇒ 반응한 H_2SO_4 이 내놓는 H^+ 의 양과 반응한 NaOH 이 내놓는 OH^- 의 양은 0.2 mol로 서로 같다.

개념 체크 E 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

1. H_2SO_4 은 _____ 가 산이고, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 은 _____ 가 염기이다.
2. 중화 반응에서 산이 2가 산일 경우 반응한 산이 내놓는 H^+ 의 양(mol)은 반응한 산의 양(mol)의 _____ 배이다.
3. 0.5 M $\text{HCl}(\text{aq})$ 100 mL와 0.1 M $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq})$ 200 mL를 혼합한 용액의 액성은 _____ 이다.

과학 돋보기

중화 반응에서 이온의 몰 농도(M)

표는 1 M HCl(aq) 10 mL가 들어 있는 비커에 0.5 M NaOH(aq)을 가할 때 가한 NaOH(aq)의 부피에 따른 혼합 용액에 존재하는 이온의 몰 농도(M)에 대한 자료이다. 중화 반응에서의 양적 관계에 의해 1 M HCl(aq) 10 mL를 완전히 중화시키기 위해 필요한 0.5 M NaOH(aq)의 부피는 20 mL이다. (단, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같고, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

가한 NaOH(aq)의 부피(mL)	이온의 몰 농도(M)			
	H ⁺	Cl ⁻	Na ⁺	OH ⁻
0	1	1	0	0
10	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	0
20	0	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	0
30	0	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{8}$

(1) 0.5 M NaOH(aq) 10 mL를 넣었을 때

- H⁺ : 처음 H⁺의 $\frac{1}{2}$ 배가 중화 반응에 의해 소모되고, 용액의 부피는 2배가 되므로 $\frac{1}{4} (= 1 \times \frac{1}{2} \times \frac{10}{10+10})$ M이다.
- Cl⁻ : 용액의 부피는 2배가 되므로 $\frac{1}{2} (= 1 \times \frac{10}{10+10})$ M이다.
- Na⁺ : 용액의 부피는 2배가 되므로 $\frac{1}{4} (= 0.5 \times \frac{10}{10+10})$ M이다.

(2) 0.5 M NaOH(aq) 20 mL를 넣었을 때

- Cl⁻ : 용액의 부피는 3배가 되므로 $\frac{1}{3} (= 1 \times \frac{10}{10+20})$ M이다.
- Na⁺ : 용액의 부피는 $\frac{3}{2}$ 배가 되므로 $\frac{1}{3} (= 0.5 \times \frac{20}{20+10})$ M이다.

(3) 0.5 M NaOH(aq) 30 mL를 넣었을 때

- Cl⁻ : 용액의 부피는 4배가 되므로 $\frac{1}{4} (= 1 \times \frac{10}{10+30})$ M이다.
- Na⁺ : 용액의 부피는 $\frac{4}{3}$ 배가 되므로 $\frac{3}{8} (= 0.5 \times \frac{30}{30+10})$ M이다.
- OH⁻ : 처음 OH⁻의 $\frac{2}{3}$ 배가 중화 반응에 의해 소모되고, 용액의 부피는 $\frac{4}{3}$ 배가 되므로 $\frac{1}{8} (= 0.5 \times \frac{1}{3} \times \frac{30}{30+10})$ M이다.

과학 돋보기 — 중화 반응에서 이온의 몰 농도(M)

4 중화 적정

(1) 중화 적정

농도를 모르는 산이나 염기의 농도를 중화 반응의 양적 관계($nMV = n'M'V'$)를 이용하여 알아내는 실험 방법이다. 이때 농도를 정확히 알고 있는 염기나 산 수용액이 사용되는데 이를 **표준 용액**이라고 한다.

① **중화점**: 중화 적정에서 반응한 산의 H^+ 의 양(mol)과 반응한 염기의 OH^- 의 양(mol)이 같아져 산과 염기가 완전히 중화되는 점을 중화점이라고 한다.

② 중화 적정에 사용되는 실험 기구

피펫	뷰렛	삼각 플라스크
		
액체의 부피를 정확히 취하여 옮길 때 사용한다.	가해지는 표준 용액의 부피를 측정할 때 사용한다.	농도를 알고자 하는 수용액을 담을 때 사용한다.

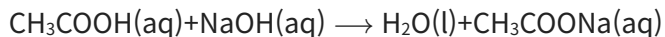
핵심 정리 중화 적정은 중화 반응을 이용하여 농도를 모르는 산이나 염기의 농도를 알아내는 실험 방법이다.

개념 체크 F 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

1. 중화 적정 실험에서 액체의 부피를 정확히 취하여 옮길 때 사용하는 기구는 _____ 이다.
2. 중화 적정 실험에서 가해지는 표준 용액의 부피를 측정할 때 사용하는 실험 기구는 _____ 이다.

(2) 중화 적정을 이용한 식초 속 아세트산 함량 구하기 실험 계획

① 중화 반응의 화학 반응식을 작성한다.



② 식초 속 CH_3COOH 함량을 구하기 위해 중화 적정의 양적 관계를 이해한다.

• $nMV = n'M'V'$ 의 관계를 이용한다.

$$nMV = n'M'V'$$

n, n' : CH_3COOH 과 NaOH 의 가수 $\Rightarrow$ 각각 1

M, M' : 식초 속 CH_3COOH 과 NaOH 표준 용액의 몰 농도

V, V' : 반응한 식초와 NaOH 표준 용액의 부피

• 식초의 밀도와 계산된 식초의 몰 농도를 이용하여 식초 속 CH_3COOH 의 함량(%)을 계산한다.

③ 실험 조건을 결정한다.

• 필요할 경우 임의의 조건으로 간단히 예비 실험을 실시한다.

• 표준 용액과 지시약의 종류를 결정한다.

예 표준 용액: $\text{NaOH}(\text{aq})$, 지시약: 페놀프탈레인 용액(염기성에서 붉은색)

• 표준 용액의 농도를 결정한다.

• 실험 기구 종류 및 크기와 사용할 시약의 양을 결정한다.

④ 준비물을 확인한다.

• **시약**: 식초, NaOH 표준 용액, 페놀프탈레인 용액, 물 등

• **실험 도구**: 비커, 피펫, 피펫 필러, 삼각 플라스크, 스포이트, 뷰렛, 뷰렛 집게, 스탠드, 깔때기, 실험복, 실험용 장갑, 보안경 등(지시약의 혼합을 위해 유리 막대, 자석 젓개와 자석 교반기 등을 사용할 수 있다.)

⑤ 자세한 실험 과정을 설계한다.

⑥ 실험 중 유의할 점을 확인한다.

• CH_3COOH 은 휘발성이 있기 때문에 식초의 뚜껑을 잘 닫아두어야 하고, 실험에 걸리는 시간을 가능한 한 짧게 하여 공기 중으로 날아가는 CH_3COOH 의 양을 최소화해야 한다.

• 표준 용액이 식초보다 농도가 너무 크면 정확한 중화점을 찾기가 어렵고, 표준 용액이 식초보다 농도가 너무 작으면 넣어 주어야 할 표준 용액의 양이 너무 커서 실험이 어려워진다.

• 뷰렛에 표준 용액을 넣은 후 일정량을 흘려주어 뷰렛 꼭지의 아랫부분을 표준 용액으로 채운 후에 표준 용액의 처음 부피를 측정해야 한다.

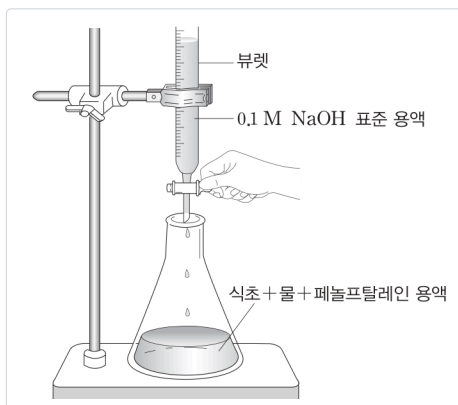
핵심 정리 식초 속 아세트산 함량 구하기 — 화학 반응식: $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) + \text{NaOH}(\text{aq}) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CH}_3\text{COONa}(\text{aq})$, 중화 반응에서의 양적 관계: $nMV = n'M'V'$

개념 체크 G 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

1. 식초 속 아세트산은 _____ 가 산이다.
2. 식초 속 아세트산을 $\text{NaOH}(\text{aq})$ 으로 중화 적정하기 위해 지시약으로 페놀프탈레인 용액을 사용하면 중화점을 지나면서 혼합 용액의 색깔이 무색에서 _____ 으로 변한다.

(3) 식초 속 아세트산 함량 구하기 실험 수행

- ① 피펫으로 식초 3 mL를 취하여 삼각 플라스크에 넣고 물을 넣어 30 mL가 되게 한 후 페놀프탈레인 용액을 2~3방울 떨어뜨린다.
- ② 깔때기를 이용해 뷰렛에 0.1 M NaOH 표준 용액을 넣고 꼭지를 잠시 열었다가 닫아 표준 용액을 조금 흘려주어 뷰렛 꼭지의 아랫부분을 표준 용액으로 채운다.
- ③ 뷰렛에 표준 용액을 채운 후 뷰렛의 눈금을 읽는다.
- ④ 그림과 같이 장치한 후 뷰렛 꼭지를 열어 0.1 M NaOH 표준 용액을 희석된 식초가 든 삼각 플라스크에 조금씩 떨어뜨려 쓰린다.



- ⑤ 삼각 플라스크 속 혼합 용액에 붉은색이 나타나면 삼각 플라스크를 흔들어 주면서 표준 용액을 한 방울씩 떨어뜨리고 혼합 용액 전체가 붉은색으로 변하는 순간 꼭지를 잠근 후 뷰렛의 눈금을 읽는다.

⇒ 식초를 희석시킨 용액 30 mL를 완전히 중화시키는 데 필요한 0.1 M NaOH 표준 용액의 부피(③과 ⑤에서 읽은 눈금의 차): 30 mL

⑥ 식초를 희석시킨 용액 속 CH_3COOH 의 몰 농도를 x M라고 하면, CH_3COOH 과 NaOH 이 각각 1가 산과 1가 염기이고, 반응한 CH_3COOH 이 내놓은 H^+ 의 양(mol)과 반응한 NaOH 이 내놓은 OH^- 의 양(mol)이 같으므로 $1 \times x \text{ M} \times 30 \text{ mL} = 1 \times 0.1 \text{ M} \times 30 \text{ mL}$ 이며 $x = 0.1$ 이다. 삼각 플라스크 속 용액은 식초를 10배 희석시킨 것이므로 식초 3 mL 속 CH_3COOH 의 몰 농도는 1 M이고, 식초 1 L에는 CH_3COOH 1 mol이 들어 있다.

⑦ 식초의 밀도를 1 g/mL라고 하면, 식초 1 L의 질량은 1000 g이다. CH_3COOH 의 분자량이 60이고 식초 속 CH_3COOH 의 몰 농도가 1 M이므로 식초 1000 g(=1 L)에는 CH_3COOH 이 60 g(=1 mol) 들어 있다. 따라서 식초 속 CH_3COOH 의 함량(%)은 $\frac{60 \text{ g}}{1000 \text{ g}} \times 100 = 6(\%)$ 이다.

핵심 정리 식초 속 아세트산의 몰 농도가 a M라고 하면 1 L 수용액에 아세트산이 a mol 들어 있다는 것을 의미한다. 식초의 밀도를 1 g/mL라고 할 때 아세트산 a mol의 질량은 $60a$ g(아세트산의 분자량=60)이므로 아세트산의 함량(%)은 $\frac{60a \text{ g}}{1000 \text{ g}} \times 100 = 6a(\%)$ 이다.

핵심 정리 농도와 부피가 같은 1가 산 수용액과 2가 산 수용액에서 중화 반응을 할 수 있는 H^+ 의 양(mol)은 2가 산 수용액이 1가 산 수용액의 2배이다.

