

2

화학 반응과 열의 출입

●●
 부모님과 함께 등산을 갔어.
 산 위에서 점심 식사를 하려고
 발열 도시락을 준비해 갔지.
 불을 피우지 않아도 따뜻한 음식을
 먹을 수 있다니 너무 신기했어.
 ●●

도입 사진 수업 활용하기
 산 정상에서 불을 피우지 않고도 음식을 따뜻하게 먹을 수 있는 발열 도시락은 열을 방출하는 화학 반응을 이용한 것이다. 화학 반응이 일어날 때에는 항상 열의 출입이 따르며 열을 방출하는 반응과 열을 흡수하는 반응이 있다.



예시 답안 발열 도시락은 열을 방출하는 화학 반응을 이용한 것이다. 화학 반응이 일어나면 반응물과 다른 새로운 물질이 생성되며, 열의 출입이 있다. 열을 방출하는 화학 반응을 이용하여 발열 장치를, 열을 흡수하는 화학 반응을 이용하여 냉각 장치를 만들 수 있다.

💡 생각 열기

발열 도시락은 화학 반응이 일어날 때 출입하는 열을 이용한 것이다. 화학 반응에서 열의 출입은 어떻게 나타날까?

6학년에서 산과 염기의 기초적인 개념과 특징을 이해하고, 통합과학에서는 산 염기 중화 반응과 산화 환원을 학습하였다.

산 염기 중화 반응에서의 양적 관계를 학습하고, 전자 이동과 산화 수 변화로 산화 환원 반응을 학습한다. 화학 반응에서 열의 출입을 알아본 후, 이를 이용한 간단한 장치를 고안하고, 열의 출입을 측정한다.

화학Ⅱ에서는 화학 반응에서 출입하는 열을 엔탈피로 이해하고, 산 염기 평형을 이용하여 산 염기 세기에 대해 학습한다.

이전에 배운 내용

- 산성과 염기성
- 중화 반응
- 산화와 환원

이 단원의 내용

- 01 산 염기 중화 반응
- 02 산화 환원 반응
- 03 화학 반응에서 열의 출입

앞으로 배울 내용

- 반응엔탈피
- 산 염기 평형

산 염기 중화 반응

소단원 지도상의 유의점

1. 산 염기 중화 반응은 수용액 반응으로 제한하고, 그 양적 관계는 알짜 이온 반응식을 중심으로 다루며 중화점을 부피 변화, 온도 변화, 전기 전도도의 변화로 다루지 않는다.
2. 중화 적정은 식초의 아세트산 함량을 확인하는 것으로 제한하며 중화 적정 곡선과 완충 용액은 다루지 않는다.

• 산 염기 중화 반응을 이해하고, 산 염기 중화 반응에서의 양적 관계를 설명할 수 있다.

지도 길잡이 위산이 많이 분비되어 속이 쓰릴 때 수산화 알루미늄, 수산화 마그네슘 등과 같은 염기가 들어 있는 제산제를 복용하는데, 이는 중화 반응을 이용하는 것임을 알게 한다. 이외에 일상생활에서 중화 반응이 이용되는 사례를 더 찾아보게 하여 흥미를 유발한다. 염산과 수산화 나트륨 수용액의 반응을 모형으로 나타내어 중화 반응을 설명하고, 알짜 이온 반응식을 이용하여 H^+ 과 OH^- 의 양적 관계를 알게 한다.

1 중화 반응

위산이 너무 많이 분비되어 위 점막이 혈면 속이 쓰리거나 아프다. 이럴 때 사용하는 제산제에는 수산화 알루미늄, 수산화 마그네슘 등과 같은 염기가 들어 있다. 제산제는 위산과 어떤 반응을 하여 속 쓰림을 완화하는 것일까? $Mg(OH)_2(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow MgCl_2(aq) + 2H_2O(l)$

산의 수용액에는 수소 이온(H^+)과 음이온이 들어 있고, 염기의 수용액에는 수산화 이온(OH^-)과 양이온이 들어 있다. 산 수용액과 염기 수용액을 섞으면 H^+ 과 OH^- 이 반응하여 물(H_2O)을 생성하고, 산의 음이온과 염기의 양이온이 반응하여 염을 생성하는데, 이를 **중화 반응**이라고 한다.

