


20    년    월    일    요일

시간 :    장소 :      
          학교    학년    반  
          번    이름 :

# 다니엘 전지

전지의 초기 모델인 다니엘 전지의 원리를 알아보고 이를 응용하여 시계를 작동시켜 봅시다.

## 실험키트구성 ....

시험관대, 시험관, 시계, 시계커버 도안, 아연판, 구리판, 전선, 한천, 비닐 튜브, 질산 칼륨, 황산 구리, 황산 아연, 스포이트, 플라스틱비커, 주사기, 나무스틱, 양면테이프, 종이컵

## 준비물 ....

증류수(정수기 물), 가열도구세트, 가열할 비커, 가위

## 생각해보기 ....

우리가 흔히 사용하는 전지에는 어떤 종류가 있는지 알아봅시다.

## 실험방법 ....

### [염다리만들기]

1. 염-한천용액을 만듭니다.

#### (4명분량-조별활동)

물 50ml  
질산칼륨 1포  
한천 1포



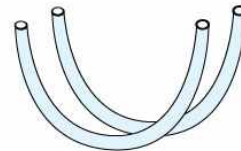
완전히 투명해질 때까지 녹인다.

끓지 않도록 주의하세요.

2. 종이컵처럼 오목한 그릇에 비닐튜브 2개를 'U'자 모양이 되도록 넣고 주사기를 이용하여 튜브에 꽂은 후 염-한천용액을 가득 채웁니다.



- 한번에 쭉~욱 끝까지 넣어 기포가 없게 하세요..
- 1인당 튜브 2개에 모두 용액을 잘 넣어 균히세요.
- 혹시 기포가 생겼다면 주사기의 피스톤을 뒤로 당겨주세요. 기포가 주사기로 다시 들어갑니다.



같은 방법으로 1인당 2개의 염다리를 준비합니다.

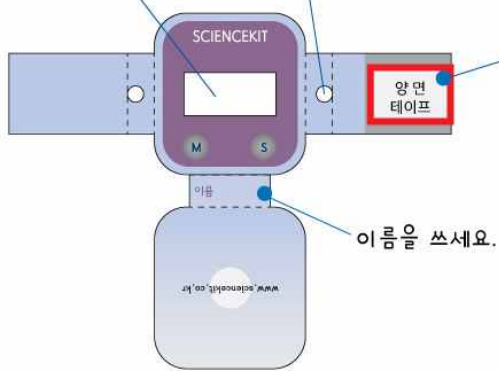
3. 거꾸로 들었을 때 용액이 떨어지지 않도록 식혀 균히면서 다음 단계로 진행하세요.

- 냉장고에 넣어 식히면 빨리 굳습니다.

## [시계 만들기]

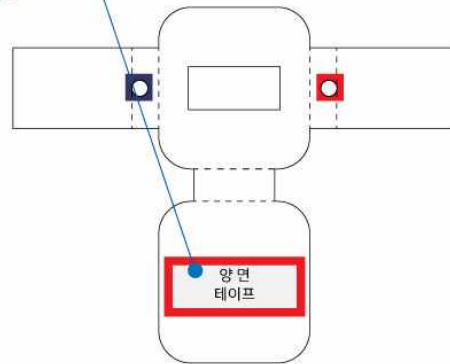
4. 시계 커버 도안을 잘 뜯어냅니다.

- 네모난 시계 창과 동그란 전선구멍도 떼어냅니다.

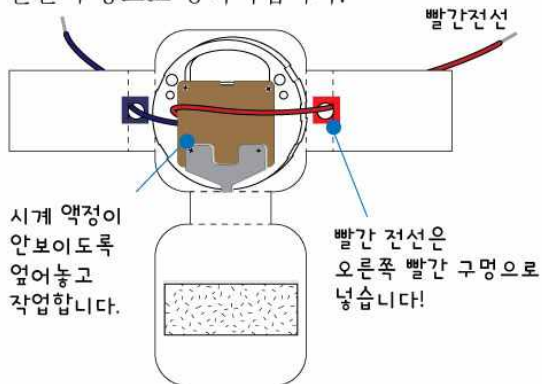


5. 양면테이프를 붙입니다.