개념 체크 H 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

1. 중화 적정에서 뷰렛에 표준 용액을 넣고 꼭지를 잠시 열었다가 닫은 후, 뷰렛의 눈금을 읽어 표준 용액의 처음 부피를 측정해야 한다. ()
2. 중화 적정에서 뷰렛에 들어 있는 표준 용액을 시료가 들어 있는 삼각 플라스크에 조금씩 떨어뜨리면서 색깔의 변화가 처음 나타났다가 사라질 때가 중화점이다. ()

탐구자료 살펴보기 중화 반응을 이용한 탐구 실험

탐구 자료 용기의 라벨이 떨어져 육안으로는 구별되지 않는 두 수용액 0.1 M $\text{HNO}_3(aq)$ 과 0.1 M $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 을 중화 적정을 이용하여 구별해 보자.



➡ 같은 부피의 두 수용액에서 중화 반응을 할 수 있는 H^+ 의 양(mol)은 0.1 M $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 이 0.1 M $\text{HNO}_3(aq)$ 의 2배이다.

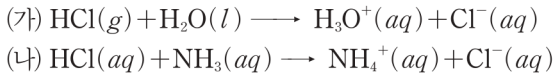
분석 point

1. 중화 적정을 이용하는 방법
0.1 M NaOH 표준 용액으로 $\text{HNO}_3(aq)$ 100 mL와 $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 100 mL 각각에 대해 중화 적정 실험을 수행한다.
➡ 중화점까지 넣어 주는 NaOH 표준 용액의 부피가 100 mL인 것이 $\text{HNO}_3(aq)$ 이고, 200 mL인 것이 $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 이다.
2. 중화 반응 후 혼합 용액의 액성을 확인하는 방법
0.1 M NaOH 표준 용액 150 mL를 $\text{HNO}_3(aq)$ 100 mL와 $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 100 mL 각각에 넣어 중화 반응을 완결시킨 후 지시약을 통해 혼합 용액의 액성을 확인한다.
➡ 염기성을 띠는 것이 $\text{HNO}_3(aq)$ 이고, 산성을 띠는 것이 $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 이다.

Part 2 · 기본문제

12문항 · 정답과 해설은 Part 4.

01 다음은 HCl와 관련된 반응 (가)와 (나)의 화학 반응식이다.



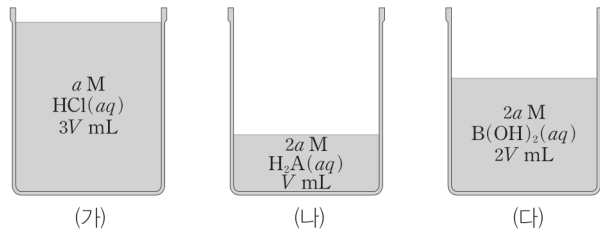
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. HCl는 아레니우스 산이다.
 ㄴ. (가)에서 HCl는 브뢴스테드 · 로리 산이다.
 ㄷ. (나)에서 NH_3 는 브뢴스테드 · 로리 염기이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

02 그림은 3가지 수용액 (가)~(다)를 나타낸 것이다.



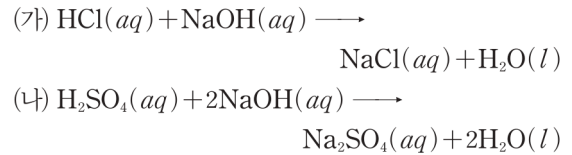
(가)~(다)를 모두 혼합한 수용액에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 혼합 수용액의 부피는 혼합 전 각 수용액의 부피의 합과 같고, 수용액에서 H_2A 는 H^+ 과 A^{2-} 으로, $\text{B}(\text{OH})_2$ 는 B^{2+} 과 OH^- 으로 모두 이온화된다. 물의 자동 이온화는 무시하고, A^{2-} 과 B^{2+} 은 반응하지 않는다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 액성은 염기성이다.
 ㄴ. $[\text{Cl}^-] = \frac{a}{2} \text{ M}$ 이다.
 ㄷ. $\frac{\text{모든 음이온의 양}(\text{mol})}{\text{모든 양이온의 양}(\text{mol})} = \frac{3}{2}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 다음은 산 염기 반응 (가)와 (나)의 화학 반응식이다.



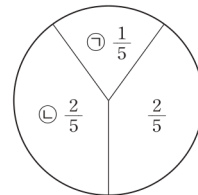
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

◀ 보기 ▶

- ㄱ. (가)와 (나)에서 알짜 이온 반응식은 모두 $\text{H}^+(aq) + \text{OH}^-(aq) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(l)$ 이다.
 ㄴ. Na^+ 은 (가)와 (나)에서 모두 구경꾼 이온이다.
 ㄷ. (나)에서 H_2O 1 mol이 생성될 때 반응하는 H_2SO_4 의 양은 2 mol이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

04 그림은 수용액 $\text{H}_m\text{A}(aq)$ 과 $\text{B}(\text{OH})_n(aq)$ 을 혼합한 수용액에 존재하는 이온 수의 비율을 나타낸 것이다. m, n 은 각각 1 또는 2이고, ㉠과 ㉡은 각각 양이온과 음이온이다.



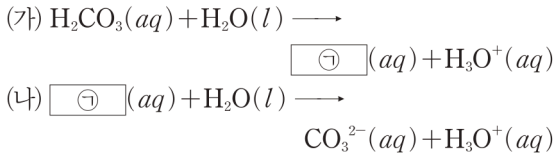
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액에서 H_mA 는 H^+ 과 A^{m-} 으로, $\text{B}(\text{OH})_n$ 는 B^{n+} 과 OH^- 으로 모두 이온화되고, 물의 자동 이온화는 무시하며, A^{m-} 과 B^{n+} 은 반응하지 않는다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 혼합 수용액의 액성은 산성이다.
 ㄴ. ㉠은 B^{2+} 이다.
 ㄷ. $n = 2m$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
 ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 다음은 산 염기 반응 (가)와 (나)의 화학 반응식이다.

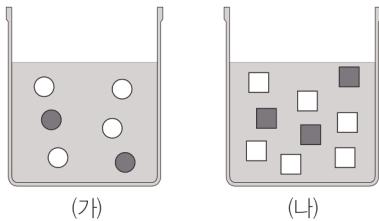


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- ◀ 보기 ▶
- ㄱ. ㉠은 HCO_3^- 이다.
 - ㄴ. (가)에서 H_2O 는 브뢴스테드 · 로리 염기이다.
 - ㄷ. (나)에서 ㉡은 브뢴스테드 · 로리 산이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 그림은 수용액 (가)와 (나)를 이온 모형으로 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 $a \text{ M H}_2\text{A}(aq)$ $V \text{ mL}$ 와 $b \text{ M B(OH)}_2(aq)$ $V \text{ mL}$ 를 순서 없이 나타낸 것이고, (가)와 (나)를 모두 혼합한 수용액에서 모든 음이온의 수는 모든 양이온의 수보다 크다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 혼합 수용액의 부피는 혼합 전 각 수용액의 부피의 합과 같고, 수용액에서 H_2A 는 H^+ 과 A^{2-} 으로, B(OH)_2 는 B^{2+} 과 OH^- 으로 모두 이온화된다. 물의 자동 이온화는 무시하고, A^{2-} 과 B^{2+} 은 반응하지 않는다.)

- ◀ 보기 ▶
- ㄱ. ■에 해당하는 이온은 B^{2+} 이다.
 - ㄴ. (가)와 (나)를 모두 혼합한 수용액에 존재하는
 $\frac{\text{모든 음이온의 수}}{\text{모든 양이온의 수}} = \frac{5}{3}$ 이다.
 - ㄷ. (가)와 (나)를 모두 혼합한 수용액의 $[\text{OH}^-] = \frac{b}{3} \text{ M}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 표는 $\text{HCl}(aq)$, $\text{H}_2\text{X}(aq)$, $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피를 달리하여 혼합한 수용액 (가)~(다)에 대한 자료이다.

혼합 수용액		(가)	(나)	(다)
혼합 전 수용액의 부피(mL)	0.1 M $\text{HCl}(aq)$	30	30	0
	0.3 M $\text{H}_2\text{X}(aq)$	0	10	20
	0.2 M $\text{NaOH}(aq)$	10	0	10

(가)~(다)의 pH를 비교한 것으로 옳은 것은? (단, 혼합 수용액의 부피는 혼합 전 각 수용액의 부피의 합과 같고, 수용액에서 H_2X 는 H^+ 과 X^{2-} 으로 모두 이온화된다.)

- ① (가) > (나) > (다) ② (가) > (다) > (나)
- ③ (나) > (가) > (다) ④ (나) > (다) > (가)
- ⑤ (다) > (가) > (나)

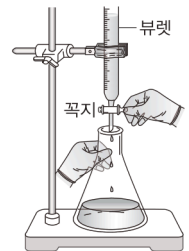
08 다음은 중화 적정 실험 과정과 실험 오차를 줄이기 위한 학생들의 대화이다.

[실험 과정]

(가) 25°C 에서 $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 20 mL를 비커로 측정하여 삼각 플라스크에 넣고 페놀프탈레인 용액을 2~3방울 떨어뜨린다.

(나) 뷰렛 꼭지를 잠그고 0.1 M $\text{NaOH}(aq)$ 을 넣은 후 뷰렛 속 $\text{NaOH}(aq)$ 의 맨 위 눈금을 읽는다.

(다) 그림과 같이 장치하고 뷰렛의 꼭지를 열어 $\text{NaOH}(aq)$ 을 떨어뜨리다가 혼합 수용액에 붉은색이 나타나자마자 꼭지를 잠그고 뷰렛 속 수용액의 맨 위 눈금을 읽는다.



(가)에서 $\text{CH}_3\text{COOH}(aq)$ 20 mL를 측정할 때 비커 대신 피펫을 이용해야 해.

(나)에서 꼭지를 잠시 열었다 닫아 꼭지의 아래 부분을 $\text{NaOH}(aq)$ 으로 채운 후 눈금을 읽어야 해.

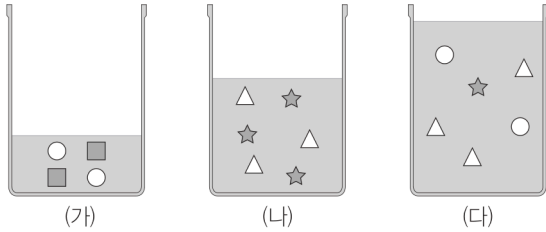
(다)에서 혼합 수용액을 잘 섞어 주면서 혼합 수용액 전체가 붉은 색이 되는 순간에 꼭지를 잠가야 해.



제시한 내용이 옳은 학생만을 있는 대로 고른 것은?

- ① A ② B ③ A, C ④ B, C ⑤ A, B, C

09 그림은 $\text{HCl}(aq)$ 10 mL (가), $\text{NaOH}(aq)$ 20 mL (나), (가)와 (나)를 혼합한 수용액 (다)를 이온 모형으로 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 혼합 수용액의 부피는 혼합 전 각 수용액의 부피의 합과 같고, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. (가)와 (나)를 혼합할 때 ☆는 구경꾼 이온이다.
- ㄴ. (가)와 (나)를 혼합할 때 생성되는 H_2O 분자 수는 (가)에서 ■의 이온 수와 같다.
- ㄷ. $[\text{OH}^-]$ 는 (나)가 (다)의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 표는 $a \text{ M HCl}(aq)$ 과 $b \text{ M A}(\text{OH})_2(aq)$ 의 부피를 달리하여 혼합한 수용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

혼합 수용액		(가)	(나)
혼합 전 수용액의 부피(mL)	$a \text{ M HCl}(aq)$	V	V
	$b \text{ M A}(\text{OH})_2(aq)$	V	$3V$
단위 부피당 양이온 모형			

(○ : H^+ , ■ : A^{2+})

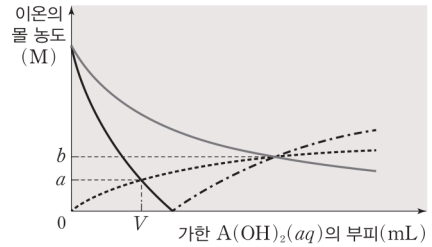
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 혼합 수용액의 부피는 혼합 전 각 수용액의 부피의 합과 같고, 수용액에서 $\text{A}(\text{OH})_2$ 는 A^{2+} 과 OH^- 으로 모두 이온화된다. 물의 자동 이온화는 무시하고, A^{2+} 은 반응하지 않는다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. $a : b = 3 : 1$ 이다.
- ㄴ. ㉠에 들어갈 ■의 수는 3이다.
- ㄷ. (나)에 존재하는 Cl^- 과 OH^- 의 수는 같다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

11 그림은 $0.2 \text{ M HCl}(aq)$ 10 mL에 $0.1 \text{ M A}(\text{OH})_2(aq)$ 을 가할 때, 가한 $\text{A}(\text{OH})_2(aq)$ 의 부피에 따른 혼합 수용액에 존재하는 이온의 몰 농도를 나타낸 것이다.