염산($HCl(aq)$)과 수산화 나트륨($NaOH$) 수용액의 중화 반응을 모형으로 나타내면 |그림 2-1|과 같다.



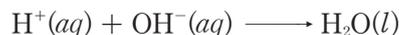
|그림 2-1| 염산과 수산화 나트륨 수용액의 중화 반응 모형



교과개념자료

$HCl(aq)$ 과 $NaOH$ 수용액을 혼합하면 H^+ 과 OH^- 이 반응하여 H_2O 을 생성하고, Na^+ 과 Cl^- 은 반응에 참여하지 않고 수용액에 그대로 남는다. 따라서 중화 반응은 산성을 나타내는 H^+ 과 염기성을 나타내는 OH^- 이 반응하여 중성인 H_2O 이 생성되는 반응이라고 할 수 있다.

실제 반응에 참여한 이온만으로 나타낸 화학 반응식을 **알짜 이온 반응식**이라고 하며, 이를 이용하여 중화 반응을 나타내면 다음과 같다.



1~2차시 학습 전개도

| 도입 | 제산제의 작용 원리 |
|----|---|
| 전개 | <ul style="list-style-type: none"> • 중화 반응의 이용 • 중화 반응 모형 • 중화 반응의 양적 관계 |
| 정리 | <ul style="list-style-type: none"> • 중화 반응의 양적 관계를 이용하여 산과 염기 수용액의 농도 구하기 • 다음 차시 예고: 중화 적정 |

중화 반응에서 **하이드로늄 이온 (H_3O^+)의 표현**
중화 반응에서는 H_3O^+ 을 간단히 H^+ 으로 나타낸다.



2 중화 반응의 양적 관계

용액 속 용질의 양 구하기

교과개념자료

용질의 양(mol)
= 용액의 몰 농도(mol/L)
× 용액의 부피(L)

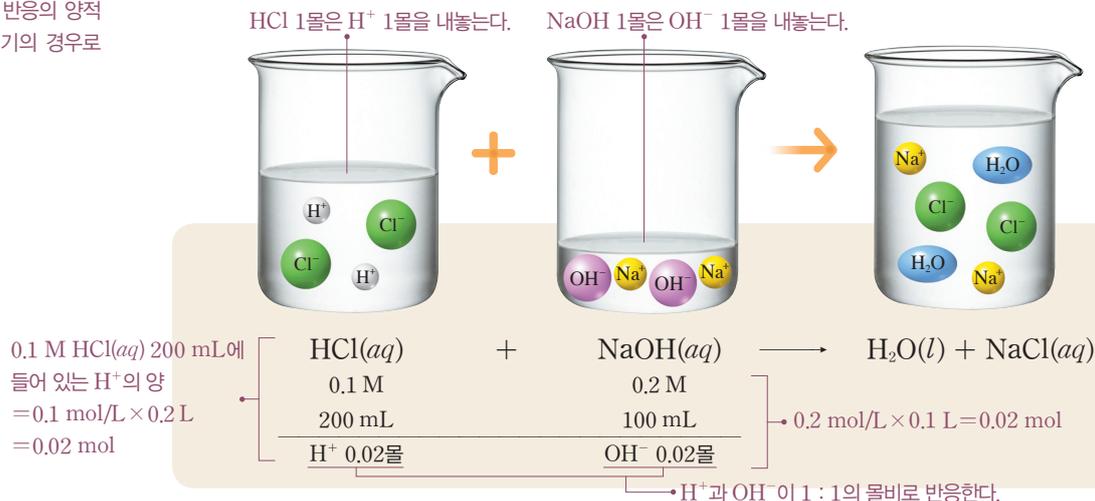
🕒 I-2. 물질의 양과 화학 반응 식 42쪽

☞ 좋은 수업을 위한 제안

화학 평형의 이동 원리를 학습하지 않았으므로 중화 반응의 양적 관계는 강산과 강염기의 경우로 제한하여 설명한다.

산과 염기가 중화 반응할 때에는 산의 수소 이온(H^+)과 염기의 수산화 이온(OH^-)이 1:1의 몰비로 반응한다. 그러면 0.1 M 염산($HCl(aq)$) 200 mL를 완전히 중화하려면 0.2 M 수산화 나트륨($NaOH$) 수용액이 얼마나 필요할까?

