

산화 - 환원 반응

Oxidation-Reduction Reactions

제 5 장

5.1 산화와 환원

● 산화

- 산소(O_2)가 다른 원소 또는 다른 화합물과 결합할 때 발생하는 화학적 변화

산화물 : 다른 원소들과 결합한 산소 화합물

: 적철광(hematite)은 산화철III (Fe_2O_3)를 함유

- 연소반응 : 열과 빛을 생성하는 신속한 산화반응.

: 탄소, 질소, 황을 함유한 물질이 공기 중에서 연소 시.

: 탄소 산화물 (CO_2 , CO등), 질소 산화물 (NO, NO_2 , N_2O),

황 산화물 (SO_2 , SO_3)



(메테인의 연소에서 탄소는 산화되어 이산화 탄소가 된다)

산화와 환원

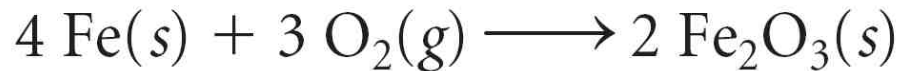


산화 : 산소를 얻음, 수소를 잃음 또는 전자를 잃음

환원 : 산소를 잃음, 수소를 얻음 또는 전자를 얻음

산화환원 반응 : 산화와 환원은 항상 동시에 일어난다

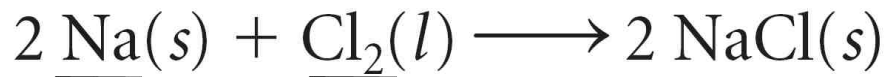
: 한 반응물은 산화되고 다른 반응물은 환원된다.



(산화 - 산소를 얻음)



(환원 - 산소를 잃음)



산화 -
전자를
잃음

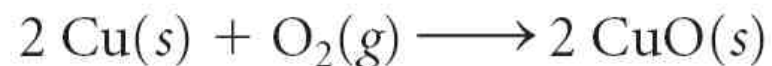
환원 -
전자를
얻음



그림 5.1 염소에 의한 소듐의 산화.
소듐 금속과 비금속인 염소와의 반응은 많은 양의 에너지를 방출한다.
생성물은 염화소듐으로 식탁의 소금으로 모든 사람과 친숙하다.

예제 5.1 산화와 환원의 확인

구리가 산소와 반응하여 이온성 산화물을 생성하는 다음 반응에서 어떤 반응물이 산화되고 어느 것이 환원되는지를 확인하라.



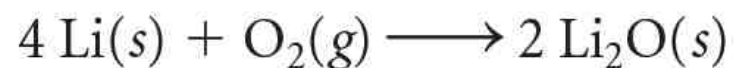
풀이

Cu와 O₂와의 반응은 반응물에 산소를 더하고, 금속과 비금속의 결합이므로 산화환원반응이다. 생성물은 이온 화합물이므로 전자 획득과 손실은 이온의 전하에 의해 결정된다. 산화물 CuO는 Cu²⁺와 O²⁻ 이온으로 구성되므로 금속 구리는 각 원자에서 2개의 전자를 잃고 산화되었고 산소는 각 원자가 2개의 전자를 얻어 환원되었다.

과제물

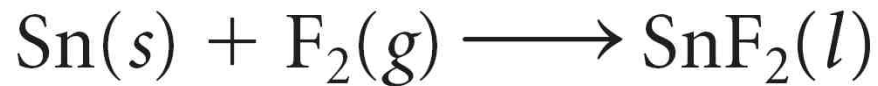
유제 5.1

매우 활성이 큰 금속인 리튬과 산소의 반응에서 무엇이 산화되고 무엇이 환원되었는지를 확인하라.



5.2 산화제 : 표백과 멸균의 원리

- **산화제** : 다른 물질이 산화되게 하는 반응물, 산화제는 환원된다.



염소를 함유한 정제를 수영장 필터에 넣고 있다.

표 5.1 산화제와 환원제

이름	화학식	용도
산화제		
이산화납	PbO_2	자동차 축전지
이산화망가니즈	MnO_2	전지
하이포아염소산소듐용액	$\text{NaOCl}(l)(aq)$	세탁 표백제, 살균제
산소	O_2	음식의 대사, 연료의 연소
오존	O_3	물의 정수, 위험 물질 파괴
염소	Cl_2	음용수와 폐수의 정화, 화학 합성
과산화수소	H_2O_2	표백, 살균

● 표백제: 색이 있는 화학 물질을 산화시킴으로써 원하지 않는 색을 제거함
[산화제]

● 살균제: 박테리아의 외부 표면을 산화함으로써 세포의 구조를 파괴
[산화제]

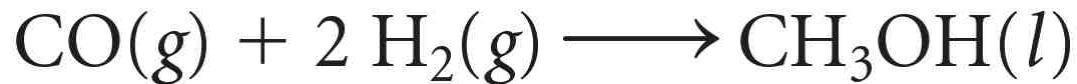
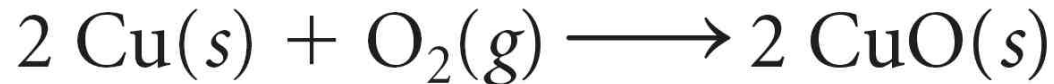
- 하이포아염소산소듐 (NaOCl) 용액

- 과산화수소 (H_2O_2): 살균제 겸 표백제로 사용

[붉은 과산화수소 용액은 박테리아의 감염을 방지하기 위해 상처를 씻는 소독제로 사용됨.]~소독제는 살균제와 비슷하지만 인체의 조직에 무해

5.3 환원제 : 야금 및 건강에 중요

● 환원제 : 다른 반응물이 환원되게 하는 반응물, 환원제는 산화된다.