$\frac{a}{b} \times V$ 는? (단, 혼합 수용액의 부피는 혼합 전 각 수용액의 부피의 합과 같고, 수용액에서 $\text{A}(\text{OH})_2$ 는 A^{2+} 과 OH^- 으로 모두 이온화된다. 물의 자동 이온화는 무시하고, A^{2+} 은 반응하지 않는다.)

- ① 4 ② 6 ③ 8 ④ 10 ⑤ 12

12 다음은 수용액 (가)와 (나)에 대한 자료이다.

- (가)는 $a \text{ M HCl}(aq)$ $V_1 \text{ mL}$ 이고, (나)는 (가)와 $b \text{ M X}(\text{OH})_2(aq)$ $V_2 \text{ mL}$ 를 혼합한 수용액이다.

- 수용액에 존재하는 이온 수

수용액	(가)	(나)
수용액에 존재하는 이온 수	A 이온	h
	B 이온	j
	C 이온	l

- A~C 이온은 각각 H^+ , Cl^- , X^{2+} , OH^- 중 하나이다.
- $6(h-i) = 3(k-j) = 4(m-l) > 0$ 이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 수용액에서 $\text{X}(\text{OH})_2$ 는 X^{2+} 과 OH^- 으로 모두 이온화되고, 물의 자동 이온화는 무시하며, X^{2+} 은 반응하지 않는다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. A 이온은 H^+ 이다.
- ㄴ. B 이온은 X^{2+} 이다.
- ㄷ. $m > i + j$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Part 3 · 심화문제

14문항 · 정답과 해설은 Part 4. 각 문항의 접근 Point는 해설에 수록.

01 표는 $a \text{ M HCl}(aq)$ 과 $a \text{ M A}(\text{OH})_2(aq)$ 의 부피를 달리하여 혼합한 3가지 수용액에 대한 자료이다.

혼합 전 수용액의 부피(mL)	$a \text{ M HCl}(aq)$	100	200	100
	$a \text{ M A}(\text{OH})_2(aq)$	V	xV	$4V$
혼합 수용액에 존재하는		모든 음이온의 수 모든 양이온의 수		
		$\frac{6}{5}$	$\frac{3}{2}$	y

$\frac{x}{y}$ 는? (단, 수용액에서 $\text{A}(\text{OH})_2$ 는 A^{2+} 과 OH^- 으로 모두 이온화되고, 물의 자동 이온화는 무시하며, A^{2+} 은 반응하지 않는다.)

- ① $\frac{3}{2}$ ② $\frac{9}{5}$ ③ 2 ④ $\frac{12}{5}$ ⑤ 3

02 다음은 식초 속 아세트산(CH_3COOH)의 함량을 알아보기 위한 중화 적정 실험이다.

[자료]

- $t^\circ\text{C}$ 에서 식초 A, B의 밀도(g/mL)는 각각 d_A , d_B 이다.
- CH_3COOH 의 분자량은 60이다.

[실험 과정]

- (가) 식초 A, B를 준비한다.
 (나) A 10 mL에 물을 넣어 수용액 I 100 mL를 만든다.
 (다) 50 mL의 I에 페놀프탈레인 용액을 2~3방울 넣고 $x \text{ M NaOH}(aq)$ 으로 적정하였을 때, 수용액 전체가 붉게 변하는 순간까지 넣어 준 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피를 측정한다.
 (라) B 10 mL에 물을 넣어 수용액 II 200 mL를 만든다.
 (마) 50 mL의 I 대신 50 mL의 II를 이용하여 (다)를 반복한다.

[실험 결과]

실험 과정	(다)	(마)
각 과정에서 넣어 준 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피(mL)	30	20

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 온도는 $t^\circ\text{C}$ 로 일정하고, 중화 적정 과정에서 식초 A, B에 포함된 물질 중 CH_3COOH 만 NaOH 과 반응한다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. 식초 속 CH_3COOH 의 몰 농도(M)는 B가 A의 $\frac{4}{3}$ 배이다.
 ㄴ. A 1 g에 들어 있는 CH_3COOH 의 질량은 $\frac{9x}{25d_A}$ g이다.
 ㄷ. CH_3COOH 1 g이 들어 있는 식초의 질량(g)은 B가 A의 $\frac{3d_B}{4d_A}$ 배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 표는 $\text{HCl}(aq)$ 과 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피를 달리하여 혼합한 수용액 (가)~(다)에 대한 자료이다.

혼합 수용액		(가)	(나)	(다)
혼합 전 수용액의 부피(mL)	$\text{HCl}(aq)$	10	10	10
	$\text{NaOH}(aq)$	10	20	50
단위 부피당 이온 모형				

㉠에 들어갈 ★의 수는? (단, 혼합 수용액의 부피는 혼합 전 각 수용액의 부피의 합과 같고, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

- ① 3 ② 9 ③ 12 ④ 18 ⑤ 27

04 표는 $a \text{ M HCl}(aq)$ 10 mL에 $b \text{ M X}(\text{OH})_2(aq)$ 을 가할 때, 가한 $\text{X}(\text{OH})_2(aq)$ 의 부피에 따른 혼합 수용액에 존재하는 이온의 몰 농도(M)를 나타낸 것이다. A~C 이온은 각각 H^+ , Cl^- , X^{2+} , OH^- 중 하나이고, x 는 0이 아니다.

가한 $\text{X}(\text{OH})_2(aq)$ 의 부피(mL)		20	30
혼합 수용액에 존재하는 이온의 몰 농도(M)	A 이온	x	
	B 이온	$8k$	$12k$
	C 이온	$8k$	$9k$

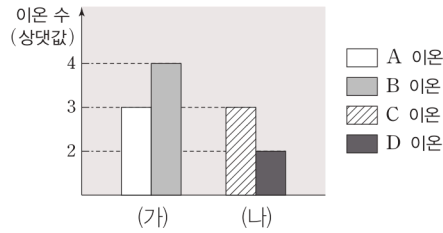
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 혼합 수용액의 부피는 혼합 전 각 수용액의 부피의 합과 같고, 수용액에서 $\text{X}(\text{OH})_2$ 는 X^{2+} 과 OH^- 으로 모두 이온화된다. 물의 자동 이온화는 무시하고, A^{2+} 은 반응하지 않는다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. B 이온은 X^{2+} 이다.
 ㄴ. $x=8k$ 이다.
 ㄷ. $a=2b$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

05 그림은 $a \text{ M HCl}(aq)$ 10 mL에 $b \text{ M X}(\text{OH})_2(aq)$ $V_1 \text{ mL}$, $V_2 \text{ mL}$ 를 각각 혼합한 수용액 (가)와 (나)에 존재하는 일부 이온의 수를 나타낸 것이다. $V_2 > V_1$ 이고, A~D 이온은 H^+ , Cl^- , X^{2+} , OH^- 을 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액에서 $\text{X}(\text{OH})_2$ 는 X^{2+} 과 OH^- 으로 모두 이온화되고, 물의 자동 이온화는 무시하며, X^{2+} 은 반응하지 않는다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. (가)와 (나)의 액성은 서로 다르다.
- ㄴ. A 이온은 X^{2+} 이다.
- ㄷ. (나)에서 B 이온 수와 D 이온 수의 합은 A 이온 수와 C 이온 수의 합의 2배이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

06 표는 $x \text{ M HCl}(aq)$ $V \text{ mL}$ 에 $y \text{ M NaOH}(aq)$ 을 가할 때, 가한 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피에 따른 혼합 수용액에 존재하는 이온의 몰 농도(M)를 나타낸 것이다. A~D 이온은 H^+ , Cl^- , Na^+ , OH^- 을 순서 없이 나타낸 것이고, $b > g > 0$ 이며, $c > d > e > f$ 이다.

가한 $\text{NaOH}(aq)$ 의 부피(mL)		100	150	200
혼합 수용액에 존재하는 이온의 몰 농도(M)	A 이온	$8a$	$9a$	b
	B 이온	c	d	
	C 이온		e	f
	D 이온			g

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 혼합 수용액의 부피는 혼합 전 각 수용액의 부피의 합과 같고, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. B 이온은 H^+ 이다.
- ㄴ. $V=50$ 이다.
- ㄷ. $b > f + g$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

07 표는 $X(aq)$ 100 mL에 $NaOH(aq)$ 을 가할 때, 혼합 수용액에 존재하는 이온 중 이온 수가 가장 큰 이온의 수를, 가한 $NaOH(aq)$ 의 부피에 따라 나타낸 것이다. X 는 HCl 또는 H_2A 이고, $V_4 > V_3 > V_2 > V_1$ 이다.

혼합 수용액	(가)	(나)	(다)	(라)
가한 $NaOH(aq)$ 의 부피(mL)	V_1	V_2	V_3	V_4
혼합 수용액에 존재하는 이온 중 이온 수가 가장 큰 이온의 수(상댓값)	9	8	8	9

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액에서 H_2A 는 H^+ 과 A^{2-} 으로 모두 이온화되고, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. (다)의 액성은 염기성이다.
 ㄴ. (나)에 존재하는 이온 중 이온 수가 가장 작은 이온은 Na^+ 이다.
 ㄷ. (라)에서 $\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}} < 2$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 표는 $H_mA(aq)$ 과 $B(OH)_n(aq)$ 을 혼합하는 실험 I, II에 대한 자료이다. m, n 은 각각 1 또는 2이고, 화학식량은 H_mA 가 $B(OH)_n$ 의 2배보다 크다.

실험	수용액 속 용질의 질량(g)		혼합 수용액	
	$H_mA(aq)$	$B(OH)_n(aq)$	액성	$\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 이온의 수}}$
I	w	w	(가)	
II	$2w$	w	산성	x

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액에서 H_mA 는 H^+ 과 A^{m-} 으로, $B(OH)_n$ 는 B^{n+} 과 OH^- 으로 모두 이온화되고, 물의 자동 이온화는 무시하며, A^{m-} 과 B^{n+} 은 반응하지 않는다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. $\frac{n}{m} = \frac{1}{2}$ 이다.
 ㄴ. $x = \frac{2}{3}$ 이다.
 ㄷ. ‘염기성’은 (가)로 적절하다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

09 표는 0.1 M HCl(aq) V mL에 0.1 M $X(OH)_2(aq)$ 을 가할 때, 가한 $X(OH)_2(aq)$ 의 부피에 따른 혼합 수용액에 존재하는 $\frac{A \text{ 이온 수}}{\text{이온의 가짓수}}$ 를 나타낸 것이다. A 이온은 H^+ , Cl^- , X^{2+} , OH^- 중 하나이고, $b > a$ 이다.