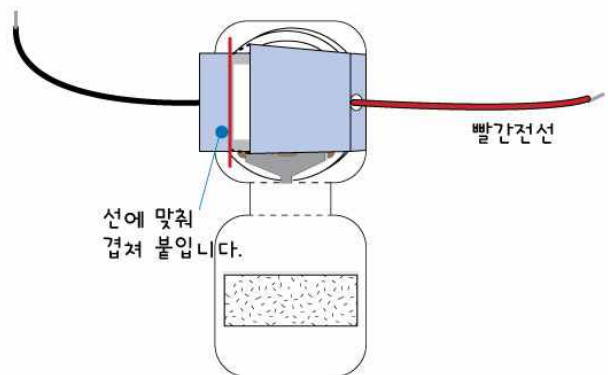
- 두 군데에 크기에 맞게 잘라 붙입니다.



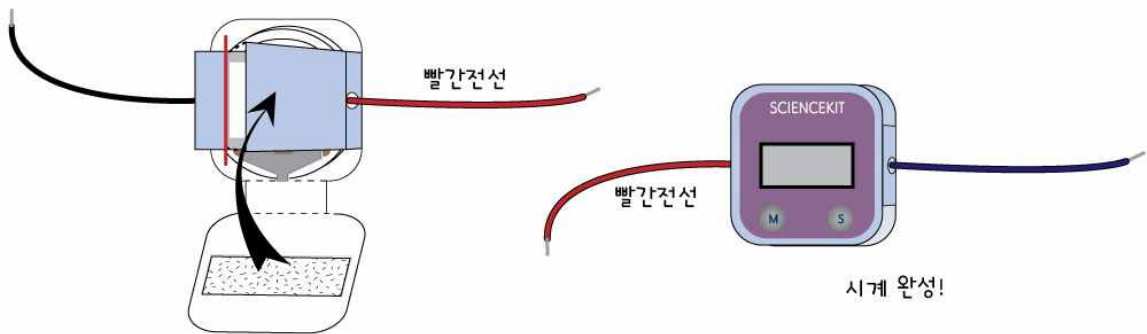
6. 시계를 그림처럼 놓고 시계의 전선을 동그란 전선 구멍으로 통과시킵니다.



7. 시계 커버도안의 양 팔을 모아 겹쳐 붙입니다.



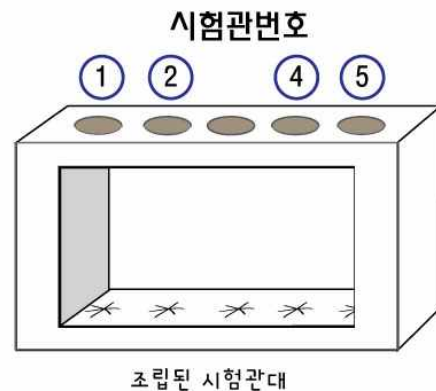
8. 시계 커버 뒷판을 올려 붙여 완성합니다.



## [시험관대 조립하기]

9. 시험관대를 조립합니다.

10. 시험관 4개를 시험관대의 1, 2, 4, 5번 구멍에 꽂습니다.



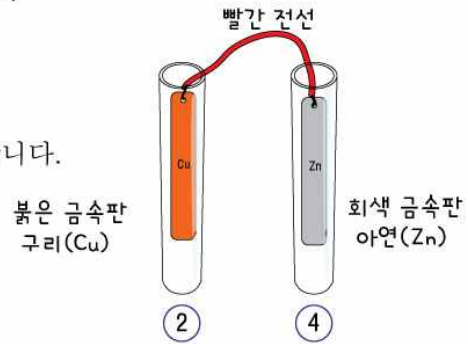
## [다니엘 전지 전선 연결하기]

11. 아연판, 구리판의 앞뒷면을 알콜이나 중성세제로 닦아주세요.

- 1인당 붉은색 구리판 2개, 회색 아연판 2개가 사용됩니다.