알루미늄과 브롬 간의 산화환원 반응은 열을 방출하고 액체 브롬이 끓으면서 기화된 브롬 증기를 생성한다.

환원제

수소	<u>H₂</u>	연료, 화학 합성
이산화황	SO ₂	화학 합성
탄소	C	철 생산
아연	<u>Zn</u>	전지

항산화제 : 잠재적 산화제를 환원시킴으로써 산화를 방지한다. **(환원제)**

→ 신체에 유해한 산화제는 자유라디칼로 알려진 원자나 분자 조각.

→ 항산화제를 포함하는 과일, 채소, 비타민 A, C, E 또는 베타카로틴 섭취

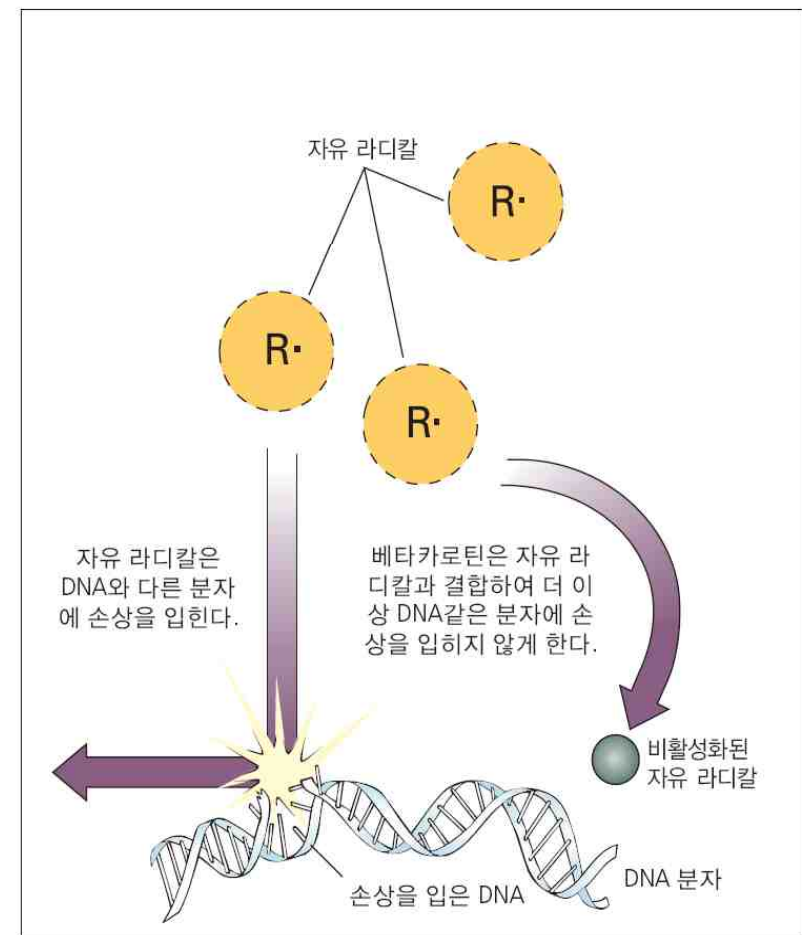
[항산화제의 작용

: 자유 라디칼과 반응하여

비활성화된 자유

라디칼을 형성]

그림 5.2 항산화제의 작용. 자유 라디칼($R\cdot$)이 생성되면 홀전자를 제거하거나 짝을 이룰 수 있는 어느 것이나 만나면 반응을 한다. 자유 라디칼을 제거함으로써 베타카로틴과 다른 항산화 비타민은 자유 라디칼이 DNA 또는 주요한 생분자에 손상을 주는 것을 방지한다.



산화-환원, 산화제-환원제 요약 ★★

산화	↔	환원
산소 얻음		산소 잃음
전자 잃음		전자 얻음
수소 잃음		수소 얻음

산화제는 다음에 의해 환원된다:

산소를 잃음
전자를 얻음
수소를 얻음

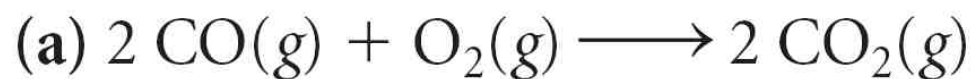


환원제는 다음에 의해 산화된다:

산소를 얻음
전자를 잃음
수소를 잃음

예제 5.2 산화제와 환원제

다음 산화환원 반응에서 산화제와 환원제를 확인하라.



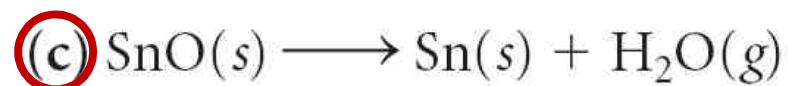
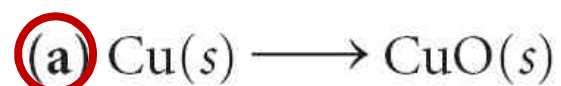
풀이

- (a) 산소는 산화제이고 일산화탄소에 첨가된다. 일산화탄소는 환원제이다.
- (b) 산화구리는 산소를 잃으므로 산화제이다. 수소는 환원제이고 산소가 첨가됨으로써 산화된다.