가한 $X(OH)_2(aq)$ 의 부피(mL)	10	20	30
혼합 수용액에 존재하는 $\frac{A \text{ 이온 수}}{\text{이온의 가짓수}}$	a	b	b

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액에서 $X(OH)_2$ 는 X^{2+} 과 OH^- 으로 모두 이온화되고, 물의 자동 이온화는 무시하며, X^{2+} 은 반응하지 않는다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. A 이온은 X^{2+} 이다.
- ㄴ. $V=40$ 이다.
- ㄷ. $b=3a$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

10 표는 0.1 M $H_2X(aq)$ 100 mL에 0.1 M A(aq) 또는 0.1 M B(aq)을 가할 때, 가한 수용액의 부피에 따른 혼합 수용액에 존재하는 모든 이온의 양(mol)을 나타낸 것이다. A와 B는 YOH와 $Z(OH)_2$ 를 순서 없이 나타낸 것이고, $V_4 > V_3 > V_2 > V_1 > 0$ 이다.

가한 수용액의 부피(mL)	0.1 M A(aq)	V_1	0	V_3	V_4
	0.1 M B(aq)	0	V_2	0	0
혼합 수용액에 존재하는 모든 이온의 양(mol)	a	a	a	a	$2a$

$\frac{V_4}{V_2}$ 는? (단, 수용액에서 H_2X 는 H^+ 과 X^{2-} 으로, YOH는 Y^+ 과 OH^- 으로, $Z(OH)_2$ 는 Z^{2+} 과 OH^- 으로 모두 이온화되고, 물의 자동 이온화는 무시하며, X^{2-} , Y^+ , Z^{2+} 은 반응하지 않는다.)

- ① $\frac{15}{8}$ ② $\frac{21}{8}$ ③ 3 ④ $\frac{13}{4}$ ⑤ $\frac{15}{4}$

11 표는 $a \text{ M HCl}(aq)$ 10 mL에 $b \text{ M A}(\text{OH})_2(aq)$ 을 가할 때, 혼합 수용액에 존재하는 이온 중 이온 수가 가장 큰 이온을, 가한 $\text{A}(\text{OH})_2(aq)$ 의 부피에 따라 모형으로 나타낸 것이다.

가한 $\text{A}(\text{OH})_2(aq)$ 의 부피(mL)	10	20	80	x
혼합 수용액에 존재하는 이온 중 이온 수가 가장 큰 이온의 모형				

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액에서 $\text{A}(\text{OH})_2$ 는 A^{2+} 과 OH^- 으로 모두 이온화되고, 물의 자동 이온화는 무시하며, A^{2+} 은 반응하지 않는다.)

◀ 보기 ▶

- ㄱ. $x=96$ 이다.
- ㄴ. $a \text{ M HCl}(aq)$ 10 mL와 $b \text{ M A}(\text{OH})_2(aq)$ 40 mL를 혼합한 수용액의 액성은 산성이다.
- ㄷ. $a \text{ M HCl}(aq)$ 10 mL와 $b \text{ M A}(\text{OH})_2(aq)$ 60 mL를 혼합한 수용액에 존재하는 이온 중 이온 수가 가장 큰 이온은 Cl^- 이다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄷ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

12 다음은 $\text{A}(aq) \sim \text{D}(aq)$ 의 혼합 실험이다. $\text{A} \sim \text{D}$ 는 HCl , H_2X , NaOH , $\text{Y}(\text{OH})_2$ 를 순서 없이 나타낸 것이고, $c > b > a$ 이다.

[실험 과정]

- (가) 물 농도가 모두 같은 $\text{A}(aq) \sim \text{D}(aq)$ 각각 10 mL를 준비한다.
- (나) $\text{A}(aq)$ 10 mL에 $\text{B}(aq)$ 10 mL를 가한다.
- (다) (나)의 혼합 수용액에 $\text{C}(aq)$ 10 mL를 가한다.
- (라) (다)의 혼합 수용액에 $\text{D}(aq)$ 10 mL를 가한다.

[실험 결과]

실험 과정	(나)	(다)	(라)
각 과정 후 혼합 수용액에 존재하는 $\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}}$	a	b	c

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액에서 H_2X 는 H^+ 과 X^{2-} 으로, $\text{Y}(\text{OH})_2$ 는 Y^{2+} 과 OH^- 으로 모두 이온화되고, 물의 자동 이온화는 무시하며, X^{2-} 과 Y^{2+} 은 반응하지 않는다.)

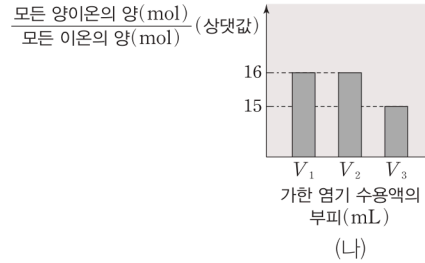
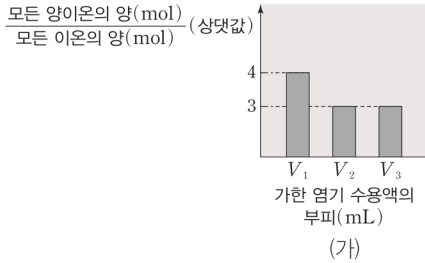
◀ 보기 ▶

- ㄱ. (나)에서 혼합 수용액의 액성은 산성이다.
- ㄴ. C는 NaOH 이다.
- ㄷ. $a \times b \times c = \frac{1}{3}$ 이다.

- ① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

13 그림 (가)와 (나)는 산과 염기의 종류를 달리하여 산 수용액에 염기 수용액을 가할 때, 가한 염기 수용액의 부피에 따른 혼합 수용액에 존재하는 $\frac{\text{모든 양이온의 양(mol)}}{\text{모든 이온의 양(mol)}}$ 을 나타낸 것이다. (가)와 (나)에서

산 수용액은 0.1 M HCl(aq) 100 mL 또는 $0.1 \text{ M H}_2\text{A(aq)}$ 100 mL 이고, 염기 수용액은 0.1 M NaOH(aq) 또는 $0.1 \text{ M B(OH)}_2\text{(aq)}$ 이며, $V_3 > V_2 > V_1$ 이다.



$\frac{V_3}{V_1}$ 는? (단, 수용액에서 H_2A 는 H^+ 과 A^{2-} 으로, B(OH)_2 는 B^{2+} 과 OH^- 으로 모두 이온화되고, 물의 자동 이온화는 무시하며, A^{2-} 과 B^{2+} 은 반응하지 않는다.)

- ① 11 ② $\frac{23}{2}$ ③ 12 ④ $\frac{25}{2}$ ⑤ 13

14 다음은 수용액 (가)~(다)에 대한 자료이다.

- (가)~(다)는 각각 $a \text{ M X(aq)}$ 100 mL , $2a \text{ M Y(aq)}$ 100 mL , $2a \text{ M Z(aq)}$ 100 mL 이다.
- X~Z는 각각 HCl 또는 H_2A 이다.
- (가)~(다)에 각각 0.1 M NaOH(aq) 300 mL 를 가할 때, 액성이 산성인 혼합 수용액은 2가지이다.
- (가)~(다)에 각각 0.2 M NaOH(aq) 200 mL 를 가할 때, 액성이 염기성인 혼합 수용액은 2가지이다.
- (나)에 0.2 M NaOH(aq) 300 mL 를 가할 때, 혼합 수용액의 액성은 산성이다.

(가)~(다)에 각각 0.2 M NaOH(aq) 250 mL 를 가할 때, 혼합 수용액의 액성이 염기성인 것만을 있는 대로 고른 것은? (단, 수용액에서 H_2A 는 H^+ 과 A^{2-} 으로 모두 이온화되고, 물의 자동 이온화는 무시한다.)

- ① (가) ② (나) ③ (가), (다) ④ (나), (다) ⑤ (가), (나), (다)

Part 4 · 정답과 해설

1 개념 체크 정답

A	1. 양성자(H ⁺)	2. 산, 염기	3. ○	4. ○
B	1. 물(H ₂ O)	2. Na ⁺ , Cl ⁻	3. H ⁺ (aq)+OH ⁻ (aq) → H ₂ O(l)	
C	1. 1, 1	2. 산성		
D	1. 감소, 일정	2. Cl ⁻	3. ×	
E	1. 2, 2	2. 2	3. 산성	
F	1. 피펫	2. 뷰렛		
G	1. 1	2. 붉은색		
H	1. ○	2. ×		

2 기본문제 해설

정답

01	⑤	02	⑤	03	③	04	③	05	⑤	06	③	07	①	08	⑤
09	②	10	⑤	11	①	12	③								

01 브뢴스테드·로리 산과 염기

- ㉠ (가)에서 HCl는 물에 녹아 H_3O^+ 을 내놓으므로 HCl는 아레니우스 산이다.
 ㉡ (가)에서 HCl는 H_2O 에게 양성자(H^+)를 주므로 브뢴스테드·로리 산이다.
 ㉢ (나)에서 NH_3 는 HCl로부터 양성자(H^+)를 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.

02 중화 반응의 양적 관계

- ㉠ 수용액에 존재하는 H^+ 의 양은 (가)에서 $a \text{ M} \times 3V \text{ mL} = 3aV \text{ mmol}$ 이고, (나)에서 $2 \times 2a \text{ M} \times V \text{ mL} = 4aV \text{ mmol}$ 이며, (다)에 존재하는 OH^- 의 양은 $2 \times 2a \text{ M} \times 2V \text{ mL} = 8aV \text{ mmol}$ 이므로 (가)~(다)를 모두 혼합한 수용액에는 OH^- 의 양이 $aV \text{ mmol} (= 8aV \text{ mmol} - (3aV \text{ mmol} + 4aV \text{ mmol}))$ 이다. 따라서 혼합 수용액의 액성은 염기성이다.
 ㉡ Cl^- 은 구경꾼 이온이므로 Cl^- 의 양(mol)은 혼합 전후에 일정하고, 혼합 수용액의 부피가 (가)의 $2 \left(= \frac{3V + V + 2V}{3V} \right)$ 배이므로 $[\text{Cl}^-]$ 는 혼합 수용액이 (가)의 $\frac{1}{2}$ 배이다. 따라서 (가)에서 $[\text{Cl}^-] = a \text{ M}$ 이므로 혼합 수용액의 $[\text{Cl}^-] = \frac{a}{2} \text{ M}$ 이다.
 ㉢ 혼합 수용액에 존재하는 양이온은 B^{2+} 이고, 음이온은 Cl^- , A^{2-} , OH^- 이다. 혼합 수용액에서 B^{2+} 의 양은 $2a \text{ M} \times 2V \text{ mL} = 4aV \text{ mmol}$ 이고, Cl^- 의 양은 $a \text{ M} \times 3V \text{ mL} = 3aV \text{ mmol}$ 이며, A^{2-} 의 양은 $2a \text{ M} \times V \text{ mL} = 2aV \text{ mmol}$ 이고, OH^- 의 양은 $aV \text{ mmol}$ 이므로 $\frac{\text{모든 음이온의 양(mol)}}{\text{모든 양이온의 양(mol)}} = \frac{3aV + 2aV + aV}{4aV} = \frac{3}{2}$ 이다.

03 중화 반응

- ㉠ (가)와 (나) 모두 $\text{H}^+(aq)$ 과 $\text{OH}^-(aq)$ 이 반응하여 $\text{H}_2\text{O}(l)$ 이 생성되는 중화 반응이므로 알짜 이온 반응식은 $\text{H}^+(aq) + \text{OH}^-(aq) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(l)$ 이다.
 ㉡ 구경꾼 이온은 (가)에서 Na^+ , Cl^- 이고, (나)에서 Na^+ , SO_4^{2-} 이므로 Na^+ 은 (가)와 (나)에서 모두 구경꾼 이온이다.
 ✕ 중화 반응에서 H_2O 1 mol이 생성될 때 반응하는 H^+ 의 양은 1 mol이므로 (나)에서 H_2O 1 mol이 생성될 때 반응하는 H_2SO_4 의 양은 $\frac{1}{2} \text{ mol}$ 이다.