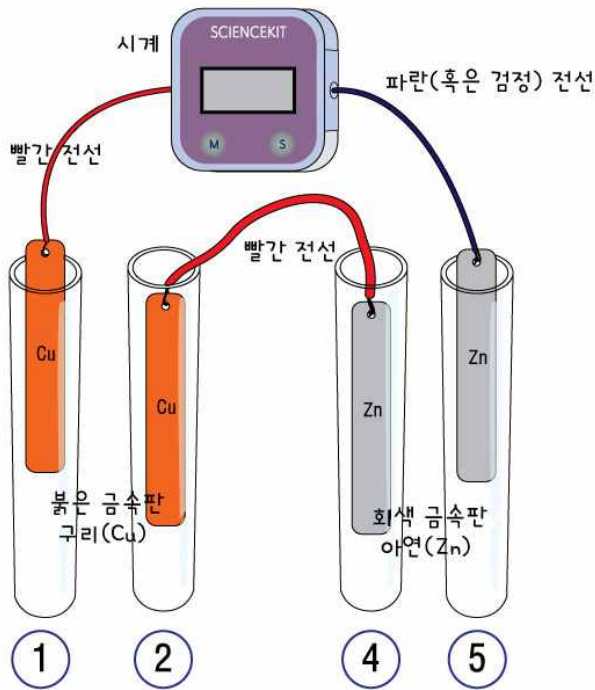
12. 빨간 전선 한 쪽 끝은 구리판, 다른 쪽 끝은 아연판을 연결합니다.

- 붉은 구리판을 2번 시험관, 회색 아연판을 4번 시험관에 넣으세요.



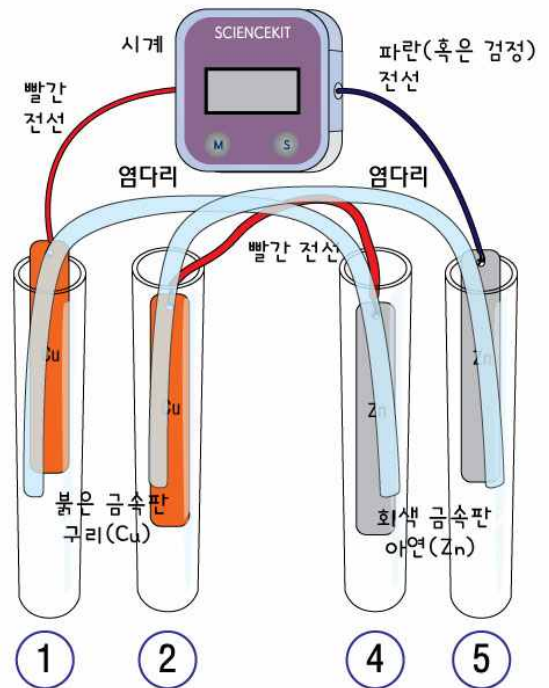
13. 시계에 연결된 전선도 각각 구리판, 아연판에 연결합니다.

빨간 전선을 구리판에 연결합니다.



14. 만들어 둔 옴다리도 시험관에 넣습니다.

- 옴다리 하나는 1번과 4번 시험관에, 다른 하나는 2번과 5번에 넣습니다.



## [각 시험관에 수용액 채우기]

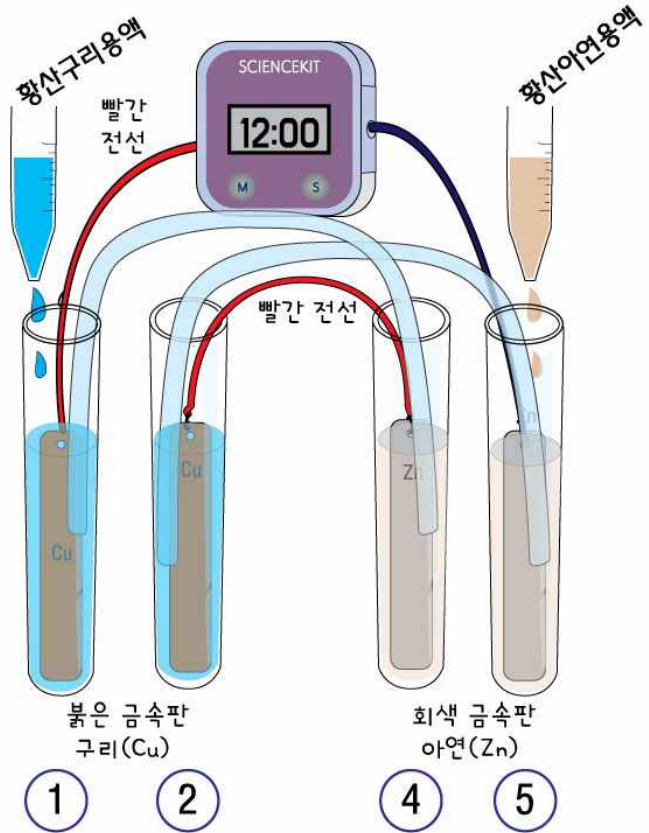
15. 황산 구리, 황산 아연 수용액 만들기 (4명분량-조별활동)

