

전기 전도도 측정의 기초 (309)

【 제품구성 】

- 램페이지 다용도 홈판(약수저 포함) 15개
- 탈이온수 2온스병 3개
- 6M 염산 0.25온스병 2개
- 변성알코올 0.25온스병 2개
- 빙초산 0.25온스병 2개
- 수산화칼슘이 든 병 1개
- 염화나트륨 결정이 든 병 1개
- 자당 결정이 든 병 1개
- 절연구리선 1팩
- 종이클립 1팩
- 플라스틱 피크 1팩
- 고무줄 1팩
- 흰색 줄 1팩
- 학생용 실험보고서 1장
- 교사용 지도서 1장

모든 물질은 **도체**, **부도체**, **반도체**로 나눌 수 있다. 물질은 전류의 흐름에 대한 저항에 따라 분류된다.

도체는 전하를 전류의 형태로 한 지점에서 다른 지점으로 옮길 수 있는 물질이다. 전류는 하전입자로 구성되어 있기 때문에 이동 전자나 이온이 존재해야 한다. 금, 은, 알루미늄, 구리와 금속은 가장 좋은 도체의 예이다. 금은 전도성이 매우 좋지만 비용적인 부담으로 널리 쓰이지 못한다. 이런 이유로 전선을 만들 때 전기 전도율이 높으면서 가격이 저렴한 구리나 알루미늄을 사용한다.

외부 전자껍질로부터 나온 매우 이동성이 강한 전자구름이 금속 내 양이온을 둘러싸고 있다. 양이온과 음전자 사이의 인력이 금속을 지탱해 준다. 이들 전자는 일반적으로 이동이 자유롭기 때문에 금속이 전하를 운송할 수 있는 것이다. 전도도 지시기로 전도도를 측정하면 LED 불빛이 반짝거릴 것이다. 9V 배터리가 전자를 이동시키는 힘이다.

부도체는 전류의 흐름을 막는 물질이다. 유리, 세라믹, 플라스틱, 고무와 같은 물질은 전기의 전도를 막는 많은 물질 중 일부에 해당한다. 부도체는 의도하지 않는 전기의 진행을 막는데 유용하게 사용될 수 있다. 이 실험키트에 포함된 부도체(염화나트륨 결정, 자당 결정, 줄과 고무줄)는 핵에 가깝게 결합되어 전자가 자유롭게 움직일 수 없는 고체 물질이다.

도체나 부도체도 아닌 물질을 **반도체**라고 한다. 반도체의 전도도는 도체와 부도체 중간 정도이다. 실리콘이 그 예이다. 컴퓨터 칩은 실리콘으로 만들어진다. 반도체는 전도도가 약하지만 특정 물질(인, 비소, 붕소)을 섞으면 전도도가 향상된다.

실험 I에서는 일상생활의 다양한 물질이 도체인지 부도체인지 실험할 것이다. 실험 II에서는 산, 염기, 소금,

알코올, 탄화수소 등 수용액에서의 전도도를 측정할 것이다. 이 실험을 통해 학생들은 **도체**, **부도체**, **전류**, **전해질**, **비전해질**, **이온**이라는 용어에 친숙해질 것이다.

실험 I 고체 물질의 전도도

실험과정

1. 전도도 지시기에 9V 배터리를 연결한다. 다음 실험준비물을 각 조 또는 각 학생에게 나누어 준다. (종이클립, 고무줄, 구리절연선, 플라스틱 피크, 흰색 줄, 염화나트륨 결정, 자당 결정, 학생들이 준비한 다른 물질)

실험 전에 위의 물질이 도체인지 부도체인지 먼저 가정하게 한다. 도체는 “C”로, 부도체는 “I”로 나타낸다.

표 1

실험물질	가정	실제 실험 결과
구리선의 벗겨진 끝부분		C
구리선의 전선 윗부분		I
종이클립(금속)		C
플라스틱 피크		I
연필의 나무부분		I
연필심		C
줄		I
고무줄		I
자당 결정		I
염화나트륨 결정		I
학생들이 가져온 물질		매우 다양할 것이다
10원짜리 동전		C
100원짜리 동전		C
500원짜리 동전		C
종이		I

관찰 및 결론

1. 고체로 된 샘플은 전부 도체인가? **아니다.**
2. 좋은 전도도를 가진 물질은 어떤 그룹 또는 분류인가? **금속**
3. 부도체로 분류되는 물질은 어떤 그룹 또는 분류인가? **비금속**