04 중화 반응과 이온 수 비

- ㉠과 ㉡ 외 나머지 1가지 이온을 ㉢이라고 할 때 이온 수 비는 ㉠ : ㉡ : ㉢ = 1 : 2 : 2이다. 수용액에 존재하는 모든 이온의 전하의 총합은 0이어야 한다. 양이온인 ㉠이 H^+ 인 경우, 음이온인 ㉢은 A^- 또는 A^{2-} 이고, ㉡은 B^+ 또는 B^{2+} 이며, 이 경우에 ㉠~㉢의 이온 수 비를 고려하면 혼합 수용액에 존재하는 모든 이온의 전하의 총합이 0이 될 수 없다. 양이온인 ㉠이 B^+ 인 경우에도 마찬가지로 혼합 수용액에 존재하는 모든 이온의 전하의 총합이 0이 될 수 없다. 양이온인 ㉠이 B^{2+} 인 경우에만 음이온인 ㉢은 A^{2-} 이고, ㉡은 H^+ 일 때 혼합 수용액에 존재하는 모든 이온의 전하의 총합이 0이 된다.
 ㉠ 혼합 수용액에 H^+ 이 존재하므로 혼합 수용액의 액성은 산성이다.
 ㉡ ㉠은 B^{2+} 이다.
 ✕ $m=2$ 이고, $n=2$ 이므로 $m=n$ 이다.

05 브뢴스테드·로리 산과 염기

- ㉠ ㉠은 H_2CO_3 이 H^+ 을 내놓고 생성되므로 HCO_3^- 이다.
 ㉡ (가)에서 H_2O 은 H_2CO_3 으로부터 양성자(H^+)를 받으므로 브뢴스테드·로리 염기이다.
 ㉢ (나)에서 ㉠(HCO_3^-)은 H_2O 에게 양성자(H^+)를 주므로 브뢴스테드·로리 산이다.

06 중화 반응과 이온 모형

- 이온 수 비가 $\bullet : \bigcirc = 1 : 2$ 이고, $\blacksquare : \square = 1 : 2$ 이므로 $\bullet$ 과 $\blacksquare$ 은 각각 A^{2-} 과 B^{2+} 중 하나이고, $\bigcirc$ 과 $\square$ 은 각각 H^+ 과 OH^- 중 하나이다. $\bigcirc$ 과 $\square$ 의 수가 각각 4, 6이므로 혼합 수용액에서 $\bigcirc$ 은 없고, $\square$ 의 수는 2이며, 구경꾼 이온인 $\bullet$ 과 $\blacksquare$ 의 수는 각각 2와 3이다. $\bullet$ 과 $\bigcirc$ 의 전하의 부호는 반대이고, $\bigcirc$ 과 $\square$ 의 전하의 부호도 반대이므로 $\bullet$ 과 $\square$ 의 전하의 부호는 같다. 또한 $\blacksquare$ 과 $\square$ 의 전하의 부호는 반대이므로 $\blacksquare$ 의 전하의 부호는 $\bullet$ 과 $\square$ 의 전하의 부호와 반대이다. 혼합 수용액에 존재하는 $\blacksquare$ 의 수는 3이고, $\bullet$ 과 $\square$ 의 수의 합은 4인데, 모든 음이온의 수는 모든 양이온의 수보다 크므로 $\bullet$ 과 $\square$ 은 음이온이고, $\blacksquare$ 은 양이온이다. 따라서 $\bullet$, $\bigcirc$, $\blacksquare$, $\square$ 은 각각 A^{2-} , H^+ , B^{2+} , OH^- 이고, (가)는 $a \text{ M H}_2\text{A}(aq)$ $V \text{ mL}$ 이고, (나)는 $b \text{ M B(OH)}_2(aq)$ $V \text{ mL}$ 이다.
 ㉠ $\blacksquare$ 에 해당하는 이온은 B^{2+} 이다.
 ✕ (가)와 (나)를 모두 혼합한 수용액에 존재하는 $\frac{\text{모든 음이온의 수}}{\text{모든 양이온의 수}} = \frac{\text{A}^{2-} \text{의 수} + \text{OH}^- \text{의 수}}{\text{B}^{2+} \text{의 수}} = \frac{4}{3}$ 이다.

㉔. OH^- 의 수는 혼합 수용액이 (나)의 $\frac{1}{3}\left(=\frac{2}{6}\right)$ 배이고, 수용액의 부피는 혼합 수용액이 (나)의 2배이므로 $[\text{OH}^-]$ 는 혼합 수용액이 (나)의 $\frac{1}{6}$ 배이다. (나)에서 $[\text{OH}^-]=2b \text{ M}$ 이므로 (가)와 (나)를 모두 혼합한 수용액의 $[\text{OH}^-]=\frac{b}{3}\left(=2b \times \frac{1}{6}\right) \text{ M}$ 이다.

07 중화 반응과 pH

0.1 M HCl(aq) 30 mL에 각각 (가)는 10 mL의 염기 수용액을, (나)는 10 mL의 산 수용액을 혼합한 수용액이므로 pH는 (가)>(나)이다. (나)에 존재하는 H^+ 의 양은 $9 \text{ mmol}(=0.1 \text{ M} \times 30 \text{ mL} + 2 \times 0.3 \text{ M} \times 10 \text{ mL})$ 이고, (다)에 존재하는 H^+ 의 양은 $10 \text{ mmol}(=2 \times 0.3 \text{ M} \times 20 \text{ mL} - 0.2 \text{ M} \times 10 \text{ mL})$ 이므로 혼합 수용액에 존재하는 H^+ 의 양은 (다)>(나)인데 수용액의 부피는 (나)>(다)이므로 $[\text{H}^+]$ 는 (다)>(나)이다. 따라서 pH는 (가)>(나)>(다)이다.

08 중화 적정 실험

- ㉑. 비커보다 피펫이 수용액의 부피를 정확히 측정하는 데 더 적절한 도구이므로 (가)에서 $\text{CH}_3\text{COOH(aq)}$ 20 mL를 측정할 때 비커 대신 피펫을 이용해야 실험 오차를 줄일 수 있다.
- ㉒. 중화점에서 쪽지의 아랫부분이 NaOH(aq) 으로 채워진 상태가 되므로 중화 적정을 시작하기 전에 (나)에서 쪽지를 잠시 열었다 닫아 쪽지의 아랫부분을 NaOH(aq) 으로 채운 후 눈금을 읽어야 실험 오차를 줄일 수 있다.
- ㉓. 혼합 수용액에 붉은색이 나타나자마자 쪽지를 잠그면 혼합 수용액 전체가 중화점에 도달하기 전에 중화 적정을 마칠 수 있으므로 (다)에서 혼합 수용액을 잘 섞어 주면서 혼합 수용액 전체가 붉은색이 되는 순간에 쪽지를 잠가야 실험 오차를 줄일 수 있다.

09 중화 반응과 이온 모형

- ×. 혼합 후 ★의 수가 감소하므로 ★은 OH^- 이다. 따라서 (가)와 (나)를 혼합할 때 ★은 구경꾼 이온이 아니다.
- . 혼합 후 ■의 수가 감소하므로 ■은 H^+ 이다. 중화 반응에서 반응하는 H^+ 의 수와 생성되는 H_2O 분자 수는 같고, (가)에 존재하는 2개의 ■(H^+)이 모두 반응하므로 (가)와 (나)를 혼합할 때 생성되는 H_2O 분자 수는 (가)에서 ■(H^+)의 이온 수와 같다.
- ×. ★(OH^-)의 수는 (나)가 (다)의 3배이고, 수용액의 부피는 (나)가 (다)의 $\frac{2}{3}$ 배이므로 $[\text{OH}^-]$ 는 (나)가 (다)의 $\frac{9}{2}$ 배이다.

10 중화 반응과 양이온 모형

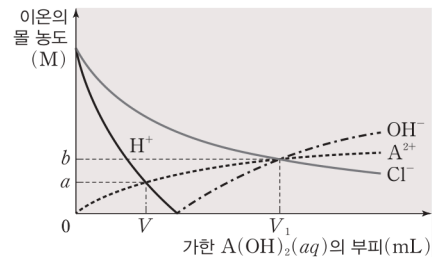
- ㉑. (가)에 존재하는 ■(A^{2+})의 수를 $2N$ 이라고 할 때 중화 반응 후 남아 있는 ○(H^+)의 수도 $2N$ 이다. $b \text{ M A(OH)}_2(\text{aq})$ $V \text{ mL}$ 에서 $2N$ 의 A^{2+} 과 함께 들어간 OH^- 의 수는 $4N$ 이고, 남

아 있는 H^+ 의 수는 $2N$ 이므로 혼합 전 $a \text{ M HCl(aq)}$ $V \text{ mL}$ 에 존재하는 H^+ 의 수는 $6N$ 이다. $b \text{ M A(OH)}_2(\text{aq})$ $V \text{ mL}$ 에 존재하는 A^{2+} 의 수와 $a \text{ M HCl(aq)}$ $V \text{ mL}$ 에 존재하는 H^+ 의 수비는 $1:3(=2N:6N)$ 이므로 $a:b=3:1$ 이다.

- ㉒. ■(A^{2+})의 수는 (나)가 (가)의 3배이고, 수용액의 부피는 (나)가 (가)의 2배이므로 단위 부피당 A^{2+} 의 수는 (나)가 (가)의 $\frac{3}{2}$ 배이므로 ㉑에 들어갈 ■(A^{2+})의 수는 3이다.
- ㉓. (나)에서 Cl^- 의 수는 $6N$ 이고, OH^- 의 수는 $6N(=12N-6N)$ 이므로 (나)에 존재하는 Cl^- 과 OH^- 의 수는 같다.

11 중화 반응과 이온의 몰 농도

각 곡선에 해당하는 이온은 다음과 같다.



Cl^- 과 A^{2+} 의 몰 농도가 같게 될 때까지 가한 $\text{A(OH)}_2(\text{aq})$ 의 부피(mL)를 V_1 이라고 할 때, $0.2 \times 10 = 0.1 \times V_1$ 에서 $V_1=20$ 이고, 이때 Cl^- 의 몰 농도(M) $b = \frac{1}{15}\left(=0.2 \times \frac{10}{10+20}\right)$ 이다. A^{2+} 과 H^+ 의 몰 농도가 같게 될 때까지 가한 $\text{A(OH)}_2(\text{aq})$ 의 부피(mL)가 V 이므로 $0.1 \times V = 0.2 \times 10 - 2 \times 0.1 \times V$ 에서 $V = \frac{20}{3}$ 이고, 이때 A^{2+} 의 몰 농도(M) $a = \frac{1}{25}\left(=0.1 \times \frac{\frac{20}{3}}{10+\frac{20}{3}}\right)$ 이다. 따라서 $\frac{a}{b} \times V = 4$ 이다.

12 중화 반응과 이온 수

$h>i$ 이고, $k>j$ 이며, $m>l$ 이므로 A 이온은 중화 반응에 의해 이온 수가 감소하는 이온이므로 H^+ 이고, B 이온과 C 이온은 중화 반응에 의해 이온 수가 증가하는 이온이므로 각각 X^{2+} 과 OH^- 중 하나이고, (가)에는 X^{2+} 과 OH^- 모두 존재하지 않으므로 $j=l=0$ 이다. (나)에 OH^- 이 존재하므로 (나)에 존재하는 H^+ 의 수인 $i=0$ 이다. 따라서 자료에서 $6h=3k=4m$ 이다. 만약 B 이온이 X^{2+} 이고, C 이온이 OH^- 이면 (나)에서 X^{2+} 의 수 $k=2h$ 이므로 반응하고 남은 OH^- 의 수 $m=3h(=4h-h)$ 인데 이는 자료($m=\frac{3}{2}h$)에 부합하지 않는다. 따라서 B 이온은 OH^- 이고, C 이온은 X^{2+} 이다.

㉑. A 이온은 H^+ 이다.

×. B 이온은 OH^- 이다.

㉒. (나)에 존재하는 H^+ 의 수인 $i=0$ 이고, (가)에 존재하는 OH^- 의 수인 $j=0$ 이므로 (나)에 존재하는 X^{2+} 의 수인 $m>i+j(=0)$ 이다.