- **황산 구리 수용액**  
플라스틱 비커에 황산 구리 1포를 넣고, 물을 100ml 눈금이 되도록 채우고 완전히 녹입니다.
- **황산 아연 수용액**  
플라스틱 비커에 황산 아연 1포를 넣고, 물을 100ml 눈금이 되도록 채우고 완전히 녹입니다.

## 16. 스포이트를 이용하여

구리판이 든 시험관에는 황산 구리 수용액을, 아연판이 든 시험관에는 황산 아연 수용액을 넣습니다.

- 용액을 너무 많이 넣으면 운반할 때 넘쳐흐를 수 있습니다. 금속이 용액에 잠길 만큼만 넣으세요.
- 자, 용액을 넣으니 시계가 작동했나요?



시계가 작동하지 않을 경우 다음을 확인하세요.

1. 전선과 금속이 맞게 연결 되어있는지
2. 염다리를 시험관 번호에 맞게 넣었는지
3. 염다리 안과 밖의 용액이 잘 닿아 있는지
  - 비닐튜브 끝에 공간(기포)이 생기면 용액끼리 닿지 않을 수 있습니다.
  - 튜브를 몇 번 눌러 기포를 빼주세요.
4. 염다리 속에 기포가 생겨 염다리가 연결되지 않은 경우
  - 염다리에 기포가 없도록 다시 만들어야 합니다.

### 시간 설정 방법

- M** 버튼  
원하는 설정 모드로 들어갑니다.  
→ 월 → 일 → 시 → 분 순서
- S** 버튼  
각 모드마다 숫자를 조정하여 원하는 시간을 맞춥니다.
- M** 버튼을 누르면 완료!  
시간표시의 [ : ] 가 깜빡이면 완료!


## 실험시 주의사항 ....

1. 금속염수용액을 만들 때 물의 양을 정확히 계량합니다.
2. 염다리를 만들 때 비닐 튜브 중간에 기포가 들어가지 않도록 주의합니다. 튜브 양 끝에 끝까지 채워지지 않았다면 튜브의 끝을 잘라냅니다.

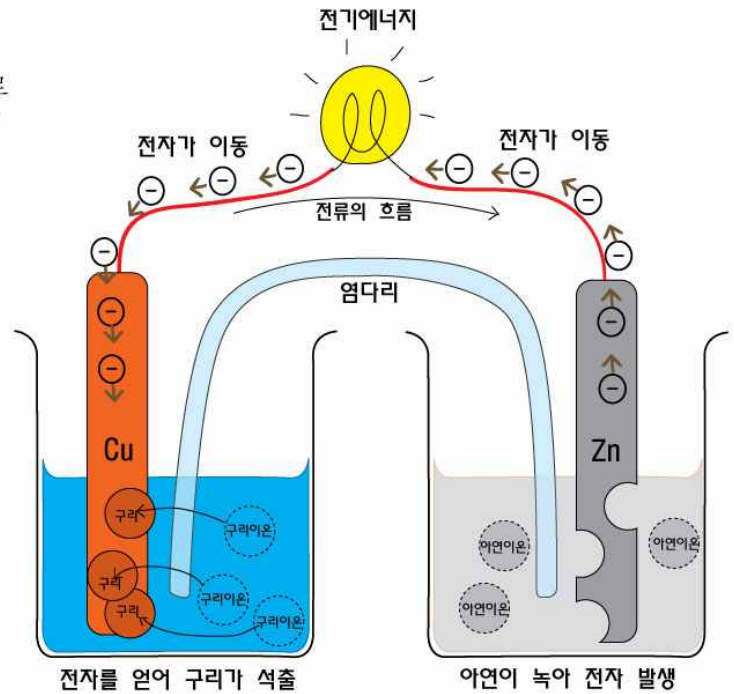


## 확인학습 ....

1. 전류는 (+) 극에서 (-) 극으로 흐르지만 실제로 이동하는 것은 ( ) 전기를 띤 전자이며, 전자는 \_\_\_\_\_ 극에서 \_\_\_\_\_ 극으로 이동합니다.
2. 다니엘전지에서 전자를 내어놓는 아연판은 \_\_\_\_\_ 극이 되고, 전자를 받는 구리판은 \_\_\_\_\_ 극이 됩니다.