4. 고체 상태에서 부도체인 결정은 어떤 물질인가? **자당과 염화나트륨**

5. 비금속 중에서 도체는 어떤 물질인가? **흑연**

실험 II 액체와 수용액의 전도도

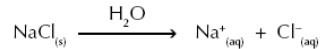
수용액의 전기적 전도도는 스웨덴의 대학원생 스반테 아레니우스(Svante Arrhenius)에 의해 1880년 처음 연구되었다. 아레니우스는 수용액의 전도도 능력은 물속에 있는 하전입자의 존재에 의해 발생한다고 주장하였다. 그의 생각은 학계에서 받아들여지지 않았다. 그러나 1800년대 말 원자를 가진 하전입자가 발견되었다. 이것이 아레니우스의 이온이론을 점차 받아들이게 하는 계기가 되었다. 이 후 그는 자신의 발견으로 1903년 화학 분야에서 노벨상을 수상하였다.

물질 중에는 물속에 녹아 양이온과 음이온으로 해리되는 물질이 있다. 이들 이온은 자유롭게 이동을 할 수 있으며 전하를 다른 지점으로 옮겨 전류를 형성한다. 이들 물질을 **전해질**이라고 한다.

전해질 내의 이온의 수가 전도도 수준을 결정한다. 강한 전해질은 용액에서 많은 이온을 형성하고 전도도 지시기 LED 불빛을 반짝거리게 한다. 약한 전해질은 약한 LED 불빛 반응을 나타낸다. 산성, 염기성, 소금은 보통 전해질 물질이다.

비전해질은 물속에 녹을 때 양이온과 음이온을 형성하지 않는 물질이다. 이들 물질은 전기를 전도하지 못하며 LED에도 반응이 없다. 알코올과 탄화수소가 일반적인 비전해질 물질이다.

실험 I에서 사용된 염화나트륨 결정은 부도체이다. 염화나트륨은 이온결합에 의해 양이온과 음이온이 단단하게 연결되어 있는 결정구조를 가지고 있기 때문에 비전도성인 것이다. 그러나 물속에 녹으면 해리가 발생하고 이온을 잡고 있는 결합이 결정구조에서 분리되어 이온의 이동이 자유로워진다. 그 결과 염화나트륨 용액과 물은 전기를 전도할 수 있는 능력을 가지게 된다.



실험 II에서 학생들은 염화나트륨 결정, 수산화칼슘 파우더, 그리고 염산이 물에 녹으면 전도도를 가진다는 것을 알게 될 것이다. 이들은 전해질을 대표하는 세 가지 물질이다: 소금, 산, 염기. 학생들은 또한 물속에 녹은 모든 물질이 전도도를 갖지 못한다는 것을 알게 될 것이다.

변성알코올과 자당 결정은 용액의 형태에서는 전도도 지시기에 반응을 주지 않을 것이다. 물에 녹을 때 이온으로 해리되지 않기 때문에 비전해질 물질이다. 알코올과 탄화수소는 비전해질을 대표하는 일반적인 두 가지 물질이다.

실험과정

주의 : 학생들에게 보호안경을 착용시킨다. 6M 염산을 다룰 때는 특별한 주의가 필요하다. 용액을 엷혔을 경우 즉시 닦아내야한다. 실험이 끝나면 전도도 지시기의 프로브를 물로 세척한다. 가능하면 증류수나 탈이온수를 사용해 세척한다. 프로브에 침전물이나 부식이 생기는 것을 막기 위해 완전히 말려야 한다. 이렇게 관리

함으로써 실험장비를 오래 사용할 수 있다.