3 심화문제 해설

정답

01	③	02	⑤	03	②	04	④	05	③	06	④	07	②	08	⑤
09	⑤	10	②	11	③	12	④	13	④	14	③				

심화 01번

접근 Point HCl(aq)과 A(OH)₂(aq)의 중화 반응에서 혼합 수 용액이 산성일 때 $1 < \frac{\text{모든 음이온의 수}}{\text{모든 양이온의 수}} < 2$ 이고, 중성과 염기성일 때 $\frac{\text{모든 음이온의 수}}{\text{모든 양이온의 수}} = 2$ 이다.

01 중화 반응과 이온 수

HCl(aq)과 A(OH)₂(aq)의 중화 반응에서 혼합 수 용액이 산성일 때 $1 < \frac{\text{모든 음이온의 수}}{\text{모든 양이온의 수}} < 2$ 이고, 중성과 염기성일 때 $\frac{\text{모든 음이온의 수}}{\text{모든 양이온의 수}} = 2$ 이다. (가)에서 혼합 전 a M HCl(aq) 100 mL에 존재하는 H⁺과 Cl⁻의 수를 각각 N , N 이라고 하고, a M A(OH)₂(aq) V mL에 존재하는 A²⁺과 OH⁻의 수를 각각 kN , $2kN$ 이라고 할 때, $\frac{\text{모든 음이온의 수}}{\text{모든 양이온의 수}} = \frac{6}{5}$ 이므로 (가)의 액성은 산성이고, $\frac{\text{모든 음이온의 수}}{\text{모든 양이온의 수}} = \frac{N}{(N-2kN)+kN} = \frac{1}{1-k} = \frac{6}{5}$ 이므로 $k = \frac{1}{6}$ 이다. (나)에서 $\frac{\text{모든 음이온의 수}}{\text{모든 양이온의 수}} = 1.5$ 이므로 (가)의 액성은 산성이고, $\frac{\text{모든 음이온의 수}}{\text{모든 양이온의 수}} = \frac{2N}{(2N-\frac{1}{3}xN)+\frac{1}{6}xN} = \frac{12}{12-x} = \frac{3}{2}$ 이므로 $x=4$ 이다. (다)에서 혼합 전 a M HCl(aq) 100 mL에 존재하는 H⁺의 수는 N 이고, a M A(OH)₂(aq) $4V$ mL에 존재하는 OH⁻의 수는 $\frac{4}{3}N$ 이므로 (다)의 액성은 염기성이고, (다)에서 $\frac{\text{모든 음이온의 수}}{\text{모든 양이온의 수}} = y = 2$ 이다. 따라서 $\frac{x}{y} = 2$ 이다.

심화 02번

접근 Point I의 몰 농도(M) $\times 50 = x \times 30$ 이므로 I의 몰 농도 = $\frac{3}{5}x$ M이고, A의 몰 농도는 I의 몰 농도의 10배이므로 $6x$ M이다.

02 중화 적정 실험

I의 몰 농도(M) $\times 50 = x \times 30$ 이므로 I의 몰 농도 = $\frac{3}{5}x$ M이고, A의 몰 농도는 I의 몰 농도의 10배이므로 $6x$ M이다. II의 몰 농도(M) $\times 50 = x \times 20$ 이므로 II의 몰 농도 = $\frac{2}{5}x$ M이고, B의 몰 농도는 II의 몰 농도의 20배이므로 $8x$ M이다.
 ㉠ A와 B의 몰 농도는 각각 $6x$ M, $8x$ M이므로 식초 속 CH₃COOH의 몰 농도(M)는 B가 A의 $\frac{4}{3}$ 배이다.

㉡ A의 몰 농도가 $6x$ M이므로 수용액 1 L(=1000d_A g)에 들어 있는 CH₃COOH의 양은 $6x$ mol(=360x g)이다. 따라서 A 1 g에 들어 있는 CH₃COOH의 질량은 $\frac{9x}{25d_A} (= \frac{360x}{1000d_A})$ g이다.

㉢ B의 몰 농도가 $8x$ M이므로 수용액 1 L(=1000d_B g)에 들어 있는 CH₃COOH의 양은 $8x$ mol(=480x g)이다. CH₃COOH 1 g이 들어 있는 A와 B의 질량(g)은 각각 $\frac{25d_A}{9x} (= \frac{1000d_A}{360x})$, $\frac{25d_B}{12x} (= \frac{1000d_B}{480x})$ 이므로 B가 A의 $\frac{3d_B}{4d_A}$ 배이다.

심화 03번

접근 Point Cl⁻의 수는 (가)~(다)에서 모두 같고, 수용액의 부피는 (나)가 (가)의 $\frac{3}{2}$ 배이므로 단위 부피당 Cl⁻의 수는 (나)가 (가)의 $\frac{2}{3}$ 배이다.

03 중화 반응과 이온 모형

Cl⁻의 수는 (가)~(다)에서 모두 같고, 수용액의 부피는 (나)가 (가)의 $\frac{3}{2}$ 배이므로 단위 부피당 Cl⁻의 수는 (나)가 (가)의 $\frac{2}{3}$ 배이다. 단위 부피당 이온 모형의 수가 (나)가 (가)의 $\frac{2}{3}$ 배인 것은 ○뿐이므로 ○은 Cl⁻이다. Na⁺의 수는 (나)가 (가)의 2배이고, 수 용액의 부피는 (나)가 (가)의 $\frac{3}{2}$ 배이므로 단위 부피당 Na⁺의 수는 (나)가 (가)의 $\frac{4}{3}$ (=2 $\times$ $\frac{2}{3}$)배이다. 단위 부피당 이온 모형의 수가 (나)가 (가)의 $\frac{4}{3}$ 배인 것은 ■뿐이므로 ■은 Na⁺이다. (가)에서 단위 부피당 이온 모형의 수가 ○(Cl⁻)은 3, ■(Na⁺)은 6, ★은 3인데 수용액에 존재하는 모든 이온의 전하의 총합은 0이어야 하므로 ★은 OH⁻이다. (가)에서 이온 수 비는 Cl⁻:Na⁺:OH⁻=1:2:1이므로 Cl⁻, Na⁺, OH⁻의 수를 각각 N , $2N$, N 이라고 할 때, (다)에서 Cl⁻, Na⁺의 수는 각각 N , $10N$ 이고, 중화 반응 후 남은 OH⁻의 수는 $9N$ 이다. OH⁻의 수는 (다)가 (가)의 9배이고, 수용액의 부피는 (다)가 (가)의 3배이므로 단위 부피당 OH⁻의 수는 (다)가 (가)의 3(=9 $\times$ $\frac{1}{3}$)배이다. 따라서 (다)에서 ★(OH⁻)의 단위 부피당 이온 모형의 수는 9이다.

심화 04번

접근 Point HCl(aq) 에 $\text{X(OH)}_2(\text{aq})$ 을 가할 때 몰 농도가 증가하는 이온인 B 이온과 C 이온은 각각 X^{2+} 과 OH^- 중 하나이다.

04 중화 반응과 이온의 몰 농도

HCl(aq) 에 $\text{X(OH)}_2(\text{aq})$ 을 가할 때 몰 농도가 증가하는 이온인 B 이온과 C 이온은 각각 X^{2+} 과 OH^- 중 하나이고, B 이온이 C 이온보다 몰 농도의 증가가 크므로 B 이온은 OH^- 이고, C 이온은 X^{2+} 이다. x 는 0이 아니므로 A 이온은 H^+ 이 될 수 없고, A 이온은 Cl^- 이다.

✕. B 이온은 OH^- 이다.

㉠. 혼합 전 $\text{X(OH)}_2(\text{aq})$ 20 mL에 존재하는 X^{2+} 과 OH^- 의 수를 각각 N , $2N$ 이라고 하면, 가한 $\text{X(OH)}_2(\text{aq})$ 의 부피가 20 mL일 때, 혼합 수용액에 존재하는 X^{2+} 과 OH^- 의 수가 같으므로 X^{2+} 과 OH^- 의 수는 각각 N 이고, 반응한 OH^- 의 수가 N 이므로 반응한 H^+ 과 남아 있는 Cl^- 의 수도 각각 N 이다. 따라서 가한 $\text{X(OH)}_2(\text{aq})$ 의 부피가 20 mL일 때, Cl^- , X^{2+} , OH^- 모두 이온 수가 같으므로 $x=8k$ 이다.

㉡. 가한 $\text{X(OH)}_2(\text{aq})$ 의 부피가 20 mL일 때 혼합 수용액에 존재하는 Cl^- 과 X^{2+} 의 수가 같으므로 $a \times 10 = b \times 20$ 에서 $a=2b$ 이다.

심화 05번

접근 Point (가)에 존재하는 A 이온과 B 이온, (나)에 존재하는 C 이온과 D 이온은 모두 서로 다른 이온이므로 (가)에 존재하는 A 이온과 B 이온 중 하나는 H^+ 이고, (나)에 존재하는 C 이온과 D 이온 중 하나는 OH^- 이다.

05 중화 반응과 이온 수

(가)에 존재하는 A 이온과 B 이온, (나)에 존재하는 C 이온과 D 이온은 모두 서로 다른 이온이므로 (가)에 존재하는 A 이온과 B 이온 중 하나는 H^+ 이고, (나)에 존재하는 C 이온과 D 이온 중 하나는 OH^- 이다. (가)에 존재하는 A 이온과 B 이온의 수를 각각 $3N$, $4N$ 이라고 할 때, A 이온과 B 이온이 각각 H^+ 과 X^{2+} 중 하나라고 하면 수용액에 존재하는 모든 이온의 전하의 총합이 0이어야 하므로 Cl^- 의 수가 $10N$ 이거나 $11N$ 이어야 하는데, (나)에서 C 이온과 D 이온의 수가 이에 해당하지 않으므로 A 이온과 B 이온 중 하나는 H^+ 이고, 하나는 Cl^- 이다. (가)에는 X^{2+} 도 존재하므로 Cl^- 의 수는 H^+ 의 수보다 작을 수 없다. 따라서 A 이온은 H^+ 이고, B 이온은 Cl^- 이다. (나)에는 OH^- , X^{2+} , Cl^- 이 존재하는데 Cl^- 의 수는 (가)에서와 같이 $4N$ 이고, 수용액에 존재하는 모든 이온의 전하의 총합이 0이어야 하므로 C 이온은 X^{2+} 이고, D 이온은 OH^- 이다.

㉠. (가)의 액성은 산성이고, (나)의 액성은 염기성이므로 서로 다르다.

✕. A 이온은 H^+ 이다.

㉡. (나)에서 A~D 이온의 수는 각각 0, $4N$, $3N$, $2N$ 이므로 B 이온 수와 D 이온 수의 합은 A 이온 수와 C 이온 수의 합의 2배이다.

심화 06번

접근 Point $c > d$ 이고, $e > f$ 이므로 HCl(aq) 에 NaOH(aq) 을 가할 때 몰 농도가 감소하는 이온인 B 이온과 C 이온은 각각 H^+ 과 Cl^- 중 하나이다.

06 중화 반응과 이온의 몰 농도

$c > d$ 이고, $e > f$ 이므로 HCl(aq) 에 NaOH(aq) 을 가할 때 몰 농도가 감소하는 이온인 B 이온과 C 이온은 각각 H^+ 과 Cl^- 중 하나이고, $d > e$ 이므로 B 이온은 Cl^- 이고, C 이온은 H^+ 이다. A 이온과 D 이온은 각각 Na^+ 과 OH^- 중 하나인데 $b > g$ 이므로 A 이온은 Na^+ 이고, D 이온은 OH^- 이다.

✕. B 이온은 Cl^- 이다.

㉠. 가한 NaOH(aq) 의 부피가 100 mL일 때 A 이온(Na^+)의 몰 농도(M)는 $y \times \frac{100}{100+V}$ 이고, 가한 NaOH(aq) 의 부피가 150 mL일 때 A 이온(Na^+)의 몰 농도(M)는 $y \times \frac{150}{150+V}$ 이므로 $y \times \frac{100}{100+V} : y \times \frac{150}{150+V} = 8 : 9$ 에서 $V=50$ 이다.