과제물

유제 5.2

다음의 주요 반응물이 표시되지 않아 완결되지 않은 반응식으로 나타낸 반응에서 반응물이 환원 또는 산화 여부를 확인하라.





N₂
H₂

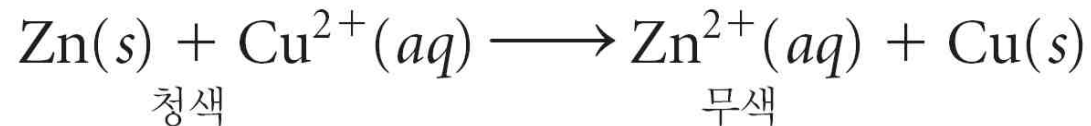
- 어느 것이 더 산화된 것인가? (a) CO (b) CO₂
- 환원을 일으키는 화학물질은 _____ 이다.
- Na를 Na⁺로 변환하는 것은 산화반응이다. (a) 참 (b) 거짓.
- 코크스(탄소의 한 형태)가 용광로에서 철광석과 반응할 때, 코크스는 (a) 산화 생성물 (b) 환원제 (c) 산화제 이다.
- 질소가 수소와 반응하여 암모니아(NH₃)를 생성할 때, 질소는 (a) 산화 (b) 환원되었다고 한다.
- 산화를 일으키는 화학물질은 _____ 이다.
- 아연의 산화된 형태는 어느 것인가? (a) Zn²⁺ 이온 (b) Zn 원자
- $2\text{Li}(s) + \text{S}(s) \longrightarrow \text{Li}_2\text{S}(s)$ 의 반응에서 황은 산화제이다. (a) 참 (b) 거짓
- 다음의 각 쌍에서 어느 화합물이 더 환원된 것인가?
 (a) HC≡N, CH₃NH₂
 (b) CH₃CH₃, H—C≡C—H
 (c) CH₃CH₂OH, CH₃CO₂H
- 화학 정의에 따르면, 항산화제는 _____ 이다.
- 광석에서 금속을 유리시키려면 _____ 인 화학반응물이 필요하다.
- 살균제는 _____ 로 분류된 화학물질이다.

5.4 전지

● 전기화학 **전지**: 화학 반응으로부터 전류를 생산하는 장치

- 배터리 : 전류를 생성하는 일련의 전기화학 전지

ex) 아연 (Zn)조각을 구리이온(Cu^{2+}) 용액에 넣을 경우



[Zn원자가 Cu^{2+} 이온에 보다 쉽게 전자를 줌]

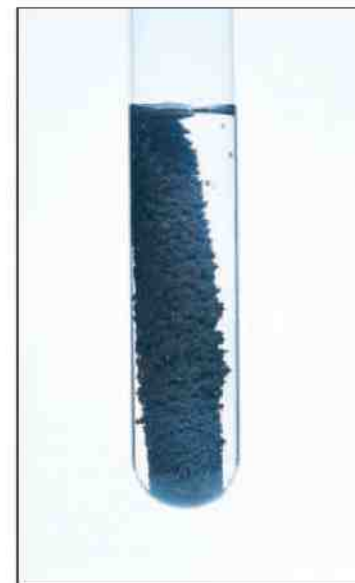
그림 5.3 구리 이온에 의한 아연의 산화. (a) 아연 조각을 푸른색을 내는 Cu^{2+} 이온을 함유한 용액에 넣는다. (b) 몇 분후 푸른색은 희미하게 되고 구리가 남아있는 아연 위에 쌓이게 된다. (c) 1시간정도 후에는 용액은 거의 무색이 되며, 이것은 대부분의 Cu^{2+} 이온이 구리 원자로 환원되어 남아있는 아연 위에 구리 금속을 생성하게 됨을 시사한다. 아연의 산화에 의해 생성된 Zn^{2+} 이온은 무색이다.



(a)



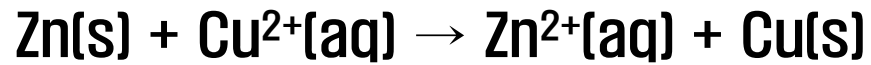
(b)