0.1 M $HCl(aq)$ 200 mL에는 0.02몰의 H^+ 이 들어 있다. 여기에 $NaOH$ 수용액을 넣어 완전히 중화하려면 0.02몰의 OH^- 이 필요하므로 0.2 M $NaOH$ 수용액 100 mL가 필요하다.



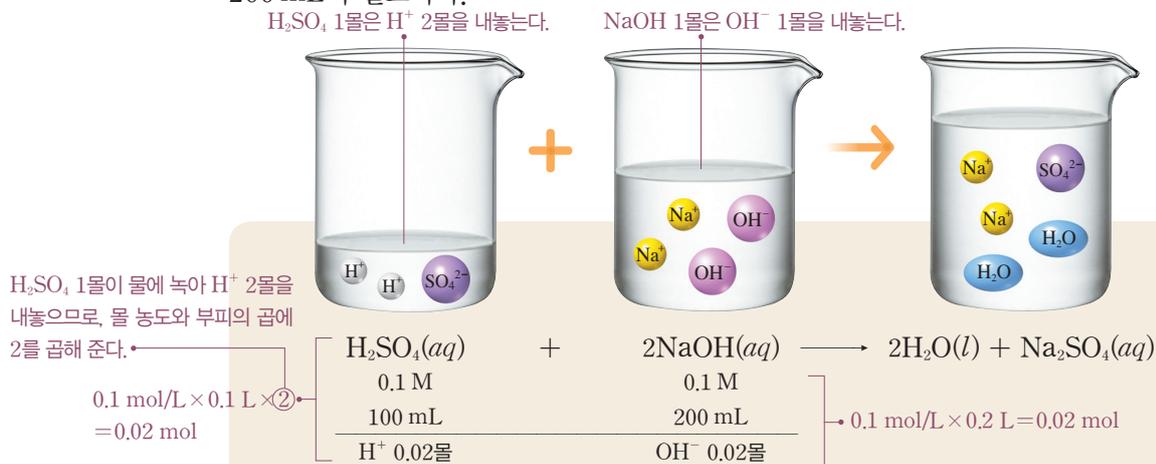
| 그림 2-2 | 염산과 수산화 나트륨 수용액의 중화 반응 모형과 양적 관계

☑ 오개념 지도

산과 염기가 반응할 때 각 수용액을 같은 부피로 섞으면 중화 반응이 완전히 일어난다고 생각하기 쉽다. H^+ 과 OH^- 이 1:1의 몰비로 반응할 때 중화 반응이 완전히 일어난다.

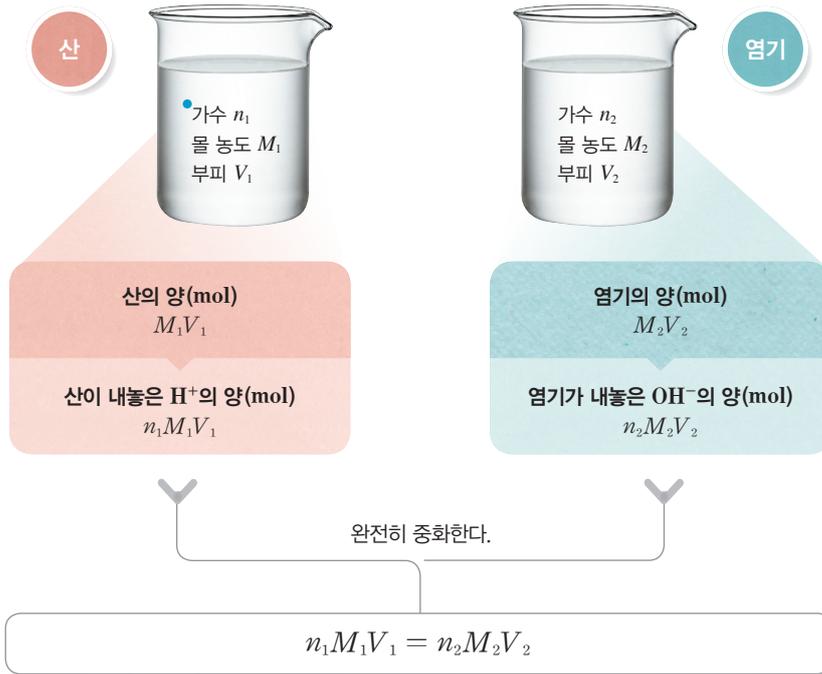
황산(H_2SO_4)은 중화 반응할 때 H_2SO_4 1몰이 2몰의 H^+ 을 내놓을 수 있다. 0.1 M의 H_2SO_4 100 mL를 완전히 중화하려면 0.1 M $NaOH$ 수용액이 얼마나 필요할까?