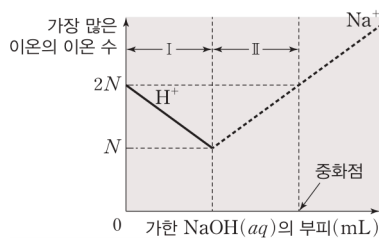
㉡. 가한 NaOH(aq) 의 부피가 200 mL일 때 $g > 0$ 이므로 혼합 수용액은 염기성이고, 수용액에 존재하는 모든 이온의 전하의 총합이 0이므로 A 이온(Na^+)의 몰 농도는 B 이온(Cl^-)과 D 이온(OH^-)의 몰 농도 합과 같다. $f=0$ 이고, $b > g$ 이므로 $b > f+g$ 이다.

심화 07번

접근 Point (가)~(라)에서 혼합 수용액에 존재하는 이온 중 이온 수가 가장 큰 이온의 수가 감소했다가 증가하므로 X는 HCl 일 수 없다.

07 중화 반응과 이온 수

X가 HCl이면 중화점에 도달할 때까지 혼합 수용액에 존재하는 이온 중 이온 수가 가장 큰 이온은 Cl^- 으로서 그 수가 일정하게 유지되고, 중화점 이후부터는 Na^+ 으로서 그 수가 점점 증가한다. (가)~(라)에서 혼합 수용액에 존재하는 이온 중 이온 수가 가장 큰 이온의 수가 감소했다가 증가하므로(9 → 8 → 8 → 9) X는 HCl가 아니다. 따라서 X는 H_2A 이다. $\text{H}_2\text{A}(\text{aq})$ 100 mL에 존재하는 H^+ 과 A^{2-} 의 수를 각각 $2N$, N 이라고 하면, 가한 $\text{NaOH}(\text{aq})$ 의 부피가 증가함에 따라 이온 수가 가장 큰 이온인 H^+ 의 수는 점점 감소하다가 가한 $\text{NaOH}(\text{aq})$ 에 존재하는 Na^+ 과 OH^- 의 수가 각각 N , N 일 때, 혼합 수용액에서 H^+ , A^{2-} , Na^+ 의 수가 모두 N 으로 같으므로 이온 수가 가장 큰 이온의 수는 N 이며, 그 이후부터는 이온 수가 가장 큰 이온인 Na^+ 의 수가 증가하다가 중화점에 도달했을 때 $2N$ 이 된다. 중화점 이후에는 이온 수가 가장 큰 이온인 Na^+ 의 수가 계속 증가한다. 이를 그림으로 나타내면 다음과 같다.



표에서 (라)에 존재하는 이온 중 이온 수가 가장 큰 이온의 수가 (가)에 존재하는 이온 중 이온 수가 가장 큰 이온의 수보다 크지 않으므로 (라)는 중화점 이전에 해당한다. 따라서 (가)와 (나)는 구간 I에 해당하고, (다)와 (라)는 구간 II에 해당한다.

✕. (다)는 구간 II에 해당하므로 (다)의 액성은 산성이다.

○. (나)는 구간 I에 해당하고 이온 수는 $\text{H}^+ > \text{A}^{2-} > \text{Na}^+$ 이므로 (나)에 존재하는 이온 중 이온 수가 가장 작은 이온은 Na^+ 이다.

✕. $\text{H}_2\text{A}(\text{aq})$ 에 $\text{NaOH}(\text{aq})$ 을 가하는 중화 반응에서 중화점 이전에는 혼합 수용액에 존재하는 $\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}} = 2$ 이다.

(라)는 중화점 이전에 해당하므로 (라)에서 $\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}} = 2$ 이다.

심화 08번

접근 Point H_mA 와 $\text{B}(\text{OH})_n$ 의 화학식량을 각각 M_1 , M_2 라고 하면, II에서 혼합 수용액의 액성이 산성이므로 $m \times \frac{2w}{M_1} > n \times \frac{w}{M_2}$ 에서 $2mM_2 > nM_1$ 이다.

08 중화 반응과 혼합 수용액의 액성

H_mA 와 $\text{B}(\text{OH})_n$ 의 화학식량을 각각 M_1 , M_2 라고 하면, II에서 혼합 수용액의 액성이 산성이므로 $m \times \frac{2w}{M_1} > n \times \frac{w}{M_2}$ 에서 $2mM_2 > nM_1$ 이다. $M_1 > 2M_2$ 이므로 $2mM_2 > nM_1 > 2nM_2$ 이다. 따라서 $m > n$ 이므로 $m=2$, $n=1$ 이다.

○. $m=2$, $n=1$ 이므로 $\frac{n}{m} = \frac{1}{2}$ 이다.

○. $\text{H}_2\text{A}(\text{aq})$ 과 $\text{BOH}(\text{aq})$ 의 중화 반응에서 혼합 수용액의 액성이 산성이면 혼합 수용액에 존재하는 모든 양이온의 수 : 모든 음이온의 수 = 2 : 1이다. 따라서 II에서 혼합 수용액에 존재하는 $\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}} = x = \frac{2}{3}$ 이다.

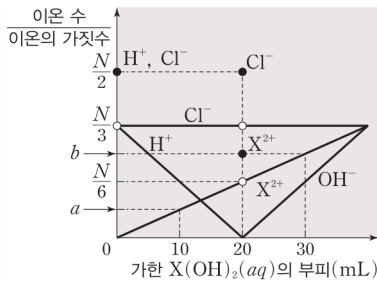
○. I에서 혼합 전 $\text{H}_2\text{A}(\text{aq})$ 과 $\text{BOH}(\text{aq})$ 에 존재하는 H^+ 과 OH^- 의 몰비는 $2 \times \frac{w}{M_1} : \frac{w}{M_2} = \frac{2}{M_1} : \frac{1}{M_2}$ 이고, $M_1 > 2M_2$ 을 적용하면 $\frac{2}{M_1} < \frac{1}{M_2}$ 이므로 '염기성'은 (가)로 적절하다.

심화 09번

접근 Point HCl(aq) 에 $\text{X(OH)}_2(\text{aq})$ 을 가할 때 혼합 수용액에 존재하는 이온의 가짓수는 산성에서 3, 중성에서 2, 염기성에서 3이다.

09 중화 반응과 이온 수, 이온의 가짓수

HCl(aq) 에 $\text{X(OH)}_2(\text{aq})$ 을 가할 때 혼합 수용액에 존재하는 이온의 가짓수는 산성에서 3, 중성에서 2, 염기성에서 3이다. 가한 $\text{X(OH)}_2(\text{aq})$ 의 부피(mL)가 증가할 때 H^+ 의 수는 산성에서 감소하고, 중성과 염기성에서는 0으로 일정하며, Cl^- 의 수는 항상 일정하다. 또한 X^{2+} 의 수는 계속 증가하고, OH^- 의 수는 산성과 중성에서 0으로 일정하고, 염기성에서 증가한다. 0.1 M HCl(aq) V mL에 존재하는 H^+ 과 Cl^- 의 수를 각각 N , N 이라고 하고, 이온의 가짓수와 이온 수 변화를 적용하여 그림으로 나타내면 다음과 같다.



$b > a$ 이고, 가한 $\text{X(OH)}_2(\text{aq})$ 의 부피(mL)가 10, 20, 30일 때 $\frac{\text{A 이온 수}}{\text{이온의 가짓수}}$ 는 a, b, b 이므로 이에 해당하는 A 이온은 X^{2+} 이다.

㉠ A 이온은 X^{2+} 이다.

㉡ 가한 $\text{X(OH)}_2(\text{aq})$ 의 부피가 20 mL일 때 혼합 수용액의 액성이 중성이므로 $0.1 \times V = 2 \times 0.1 \times 20$ 에서 $V = 40$ 이다.

㉢ A 이온(X^{2+}) 수는 가한 $\text{X(OH)}_2(\text{aq})$ 의 부피가 30 mL일 때가 10 mL일 때의 3배이고, 이온의 가짓수는 3으로 같으므로 $\frac{\text{A 이온 수}}{\text{이온의 가짓수}}$ 는 가한 $\text{X(OH)}_2(\text{aq})$ 의 부피가 30 mL일 때가 10 mL일 때의 3배이다. 따라서 $b = 3a$ 이다.

심화 10번

접근 Point 가한 수용액이 $\text{Z(OH)}_2(\text{aq})$ 이면 중화점까지 모든 이온의 양은 감소하여 중화점에서 0.02 mol이 되고, 중화점 이후에 증가한다.

10 중화 반응과 이온 수

0.1 M $\text{H}_2\text{X(aq)}$ 100 mL에 존재하는 모든 이온의 양은 0.03 mol이다. 가한 수용액이 $\text{Z(OH)}_2(\text{aq})$ 이면 중화점까지

모든 이온의 양은 감소하여 중화점에서 0.02 mol이 되고, 중화점 이후에 증가한다. 가한 수용액이 YOH(aq) 이면 중화점까지 모든 이온의 양은 0.03 mol로 일정하고, 중화점 이후에 증가한다. 가한 A(aq) 의 부피가 V_1 mL일 때와 V_3 mL일 때 모든 이온의 양은 a mol로 같은데 A가 Z(OH)_2 이면, $a < 0.03$ 이고, B가 YOH 이면 가한 B(aq) 의 부피가 V_2 mL일 때 모든 이온의 양은 0.03 mol이므로 a mol일 수 없다. 따라서 A는 YOH 이고, B는 Z(OH)_2 이다. A가 YOH 이므로 $a = 0.03$ 이고, 가한 A(aq) 의 부피가 V_4 mL일 때 모든 이온의 양이 0.06 mol이므로 혼합 수용액의 액성은 염기성이다. 0.1 M $\text{H}_2\text{X(aq)}$ 100 mL에 0.1 M YOH(aq) V_4 mL를 가할 때, 혼합 수용액에 존재하는 X^{2-} , Y^+ , OH^- 의 양은 각각 0.01 mol, $\frac{V_4}{10000}$ mol, $\left(\frac{V_4}{10000} - 0.02\right)$ mol이고 모든 이온의 양(mol)은 $0.01 + \frac{V_4}{10000} + \left(\frac{V_4}{10000} - 0.02\right) = \frac{V_4}{5000} - 0.01 = 0.06$ 이므로 $V_4 = 350$ 이다. 0.1 M $\text{H}_2\text{X(aq)}$ 100 mL에 0.1 M $\text{Z(OH)}_2(\text{aq})$ V_2 mL를 가할 때, 혼합 수용액에 존재하는 X^{2-} , Z^{2+} , OH^- 의 양은 각각 0.01 mol, $\frac{V_2}{10000}$ mol, $\left(\frac{V_2}{5000} - 0.02\right)$ mol이고 모든 이온의 양(mol)은 $0.01 + \frac{V_2}{10000} + \left(\frac{V_2}{5000} - 0.02\right) = \frac{3V_2}{10000} - 0.01 = 0.03$ 이므로 $V_2 = \frac{400}{3}$ 이다. 따라서 $\frac{V_4}{V_2} = \frac{21}{8} \left(= \frac{350}{400}\right)$ 이다.

심화 11번

접근 Point HCl(aq) 에 $\text{A(OH)}_2(\text{aq})$ V mL를 가할 때가 중화점이라고 하면 이온 수가 가장 큰 이온은 $2V$ mL를 가하기 이전까지 Cl^- 이고, $2V$ mL를 가할 때 Cl^- , A^{2+} , OH^- 이고, 그 이후에는 OH^- 이다.