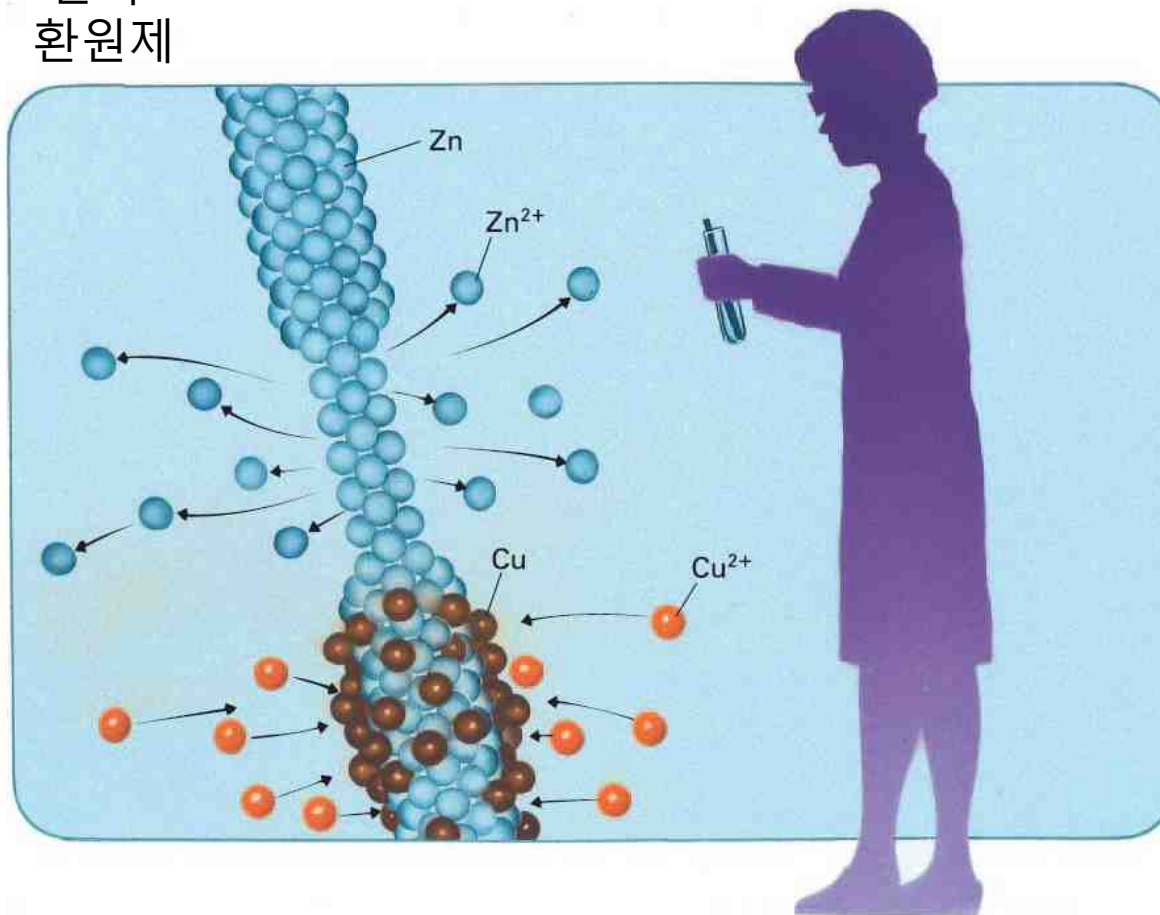
(c)

● 아연막대를 구리이온 용액속에 넣은 실험의 원자 수준에서의 작용

~ 아연은 구리보다 강한 환원제이다.



산화
환원제



아연 막대를 구리 이온 용액에 넣는
실험과 원자수준에서의 작용.

❖ **전지**: 환원제인 금속과 다른 금속 이온간의 이동된 전자의 흐름을 통해 전류를 만들 수 있다.

:기본적으로 2개의 전극을 통해 산화-환원 반응이 발생

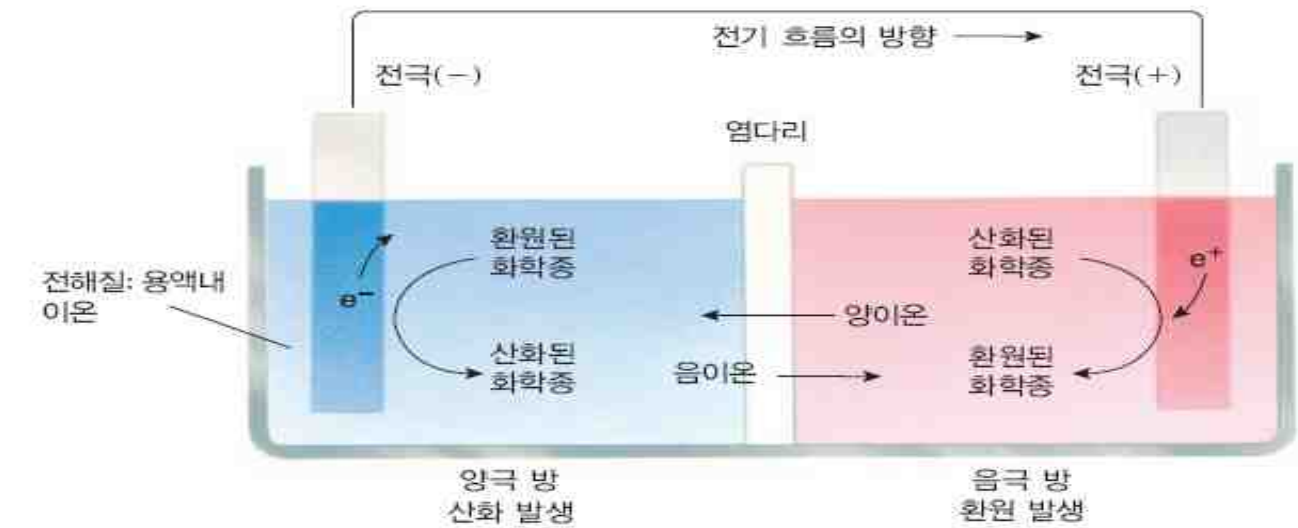
❖ **전극**: 전자가 전기화학 전지에 들어오거나 떠나는 전도성 물질.