 알맞은 말에 O표 하세요.

3. 전지는 ( 화학에너지, 전기에너지 ) 를 ( 화학에너지, 전기에너지 ) 로 바꾸어 주는 에너지 변환장치입니다.



다니엘 전지의 모식도

## 원리학습 ....

오늘 실험에서 사용한 아연(Zn)과 구리(Cu)는 금속입니다.

아연을 황산아연, 구리를 황산구리 수용액 속에 넣으면 아연은 (-)전기를 띤 전자 $\ominus$ 를 버리고 녹아서 아연이온( $Zn^{2+}$ )이 됩니다. 아연은 특히 전자를 잃어버리는 성질이 강해 전자를 쉽게 내어놓습니다.

아연에서 생겨난 전자 $\ominus$ 들이 전선을 통해 이동하여 전자제품을 작동시키고, 다시 구리쪽으로 이동하여 황산구리 수용액에 있는 구리이온( $Cu^{2+}$ )에게 전자 $\ominus$ 를 줍니다. 그러면 구리이온은 다시 중성의 구리가 되어 구리판에 달라붙지요(석출).



반응이 계속 진행되면 구리판 쪽 용액 속에는 구리이온( $Cu^{2+}$ )이 점점 줄어들고 아연판 쪽 용액 속에는 아연이온( $Zn^{2+}$ )이 점점 많아지는데 이 때 액체가 전기적으로 중성을 띠게 도와주는 것이 염다리입니다.

위의 그림에서와 같이 다니엘 전지의 기본 구조(구리1개 + 아연1개 + 염다리)는 약 1.1V의 전기를 만들어 냅니다. 실험에서 우리가 만든 다니엘 전지는 2개의 기본 구조를 가지므로 이론적으로 약 2.2V의 전기를 만들어 낼 수 있습니다.

이렇듯 전지는 화학반응 결과 발생하는 화학에너지를 전기에너지로 바꾸는 에너지 변환장치입니다. (-)전극에서 일어나는 산화반응의 결과로 생성되는 전자들이 전기에너지를 만들어내고, 이 전자들은 (+)전극으로 흘러 들어가 전지 내부에서 환원 반응을 진행시킵니다. 이런 과정을 통해 화학에너지가 전기에너지로 변환됩니다.

전지에는 어떤 종류가 있을까요?

리튬이온이나 장난감에 흔히 넣는 알카라인 전지나 시계에 넣는 수은전지는 한 번 사용하고 버리는 1차 전지입니다. 여러번 충전해서 다시 쓸 수 있는 전지는 2차 전지인데 자동차의 납축전지나 핸드폰 배터리로 이용되는 리튬이온 전지 등이 있습니다. 오늘 만들어 본 다니엘 전지는 1차전지입니다.

전지는 점점 작고, 값은 싸고, 가볍고, 오래 가는 형태로 진화하고 있습니다. 오늘 우리가 만들어본 다니엘전지는 전지의 초기 모델이지요. 만약 여러분이 과학자라면 어떤 획기적인 전지를 만들고 싶을까요?