0.1 M의 H_2SO_4 100 mL에는 0.02몰의 H^+ 이 들어 있다. 여기에 $NaOH$ 수용액을 넣어 완전히 중화하려면 0.02몰의 OH^- 이 필요하므로 0.1 M $NaOH$ 수용액은 200 mL가 필요하다.



| 그림 2-3 | 황산과 수산화 나트륨 수용액의 중화 반응 모형과 양적 관계

따라서 산 수용액과 염기 수용액이 완전히 중화할 때에는 |그림 2-4|와 같은 관계가 성립한다.



|그림 2-4| 중화 반응에서의 양적 관계

•가수

산이나 염기 1몰이 내놓을 수 있는 H⁺이나 OH⁻의 양(mol)

- | | |
|----|---|
| 산 | 1가 산: HCl, CH ₃ COOH |
| | 2가 산: H ₂ SO ₄ , H ₂ CO ₃ |
| | 3가 산: H ₃ PO ₄ |
| 염기 | 1가 염기: NaOH, KOH |
| | 2가 염기: Ca(OH) ₂ , Ba(OH) ₂ |
| | 3가 염기: Al(OH) ₃ |

☞ 좋은 수업을 위한 제안

- 산이나 염기의 종류에 따라 내놓을 수 있는 H⁺의 수와 OH⁻의 수가 다를 수 있음을 설명하면서 가수를 도입한다.
- 중화 반응의 양적 관계를 유도할 때 몰 농도와 부피의 단위를 함께 적어 식을 유도한다.

예제 0.2 M 염산(HCl(aq)) 20 mL를 완전히 중화하는 데 필요한 0.05 M 수산화 바륨(Ba(OH)₂) 수용액의 부피(mL)를 구해 보자.

해설 1단계 HCl 1몰은 H⁺ 1몰을 내놓을 수 있고, Ba(OH)₂ 1몰은 OH⁻ 2몰을 내놓을 수 있다.
 2단계 중화 반응의 양적 관계 $n_1M_1V_1 = n_2M_2V_2$ 를 이용하여 Ba(OH)₂ 수용액의 부피를 구한다.
 $1 \times 0.2 \text{ M} \times 20 \text{ mL} = 2 \times 0.05 \text{ M} \times V_2$
 $\therefore V_2 = 40 \text{ mL}$

답 40 mL

→ 0.1 M 염산 10 mL를 완전히 중화하는 데 필요한 0.2 M 수산화 나트륨 수용액의 부피를 V라고 하면 중화 반응의 양적 관계에 따라 다음 관계식이 성립된다.
 $1 \times 0.1 \text{ M} \times 0.01 \text{ L}$
 $= 1 \times 0.2 \text{ M} \times V$
 $\therefore V = 0.005 \text{ L} = 5 \text{ mL}$
 따라서 0.2 M 수산화 나트륨 수용액 5 mL가 필요하다.

확인 01 0.1 M 염산(HCl(aq)) 10 mL를 완전히 중화하는 데 필요한 0.2 M 수산화 나트륨(NaOH) 수용액의 부피(mL)를 구해 보자.

확인 02 농도를 모르는 염산(HCl(aq)) 20 mL를 완전히 중화하는 데 0.2 M 수산화 나트륨(NaOH) 수용액 10 mL가 사용되었다. 이 HCl(aq)의 몰 농도(M)를 구해 보자.
 → 염산의 몰 농도를 M이라고 하면 중화 반응의 양적 관계에 따라 다음 관계식이 성립된다.
 $1 \times M \times 0.02 \text{ L} = 1 \times 0.2 \text{ M} \times 0.01 \text{ L} \therefore M = 0.1 \text{ M}$
 따라서 염산의 농도는 0.1 M이다.