양극과 음극

양극 (anode) : 전자가 전지에서 흘러나오는 산화가 발생 [- 표시]

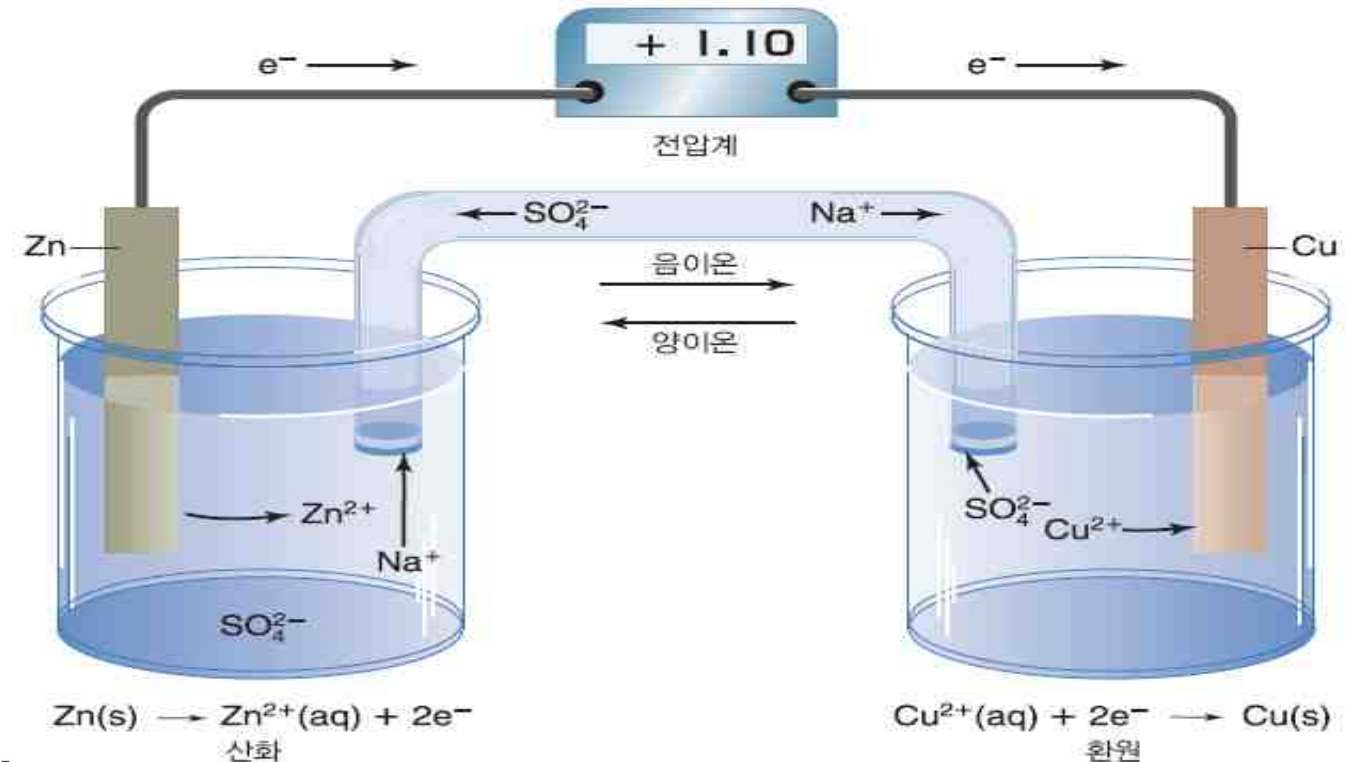
음극 (cathode) : 전자가 전지로 흘러 들어가 환원이 발생 [+ 표시]

그림 5.4 (a) 전기화학 전지의 구성
 성분. 산화(전자를 잃음)는 양극 방에서 일어나고 전자는 외부회로를 통하여 전지 밖으로 흘러간다. 전자는 음극에서 전지에 다시 들어오며 환원(전자를 얻음)이 음극 방에서 일어난다. 다공성 염다리(또는 다른 연결장치)는 두 방 사이에 이온이 흘러 전하 균형을 유지하게 한다. (b) 간단한 전기화학 전지. 전도회로로 전극들을 연결하면 전자는 아연이 산화하는 아연 전극에서 흘러나와 구리가 환원되는 구리 전극으로 흘러간다. 이 전지의 전체 반응은 다음과 같다. $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$



(a)

[a] 전기화학 전지의 구성



(b) 간단한 전기 화학 전지

1회용 전지 (1차 전지)

● 1차전지 : 1회용 전지로 가장 흔한 알칼리 전지

- 쉽게 가역적으로 반응하지 않으므로 1회용 전지

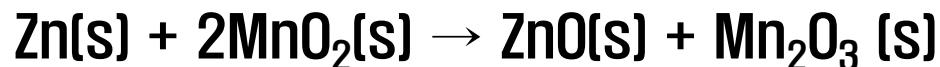
a) 양극 : 산화하는 Zn을 $\text{Zn}^{2+}(\text{ZnO})$ 로 변환.

b) 음극 : 산화제인 이산화망간 (MnO_2)과

결합된 흑연(탄소)으로 구성

환원은 $\text{Mn}^{4+}(\text{MnO}_2)$ 가 $\text{Mn}^{3+}(\text{Mn}_2\text{O}_3)$ 로 변환

→ 알짜 반응



1.5V 1회용 전지의 모습.