## 느낀점 ....

## ■ 교사용 실험 자료실 ■

실험 제목	다니엘전지		실험 원리	화학전지(다니엘 전지)의 이해	
실험 시간	40분	실험 분야	화학	실험 방법	4인 1조, 조별실험
세트구성물	시험관대, 시험관, 시계, 시계커버 도안, 양면테이프, 아연판, 구리판, 전선, 비닐튜브, 질산칼륨, 한천, 황산구리, 황산아연, 플라스틱비커, 스포이트, 주사기, 나무스틱, 종이컵				
교사준비물	증류수(혹은 정수기물), 가열도구세트, 가열할 비커		학생준비물	가위	
실험 결과	[다니엘전지로 작동되는 시계]를 학생 한 명당 하나씩 가지고 갑니다.				
실험팁	<p>TIP 1. 금속염 수용액을 만들 때 물의 양을 정확히 계량합니다.</p> <p>TIP 2. 염다리를 만들 때 비닐 호스 중간에 기포가 들어가지 않도록 주의합니다. 기포가 들어가면 주사기의 피스톤을 살짝 뒤로 잡아당기면 기포가 주사기로 들어갑니다.</p> <p>TIP 3. 염다리를 굳힌 후 살짝 수축하여 비닐 호스 양 끝에 채워지지 않았다면 호스 양 끝을 잘라내도록 합니다.</p> <p>TIP 3. 완성한 후 시계가 작동하지 않으면 비닐튜브 가운데를 손으로 몇 번 눌러보세요.</p>				

### 생각해보기 ....

우리가 흔히 사용하는 전지에는 어떤 종류가 있는지 알아보시다.

흔히 볼 수 있는 알칼리 전지, 시계에 들어가는 수은전지, 자동차에 쓰이는 납축전지, 핸드폰이나 노트북 배터리로 쓰는 리튬전지 등이 있습니다.

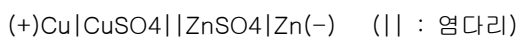
### 확인학습 ....

- 전류는 (+) 극에서 (-) 극으로 흐르지만 실제로 이동하는 것은 (-) 전기를 띤 전자가 - 극에서 + 극으로 이동하는 것입니다.
- 다니엘전지에서 전자를 내어놓는 아연판은 - 극이 되고, 전자를 받는 구리판은 + 극이 됩니다.
- 전지는 (화학에너지, 전기에너지)를 (화학에너지, 전기에너지)로 바꾸어 주는 에너지 변환장치입니다.

### 다니엘전지 [Daniell cell]

영국인 J.F.다니엘(1790~1845)이 1836년 발명한 1차전지로 다른 효율적인 전지가 개발되기 이전에 전신용 전원으로 주로 사용되었다.

황산아연 용액 속에 넣은 아연을 음극, 황산구리 용액 속에 넣은 구리를 양극으로 하며 두 용액을 염류(鹽類) 용액으로 이어서 만든 전지이다. 전지로서의 구성은 다음과 같다.



회로를 닫으면 양극에서  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ , 음극에서  $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$  (e-는 전자)의 반응이 일어나 전류가 흐르며, 기전력은 1.10 V 정도이다. 비교적 장시간 쓸 수 있고, 전압의 동요나 불쾌한 기체의 발생이 없으므로 이전에는 전신용 전원으로 많이 이용되었으나, 현재는 사용되지 않고 있다.

이 전지처럼 금속 M1, M2와 각각의 염 M1X1, M2X2를 M1 | M1X1 || M2X2 | M2형으로 배치한 전지를 다니엘형 전지라고 한다.

[출처] 다니엘전지 [Daniell cell] | 네이버 백과사전

## 염다리 [鹽一, salt bridge]

전지에서 산화반응이 일어나는 반쪽전지와 환원반응이 일어나는 반쪽전지를 연결시키는 장치.

실험실에서는 흔히 한천을 녹인 따뜻한 수용액에 염화칼륨을 포화시키고, 이 용액을 U자관에 넣어 냉각시켜서 염다리를 만든다. 염다리를 만들 때에는 반쪽 전지의 전극 반응에 영향을 주지 않는 염을 사용해야 한다. 예를 들면, 황산아연 용액에 들어 있는 아연막대와 황산구리 용액에 들어 있는 구리막대를 도선으로 연결하고, 염다리로 두 용액을 연결하면 전지가 구성된다. 이때 염다리는 아연과 구리 이온을 분리시켜 놓음으로써 이들이 전자를 직접 주고받지 못하게 하며, 염다리를 통해 이온이 이동함으로써 두 용액 사이에 전류가 흐르게 된다.

다니엘전지는 분극 작용이 없기 때문에 재충전하여 다시 사용할 수 있는 2차 전지이다. 이 전지는 반드시 염다리로 연결해 주어야 한다. 염다리는 이온을 이동시켜 전지의 회로를 형성하며, 두 전극의 전해질을 분리한다.