1. 각 학생 또는 각 조는 종이타월, 다용도 흡판, 약수저, 전도도 지시기를 준비해야 한다.
2. 각 조는 다음 실험준비물을 준비한다. 탈이온수, 6M 염산, 수산화칼슘, 염화나트륨 결정, 변성알코올, 자당 결정, 빙초산
3. 실험 전에 실험 물질이 전해질일 것이라고 생각하면 “E”(전해질)를, 비전해질이라고 생각하면 “N”(비전해질)이라고 기록하게 한다.
4. 학생들에게 원래의 물질이 들어있는 다용도 흡판의 홈에 다른 물질을 섞지 않도록 주의를 준다. 각 실험 후 가장 큰 홈에 담겨 있는 탈이온수로 전도도 지시기의 프로브를 세척한다. 학생들은 이 액체를 실험 전 그리고 실험 후에 실험한다.
5. 학생들은 전도도 지시기의 반응을 “깜빡거림”, “켜짐”, “반응 없음”으로 대답해야 한다.
 - 1) 홈 1, 3, 5, 7, 9, 10에 탈이온수 12방울을 넣는다. 각 조에서 한 사람은 1번 홈에 전도도 지시기의 프로브를 담고 있고 다른 사람은 6M 염산 1방울을 1번 홈에 넣는다. 지시기의 반응을 표 II에 기록한다.
 - 2) 프로브를 세척하고 종이타월로 닦아 건조시킨다.
 - 3) 조심스럽게 약수저로 수산화칼슘을 떠서 물이 들어 있는 3번 홈에 넣고 저어 준다. 지시기로 실험하고 그 결과를 기록한다. 프로브를 세척하고 건조시킨다.
 - 4) 염화나트륨 결정 1개를 5번 홈에 넣고 저어 준다. 지시기로 실험하고 그 결과를 기록한다. 세척하고 건조시킨다.
 - 5) 변성알코올을 7번 홈에 있는 물과 섞고 지시기로 실험한다. 알코올 5방울을 더 넣고 결과를 표 2에 기록한다.
 - 6) 자당 결정 1개를 9번 홈에 넣고 저어준다. 지시기로 실험하고 그 결과를 기록한다. 세척하고 건조시킨다.
 - 7) 빙초산 5방울을 10번 홈에 있는 물과 섞고 지시기로 실험한다. 프로브를 수직 상태로 유지한다. 주의 깊게 관찰하고 그 결과를 표 2에 기록한다.
 - 8) 다용도 흡판의 가장 큰 홈에 있던 물을 다시 실험한다. 무엇을 관찰할 수 있나? 탈이온수를 처음 실험했을 때와 동일한 결과가 나오는가?

모범답안

표 II

물질	가정	지시기 반응	결과
*탈이온수		없음/켜짐	N/E
6M 염산		깜빡거림	E
염화나트륨 용액		깜빡거림	E
수산화칼슘 용액		깜빡거림	E
변성알코올		없음	N
자당 용액		없음	N
빙초산 용액		깜빡거림	E

* 처음 실험에서는 반응이 없었으나 마지막 실험에서는 오염으로 인해 LED가 켜짐

질문

- 실험 II에서 실험한 물질 중에서 어떤 것이 전도도를 나타내었는가?
6M 염산, 염화나트륨 용액, 수산화칼슘 용액, 가장 큰 홈에 있던 오염된 탈이온수
- 전기를 전도하는 용액을 무엇이라고 하나?
전해질
- 이들 용액을 어떻게 분류할 수 있나?
산성, 염기성, 소금용액
- 어떤 용액이 부도체인가?
변성알코올, 변성알코올, 자당 용액
- 부도체는 **비전해질**로 알려져 있다.
- 일부 물질은 왜 물에 녹을 때만 전도도를 나타내나?
일부 물질은 물에 녹을 때 음이온과 양이온으로 해리되지 않는다. 양이온과 음이온이 없으면 물질을 통해 전하를 자유롭게 옮기거나 이동시킬 수 있는 하전입자가 없는 것이다.
- 약한 전해질은 용액 속에서 적은 수의 이온만을 형성하고 LED 불빛이 켜지는 정도의 반응만을 보일 것이다. 어떤 전해질이 이런 반응을 보이는가?
가장 큰 홈에 있는 오염된 탈이온수 (증류수)
- 가장 큰 홈에 있는 탈이온수 (증류수)가 실험 전과 실험 후 다른 결과를 보였나? **그렇다.**
그 이유를 설명하라.
탈이온수 (증류수)는 매번 실험이 끝나고 프로브를 세척하는 과정에서 소금, 산, 염기에 의해 오염되었다.

이들 용액들은 전도도를 가지기 때문에 그 영향으로 실험 후 탈이온수에서도 LED에 불이 들어왔다고 추측할 수 있다.

- 모든 결정은 물속에 녹으면 전도도를 가지나?
아니다. 염화나트륨만 그런 반응을 보인다.
- 왜 염화나트륨 결정이 전도도를 가지지 않을까?
전하를 이동시키는 하전입자가 없기 때문이다. 염화나트륨의 모든 음이온과 양이온은 이온결합에 의해 단단하게 결합되어 있다. 그러나 물에 용해될 때 결정구조를 잡고 있는 결합이 깨져 이온이 자유롭게 이동할 수 있다. 이것을 해리라고 부른다.
- 변성알코올과 자당과 같은 비전해질은 **알코올**과 **탄화수소**로 분류된다.

이 실험서는 (주)한국과학에 의해 작성되었으며 저작권법에 의해 보호를 받습니다. 무단복제를 금하며, 무단 복제 및 배포 시 저작권법에 의해 처벌 받을 수 있습니다.