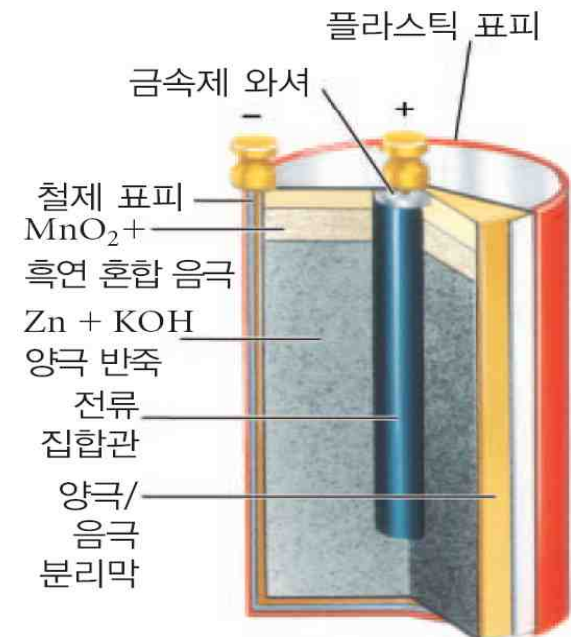


그림 5.5 알칼리 전지. 이 형태의 1회용 전지는 사용 기간 동안 1.54V의 일정한 전압을 제공한다.

재사용 가능 전지 (2차 전지)

- 2차 전지 : 전극에서 산화-환원 반응이 에너지를 투입함으로써 역으로 진행 할 수 있어 전지가 충전 가능하다.

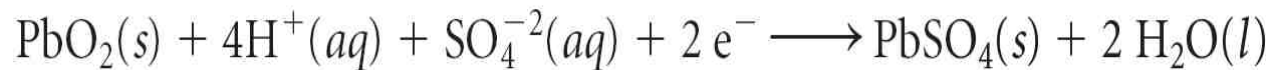
[예] 자동차의 납-산 전지, 니켈-카드뮴 전지

- 자동차의 배터리의 작동 원리

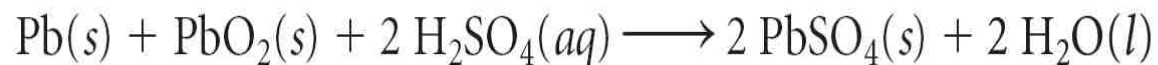
산화(양극)



환원(음극)



알짜 반응



전지의 분류. 납-산 자동차 축전지 앞, 왼쪽부터 3종류의 충전 가능한 니켈-카드뮴 전지, 3종류의 충전 불가능한 알칼리 전지와 아연-흑연 건전지(충전 불가능).

2차 전지의 방전과 충전

차의 시동을 걸 때 **전지의 방전**

화학에너지 → 전기에너지

차가 운행 중일 때 **전지의 충전**

전기에너지 → 화학에너지

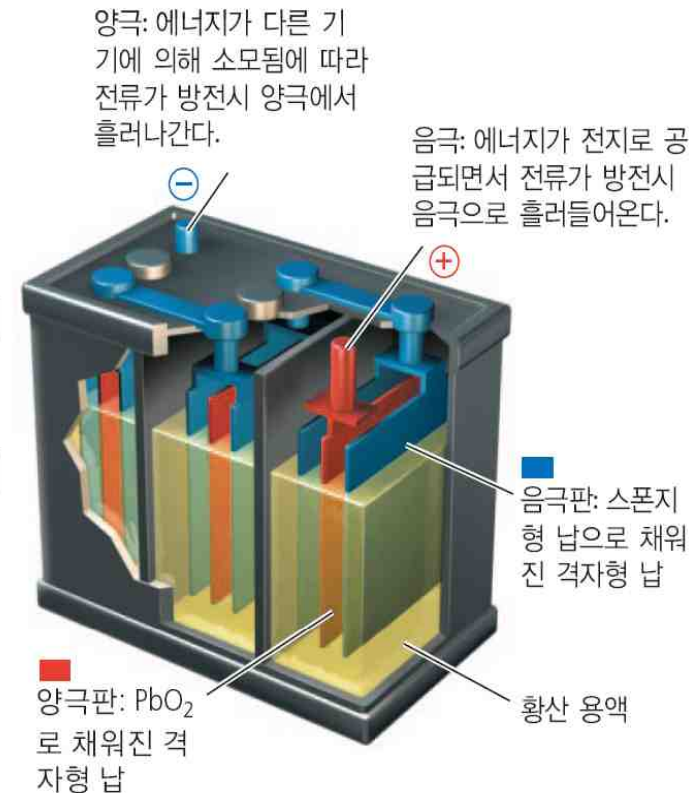


그림 5.6 납-산 축전지. 양극은 스펀지형의 납으로 채워진 격자형 납이다. 음극은 산화납(IV), PbO₂로 채워진 격자형 납이다. 각 전지는 약 2 V의 전압을 생성한다. 직렬로 연결된 6개의 전지가 원하는 전체 전지 전압을 생성한다. 대부분의 납 축전지는 3년 이내의 실용적인 수명을 가진다. 이 축전지의 납은 건강에 해로울 수 있고 따라서 폐기시 엄격한 환경 요구사항이 적용된다.

자동차의 납-산 축전지 :정상적인 충전은 운행 중에 일어난다.

(전압 조정기는 교류발전기의 전압을 감지하여 전지의 전압을 초과 하면 전기에너지를 전지로 돌려보내 충전한다.)