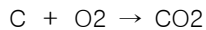
[출처] 염다리 [鹽一, salt bridge] | 네이버 백과사전

## 산화·환원 [酸化還元, oxidation-reduction]

산화란 산소와의 결합, 수소의 떨어져 나감, 산화수의 증가(전자의 수가 줄어들)의 경우를 말하며 환원은 산소와의 분리, 수소와의 결합, 산화수의 감소(전자의 수가 늘어남)의 경우를 말한다. 한 원소가 산화하면 다른 원소는 환원되기 때문에 항상 동반되어 발생한다고 볼 수 있다.

처음에는 산소를 기준으로 하여 산소가 다른 원소와의 결합, 분리에 주목하였으나 현재는 수소와의 결합 여부, 전자의 이동에 따른 원자가변화인 산화수 변화로 산화, 환원반응을 구분하는 기준으로 사용한다.

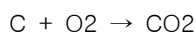
예를 들면, 공기 중에서 탄소나 황을 연소시키는 것은



와 같이 산소와 화합하기 때문에 산화이다. 또 에탄올  $CH_3CH_2OH$ 를 적당한 산화제와 반응시키면 아세트알데하이드  $CH_3CHO$ 를 생성하고 원래의 에탄올보다도 분자 중의 수소수가 감소하는 것도 산화이다.

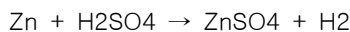
이와는 반대로 산소를 잃거나 수소를 얻는 반응을 환원이라고 한다. 넓은 뜻으로는, 일반적으로 화학반응이 일어난 전 후에 1개의 원소에 주목하였을 때, 그 원소는 산화되었다고 한다. 이 경우, 그 원소의 산화수의 증가는 다른 어느 원소의 산화수의 감소를 뜻하므로 그 원소의 산화에 의하여 다른 원소의 환원을 볼 수 있고, 산화와 환원은 항상 동반된다고 할 수 있다.

산화에서의 산화수의 변화는 이온인 경우는 양전하의 증가, 음전하의 감소로 나타나는데 어느 경우이든 그것은 전자를 방출하는 반응이 산화가 된다. 예를 들면,



에서는 C의 산화수 0 및 O의 산화수 0인데,  $CO_2$ 의 C에서는 +4, O의 산화수 -2인 사실에서 C는 산화되고, O는 환원되어 있다.

또 예를 들면, 아연을 묽은황산에 녹일 때의 반응은



이며, Zn은  $Zn^{2+}$ 가 되어 양전하가 증가하고 있으므로 산화이다.

[출처] 산화·환원 [酸化還元, oxidation-reduction] | 네이버 백과사전

## 산화환원반응 [酸化還元反應, oxidation-reduction reaction]

물질간의 전자 이동으로 산화와 환원 반응이 동시에 일어난다. 전자를 잃은 쪽은 산화수가 증가하고 산화되며, 전자를 얻은 쪽은 산화수가 줄어들고 환원된다. 이 때 잃은 전자수와 얻은 전자수는 항상 같다.

반응물 간의 전자 이동으로 일어나는 반응으로 산화와 환원이 동시에 일어난다. 전자를 잃은 쪽을 산화되었다고 하고 전자를 얻은 쪽을 환원되었다고 한다. 이때, 잃은 전자수와 얻은 전자수는 항상 같다.

산화환원반응이 일어날 때 산화수의 변화가 일어난다. 산화수란 일반적으로 이온으로 되었을 때 전하량이다. 이온의 종류가 두 개 이상인 철과 같은 원자의 경우에는 공유결합을 이루는 전자가 전기음성도가 더 큰 원자에 속해있다고 했을 때의 전하량을 생각하면 된다.

출원소물질과 중성화합물의 산화수는 0, 이온의 산화수는 이온의 전하량, 산소원자의 경우에는 보통 -2, 과산화물에서는 -1이고 수소원자의 경우 보통 +1, 금속화합물에서는 -1이다. 산화수를 계산할 때에는 이온화가 잘 되는 1족, 2족,

17족과 같은 원소들의 산화수를 먼저 생각해주는 것이 쉽다. 산화된 물질은 전자를 잃게 되므로 산화수가 증가하고, 환원되는 물질은 전자를 얻으므로 산화수가 감소한다.