11 중화 반응과 이온 모형

HCl(aq) 에 $\text{A(OH)}_2(\text{aq})$ V mL를 가할 때가 중화점이라고 하면 이온 수가 가장 큰 이온은 $2V$ mL를 가하기 이전까지 Cl^- 이고, $2V$ mL를 가할 때 Cl^- , A^{2+} , OH^- 이고, 그 이후에는 OH^- 이다. a M HCl(aq) 10 mL에 존재하는 Cl^- 의 수를 $4N$ 이라고 하면, $\text{A(OH)}_2(\text{aq})$ 80 mL를 가할 때 혼합 수용액에 존재하는 OH^- 의 수는 $6N$ 이므로 혼합 전 $\text{A(OH)}_2(\text{aq})$ 80 mL에 존재하는 A^{2+} 과 OH^- 의 수는 각각 $5N$, $10N$ 이다. $\text{A(OH)}_2(\text{aq})$ x mL를 가할 때 혼합 수용액에 존재하는 OH^- 의 수는 $8N$ 이므로 혼합 전 $\text{A(OH)}_2(\text{aq})$ x mL에 존재하는 A^{2+} 과 OH^- 의 수는 각각 $6N$, $12N$ 이다. $80 : x = 5N : 6N$ 이므로 $x = 96$ 이다.

㉠ $x = 96$ 이다.

㉡ a M HCl(aq) 10 mL에 존재하는 H^+ 의 수는 $4N$ 이고, b M $\text{A(OH)}_2(\text{aq})$ 40 mL에 존재하는 OH^- 의 수는 $5N$ 이므로 혼합 수용액의 액성은 염기성이다.

㉢ a M HCl(aq) 10 mL에 존재하는 H^+ 과 Cl^- 의 수는 각각 $4N$, $4N$ 이고, b M $\text{A(OH)}_2(\text{aq})$ 60 mL에 존재하는 A^{2+} 과 OH^- 의 수는 각각 $\frac{15}{4}N$, $\frac{15}{2}N$ 이므로 혼합 수용액에 존재하는

Cl^- , A^{2+} , OH^- 의 수는 각각 $4N$, $\frac{15}{4}N$, $\frac{7}{2}N$ 이다. 따라서 혼합 수용액에 존재하는 이온 중 이온 수가 가장 큰 이온은 Cl^- 이다.

심화 12번

접근 Point HCl(aq) , $\text{H}_2\text{X(aq)}$, NaOH(aq) , $\text{Y(OH)}_2\text{(aq)}$ 에 존재하는 알기를 찾는 각각 1, 2, 1, $\frac{1}{2}$ 이다.

12 중화 반응과 이온 수

같은 몰 농도, 같은 부피의 HCl(aq) , $\text{H}_2\text{X(aq)}$, NaOH(aq) , $\text{Y(OH)}_2\text{(aq)}$ 을 혼합하는 순서에 따라 각 과정에서

$\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}}$ 가 달라진다. HCl(aq) , $\text{H}_2\text{X(aq)}$, NaOH(aq) ,

$\text{Y(OH)}_2\text{(aq)}$ 에 존재하는 $\frac{\text{양이온 수}}{\text{음이온 수}}$ 는 각각 1, 2, 1, $\frac{1}{2}$ 이고,

(나)에서 (라)로 갈수록 $\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}}$ 가 증가한다. ($c > b > a$)

(다)와 (라)에서 C(aq) 또는 D(aq) 이 $\frac{\text{양이온 수}}{\text{음이온 수}}$ 가 가장 작은

$\text{Y(OH)}_2\text{(aq)}$ 이라면 (다)와 (라)의 $\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}}$ 중 하나

도 (나)의 $\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}}$ 보다 작게 된다. 따라서 $\text{Y(OH)}_2\text{(aq)}$

는 A(aq) 과 B(aq) 중 하나이다. 또한 $\text{H}_2\text{X(aq)}$ 이 A(aq)

과 B(aq) 중 하나이면 (나) 과정 후 혼합 수용액에 존재하는

$\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}}=1$ 이고, C(aq) 이 HCl(aq) 또는 NaOH(aq)

이므로 (다) 과정 후 $\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}}=1$ 로 (나) 과정 후와

같다. 따라서 $\text{H}_2\text{X(aq)}$ 은 A(aq) 과 B(aq) 중 하나가 아니

다. NaOH(aq) 이 A(aq) 과 B(aq) 중 하나이면 (다) 또는

(라) 과정에서 C(aq) 또는 D(aq) 으로 HCl(aq) 을 가할 때

$\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}}$ 가 변하지 않으므로 NaOH(aq) 은 A(aq) 과

B(aq) 중 하나가 아니다. 따라서 HCl(aq) 과 $\text{Y(OH)}_2\text{(aq)}$ 이

각각 A(aq) 과 B(aq) 중 하나이므로 (나) 과정 후 $\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}}$

$=a=\frac{1}{2}$ 이다. C(aq) 이 $\text{H}_2\text{X(aq)}$ 이고, D(aq) 이 NaOH(aq)

이면 (다) 과정 후와 (라) 과정 후 $\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}}$ 는 각각 1, 1

이므로 C(aq) 은 NaOH(aq) 이고, D(aq) 은 $\text{H}_2\text{X(aq)}$ 이다.

따라서 (다) 과정 후와 (라) 과정 후 $\frac{\text{모든 양이온의 수}}{\text{모든 음이온의 수}}$ 는 각각

$b=\frac{2}{3}$, $c=1$ 이다.

✕. (나)에서 몰 농도가 같은 HCl(aq) 10 mL와 $\text{Y(OH)}_2\text{(aq)}$ 10 mL를 혼합한 수용액의 액성은 염기성이다.

○. C는 NaOH 이다.

○. $a \times b \times c = \frac{1}{2} \times \frac{2}{3} \times 1 = \frac{1}{3}$ 이다.

심화 13번

접근 Point (가)는 $\frac{\text{모든 양이온의 양(mol)}}{\text{모든 이온의 양(mol)}}$ 이 감소하다가 일정하므로 HCl(aq) 에 $\text{B(OH)}_2\text{(aq)}$ 을 가하는 것이다.

13 중화 반응과 이온의 양(mol)

산과 염기의 종류를 달리하여 산 수용액에 염기 수용액을 가할 때, 가한 염기 수용액의 부피에 따른 혼합 수용액에 존재하는

$\frac{\text{모든 양이온의 양(mol)}}{\text{모든 이온의 양(mol)}}$ 의 변화는 다음과 같다.

산 수용액	가한 염기 수용액	$\frac{\text{모든 양이온의 양(mol)}}{\text{모든 이온의 양(mol)}}$ 의 변화		
		중화점 이전	중화점	중화점 이후
HCl(aq)	NaOH(aq)	$\frac{1}{2}$ 일정	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$ 일정
HCl(aq)	$\text{B(OH)}_2\text{(aq)}$	감소	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$ 일정
$\text{H}_2\text{A(aq)}$	NaOH(aq)	$\frac{2}{3}$ 일정	$\frac{2}{3}$	감소
$\text{H}_2\text{A(aq)}$	$\text{B(OH)}_2\text{(aq)}$	감소	$\frac{1}{2}$	감소

(가)는 $\frac{\text{모든 양이온의 양(mol)}}{\text{모든 이온의 양(mol)}}$ 이 감소하다가 일정하므로

HCl(aq) 에 $\text{B(OH)}_2\text{(aq)}$ 을 가하는 것이고, (나)는 일정하다가

감소하므로 $\text{H}_2\text{A(aq)}$ 에 NaOH(aq) 을 가하는 것이다.

(가)에서 가한 염기 수용액의 부피가 V_1 mL와 V_2 mL일 때

$\frac{\text{모든 양이온의 양(mol)}}{\text{모든 이온의 양(mol)}}$ 을 비교하면

$\frac{(0.1 \times 100 - 2 \times 0.1 \times V_1) + 0.1 \times V_1}{(0.1 \times 100 - 2 \times 0.1 \times V_1) + 0.1 \times V_1 + 0.1 \times 100} : \frac{1}{3} = 4 : 3$

이므로 $V_1=20$ 이다.

(나)에서 가한 염기 수용액의 부피가 V_2 mL와 V_3 mL일 때

$\frac{\text{모든 양이온의 양(mol)}}{\text{모든 이온의 양(mol)}}$ 을 비교하면

$\frac{2}{3} : \frac{0.1 \times V_3}{0.1 \times V_3 + (0.1 \times V_3 - 2 \times 0.1 \times 100) + 0.1 \times 100} =$

$16 : 15$ 이므로 $V_3=250$ 이다. 따라서 $\frac{V_3}{V_1} = \frac{25}{2}$ 이다.

심화 14번

접근 Point (가)~(다)에 각각 0.1 M NaOH(aq) 300 mL를 가할 때, 액성이 산성인 혼합 수용액이 2가지이므로 (가)~(다) 중 2가지 수용액 각각에 존재하는 H^+ 의 양은 0.03 mol보다 크다.

14 중화 반응과 혼합 수용액의 액성

(가)~(다)에 존재하는 H^+ 의 양을 모든 경우에 대해 나타내면 다음과 같다.

수용액	(가)		(나)		(다)	
몰 농도와 부피	a M 100 mL		$2a$ M 100 mL		$2a$ M 100 mL	
용질의 종류	HCl	H_2A	HCl	H_2A	HCl	H_2A
H^+ 의 양(mol)	$0.1a$	$0.2a$	$0.2a$	$0.4a$	$0.2a$	$0.4a$

(가)~(다)에 각각 0.1 M NaOH(aq) 300 mL를 가할 때, 액성이 산성인 혼합 수용액은 2가지이므로 (가)가 $\text{H}_2\text{A(aq)}$ 이면 (나)

와 (다)는 모두 $\text{H}_2\text{A(aq)}$ 이어야 한다. 그런데 (나)와 (다)가 모두

$\text{H}_2\text{A(aq)}$ 이면 (가)~(다)에 각각 0.2 M NaOH(aq) 200 mL

를 가할 때, 액성이 염기성인 혼합 수용액이 2가지일 수 없으므로

(가)는 HCl(aq) 이다. 따라서 $0.1a \leq 0.1 \times 0.3$ 이므로 $a \leq 0.3$ 이다.

(가)~(다)에 각각 0.2 M NaOH(aq) 200 mL를 가할 때, 액성이 염기성인 혼합 수용액은 2가지이므로 (나)와 (다)가 모두

HCl(aq) 이거나 모두 $\text{H}_2\text{A(aq)}$ 일 수 없다. 따라서 (나)와 (다) 중 하나는 HCl(aq) 이고, 나머지 하나는 $\text{H}_2\text{A(aq)}$ 이며, (나)와

(다) 중 $\text{H}_2\text{A}(aq)$ 인 하나만 혼합 수용액의 액성이 염기성이 아니다. 따라서 $0.2a < 0.2 \times 0.2 \leq 0.4a$ 이므로 $0.1 \leq a < 0.2$ 이다.

(나)에 $0.2 \text{ M NaOH}(aq)$ 300 mL를 가할 때, 혼합 수용액의 액성은 산성인데 (나)가 $\text{HCl}(aq)$ 이면 $0.2 \text{ M NaOH}(aq)$ 200 mL를 가할 때 (나)와 (다)가 모두 산성이므로 조건에 부합하지 않는다. 따라서 (나)는 $\text{H}_2\text{A}(aq)$ 이고, (다)는 $\text{HCl}(aq)$ 이며, $0.4a > 0.2 \times 0.3$ 이므로 $a > 0.15$ 이다. $a \leq 0.3$ 이고, $0.1 \leq a < 0.2$ 이며, $a > 0.15$ 이므로 $0.15 < a < 0.2$ 이다.

(가)~(다)에 대한 자료를 정리하면 다음과 같다.

수용액	(가)	(나)	(다)
물 농도와 부피	$a \text{ M}$ 100 mL	$2a \text{ M}$ 100 mL	$2a \text{ M}$ 100 mL
용질의 종류	HCl	H_2A	HCl
H^+ 의 양(mol)	$0.015 < 0.1a < 0.02$	$0.06 < 0.4a < 0.08$	$0.03 < 0.2a < 0.04$

$0.2 \text{ M NaOH}(aq)$ 250 mL에 존재하는 OH^- 의 양은 0.05 mol이므로 (가)~(다)에 각각 $0.2 \text{ M NaOH}(aq)$ 250 mL를 가할 때, 혼합 수용액의 액성이 염기성인 것은 (가)와 (다) 2가지이다.