연료 전지

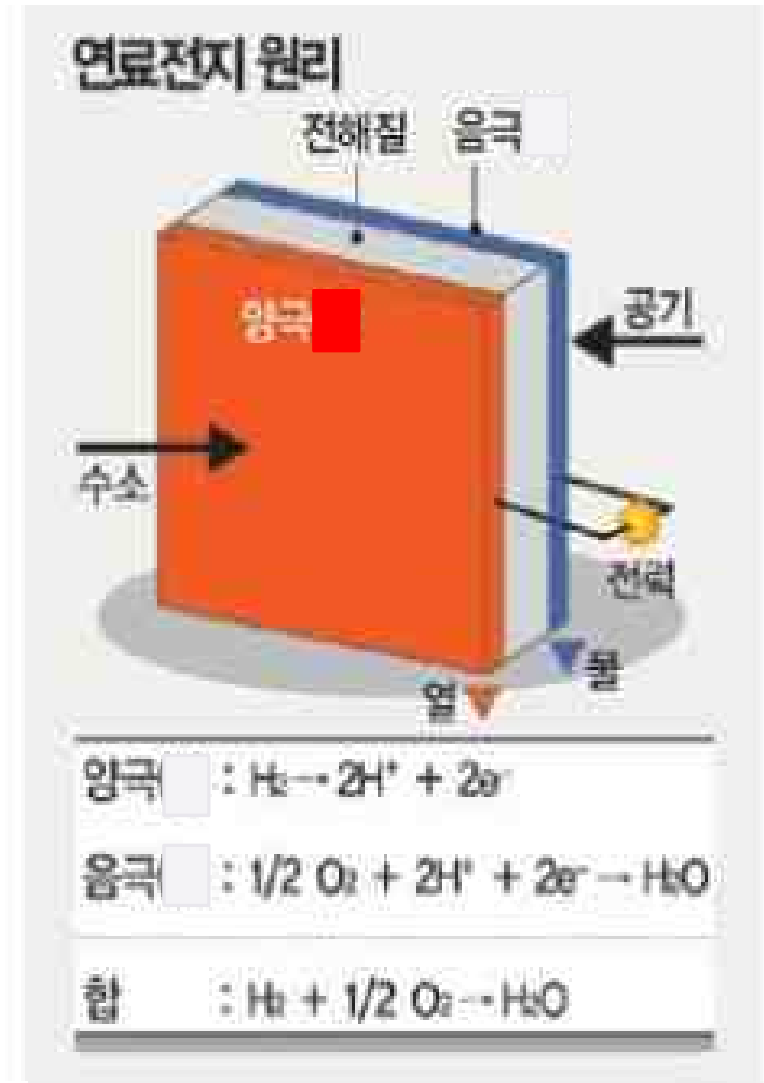
● 연료전지 : 에너지를 얻기 위해 전극방으로 계속적으로 유입되는 반응물로부터 에너지를 생산하고 화학반응 생성물은 빠져 나감

- 수소기체는 연료전지의 양극으로 유입되고 산소는 음극으로 유입됨

양극에서의 산화: $2\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$

음극에서의 환원: $\text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$

알짜 반응 : $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{energy}$



● 우주계획에 사용 : 아폴로 13호등

● 복합 자동차

- 출발 또는 저속 운행시 전기 모터 사용

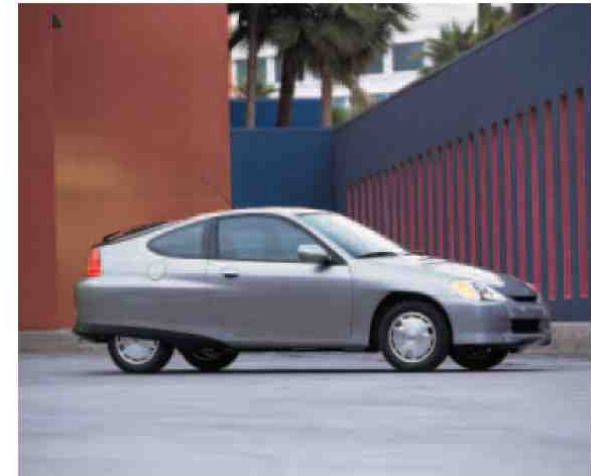
고속 운행시 가솔린 엔진과 전기모터 사용

- 전기 모터 작동을 위한 연료 전지 개발 필수

~ 탄소를 기반한 연료의 이산화 탄소 생산문제

~ 폭발성 수소 기체의 저장 기술 개발 문제

~ 수소 생산의 문제



2005년형 혼다 시빅 인사이트는 가솔린-전기 복합 자동차이다. 차를 움직이는데 필요한 에너지는 가솔린에서 나온다. 가솔린 엔진은 전기 모터를 돌리는 축전지를 충전시킨다. 차가 정지하거나 저속으로 운행될 때 가솔린 엔진은 꺼지게 된다.