예를 들어 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>는 O의 산화수가 -2이고 총 4개 있으므로 -8인데 화합물 전체의 산화수가 -2이므로 S의 산화수는 +6이된다. NH<sub>3</sub>는 H의 산화수가 +1이고 총 3개 있으므로 +3이고 화합물 전체의 산화수가 0이므로 N의 산화수는 -3이다. 반면 HNO<sub>3</sub>의 경우 H의 산화수 +1, O의 산화수는 -2이고 3개 있으므로 -6인데 화합물 전체의 산화수가 0이므로 N의 산화수는 +5가 된다.

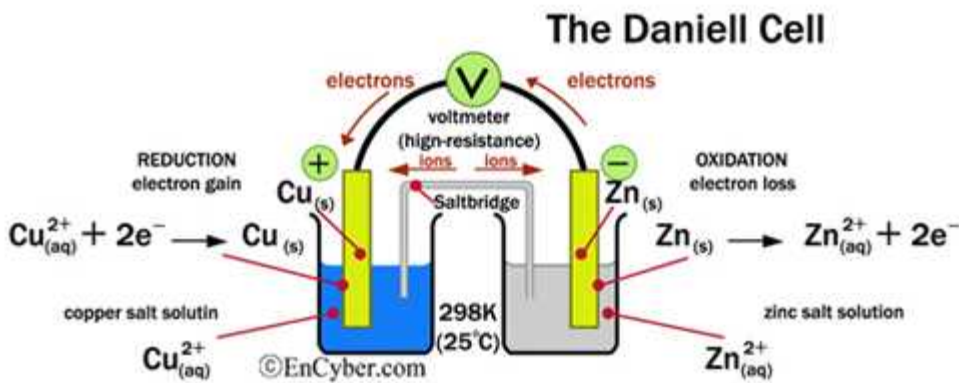
산화환원반응에서 각 원소의 산화수를 계산하여 어떤 물질이 산화 또는 환원되었는지 쉽게 알 수 있다.

각 반응물의 산화수를 보면 다음과 같다.

Sn : +2 → +4 : 산화수가 증가했으므로 산화되었다.

Cl<sub>2</sub> (g) : 0 → -1 : 산화수가 감소했으므로 환원되었다.

산화환원반응의 가장 대표적인 경우가 화학전지이다. 아연과 구리로 만들어진 화학전지의 경우, 아연이 전자를 잃고 산화되고 구리는 전자를 얻고 환원된다.



[그림] 다니엘 전지

자신은 환원되면서 다른 물질을 산화시키는 물질을 산화제, 반대로 자신은 산화되면서 다른 물질을 환원시키는 물질을 환원제라고 한다. 따라서 전자를 얻는 성질이 강할수록 강한 산화제, 전자를 잃는 성질이 강할수록 강한 환원제이다.

[출처] 산화환원반응 [酸化還元反應, oxidation-reduction reaction] | 네이버 백과사전

### 가역전지 [可逆電池, reversible cell]

외부의 직류 전원에서 방전과 반대방향으로 전류를 흘려 보내면 원래의 상태로 되돌아갈 수 있는 전지를 말한다. 축전지, 2차전지인 납축전지, 1차전지인 다니엘전지는 가역전지이다.

전지로부터 전류를 빼낼 때에만 전지 속에서 화학변화가 일어나도록 만든 전지이다. 외부의 직류 전원에서 앞의 방전 때와는 반대방향으로 전류를 흘려 보내면, 방전 때와는 반대방향에서 화학변화가 일어난다.

축전지는 전기에너지를 보존하였다가 필요에 따라 전기에너지를 꺼내 쓰는 전기기기이기 때문에 가역전지이다. 전기에너지를 축전지에서 꺼내 사용하는 것을 방전이라고 하며 전기에너지를 화학에너지로 축전지에 넣는 것을 충전이라고 한다. 2차전지인 납축전지나 1차전지인 다니엘전지는 가역전지이다. 볼타전지는 전류를 빼내지 않을 때에도 전지 안에서 화학변화가 일어나는데, 그 반응이 비가역적이므로 비가역전지라고 한다.

[출처] 가역전지 [可逆電池, reversible cell] | 네이버 백과사전