5.5 전기 분해 : 전류에 의한 화학반응

● **전기 분해** : 외부 전원으로부터 공급된

전기에너지에 의해 산화-환원 반응이 진행 됨

- 배터리 : 전기분해전지

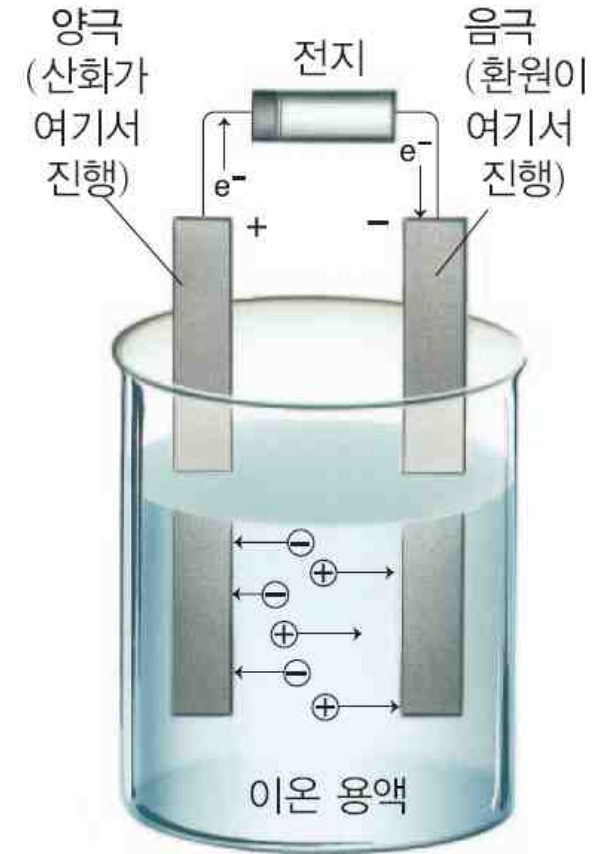
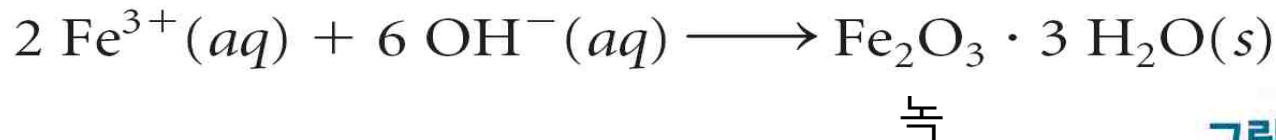
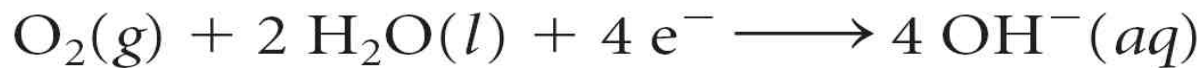
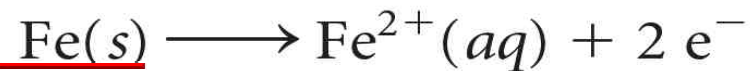


그림 5.7 전기분해 전지. 전기분해에서 전극은 분리된 방에 있을 필요가 없다. 전자는 음극에서 전지로 들어오고 환원이 일어난다. 전해질 용액을 통하여 이온은 전하균형을 이루기 위해 흐르게 된다. 산화가 일어나는 양극에서 전자는 전지를 떠나게 된다.

5.6 부식

- **부식**: 금속의 원치 않는 산화로 부식이 발생함.
- 금속의 부식을 발생시키는 산화제는 산소임



- 녹이 생성되기 위해 3가지 반응물 필요
 - : 철, 산소, 물
 - : 염은 녹이 스는 속도를 촉진 시킨다.
- 부식에 저항이 큰 금속 보호 피막
 - : 페인트, 그리스, 기름, 에나멜 등

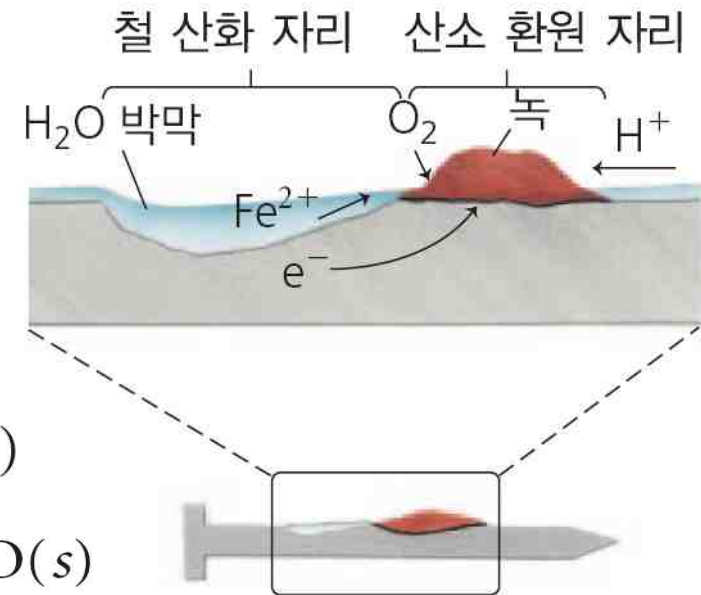


그림 5.9 철의 부식. 철은 전기의 도체이고 전자는 철을 통해 한 자리에서 다른 자리로 이동할 수 있으므로 철이 산화되는 자리는 산소가 환원되는 자리와 다를 수 있다.



부식은 다리를 안전하지 않게 한다.

확인문제 5B



1. 전지는 2개의 전극을 가지고 있으며, 이름은 각각 _____ 과 _____ 이다.
2. 전지는 _____ 되었을 때 죽었다고 한다.
- ~~3. 전지의 _____ 균형이 유지되기 위하여 전극방 간에 _____ 이 흐르는 것이 필요하다.~~
4. 아연 금속이 아연 이온(Zn^{2+})로 변환은 _____ 이고, 전기화학 전지의 _____ 에서 발생한다.
5. 구리 이온(Cu^{2+})이 구리 금속으로 변환되는 것은 _____ 이고, 전기화학 전지의 _____ 에서 발생한다.
6. 2차 전지를 충전할 때 _____ 에너지가 _____ 에너지로 변환되는 것이다.
- ~~7. _____ 공정에 의해 보크사이트 광석의 환원이 진행된다면 _____ 금속이 생성된다.~~
8. 철의 녹이 특히 부식의 파괴적 형태가 되는 것의 이유는 무엇인가?
9. 철의 녹에서 필요한 3가지 반응물을 써라.