

Homopolar 전동기

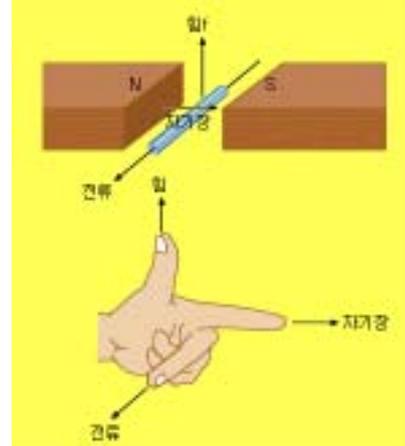
류성철(신나는 과학을 만드는 사람들, 노원고등학교, tesr@dreamwiz.com)

I. 이론

전류는 자기장속에서 힘을 받는다. 이와 같이 자기장 속을 흐르는 전류가 받는 힘을 전자기력이라고 하며 전자기력의 방향은 플레밍의 왼손 법칙으로 찾을 수 있다. 또한 전자기력의 크기는 전류와 자기장의 세기에 비례하므로 강한 자석일수록, 전류의 세기가 클수록 더 큰 힘을 받는다.

그리고 자기장에서 움직이는 전하는 자기장과 운동 방향에 모두 수직한 방향으로 힘을 받는다. 이 힘을 로렌츠 힘이라고 한다. 로렌츠의 힘으로 설명할 수 있다.

가장 많이 사용하는 일반적인 전동기와는 달리 Homopolar 전동기는 자기장의 세기나 방향, 그리고 전류의 방향이 변하지 않고 일정한 것을 말한다. Homopolar 전동기는 전자기력으로 회전을 만들 수 있는 첫 번째 기구이며, 1821에 패러데이가 영국왕립학회에서 처음 만들어 시연하였다. Homopolar 전동기는 여러 가지 형태로 만들 수 있다.



II. 활동 & 연구 내용

1. 목표

- 1) 전류와 자기장, 회전하는 방향의 관계를 알 수 있다.
- 2) 자기장 내에서 전류가 받는 힘의 방향을 찾을 수 있다.
- 3) 다양한 Homopolar 전동기를 만들어 보려고 한다.

2. 준비

1.5V 알칼리인 건전지(AA), 네오디뮴 자석, 피복이 없는 구리선, 전선용 집게,



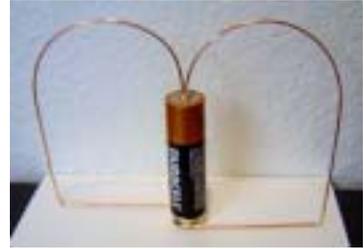
3. 유의사항

- 1) 네오디뮴 자석은 매우 강력한 자석이므로 두 개의 자석이 만나지 않도록 해야 하며, 보관하거나 운반할 때 신용카드 등 마그네틱 띠에 정보가 있는 물체와 가까이 하면 안된다.
- 2) 오랫동안 회전하도록 두면, 건전지에서 많은 열이 발생하고, 건전지가 빨리 소모된다.

4. 과정 및 결과

< 과정 >

- ① 건전지의 (-)극에 자석을 붙이고 세운다.
- ② 양쪽으로 균형을 잡고 회전할 수 있는 모양을 구리선으로 만든다.
- ② 왼쪽 그림처럼 건전지의 (+)극에 놓이는 부분과 자석에 닿는 부분을 구리선으로 높이를 조절하여 만든다.
- ③ 건전지 위에서 균형이 잘 잡히도록 조정한 뒤 올려놓고, 회전하는 것을 관찰한다.



5. 고찰 및 토의

- ① 구리선이 회전하는 방향은 어느 쪽인가?
- ② 자석의 극을 뒤집어 건전지에 붙인 뒤 구리선이 회전하는 방향은 어떻게 되는가?
- ③ 전류, 자기장, 구리선이 힘을 받는 방향은 어떤 관계를 가지는지 토의해보자.
- ④ 여러 가지 모양의 다른 Homopolar 전동기를 만들어 본다.



Ⅲ. 교수학습 시사점

일반적인 전동기와 달리 새로운 형태의 전자기력을 확인할 수 있는 활동이다. 아주 간단하게 만들 수 있다는 장점이 있지만, 전자기력의 방향을 이해하는데 어려움이 있다. 전동기의 원리를 이해하고 난 뒤, 심화학습의 활동으로 적합하다고 생각한다.

Ⅳ. 참고문헌

http://en.wikipedia.org/wiki/Homopolar_motor

<http://dangerouslyfun.com/homopolar-motor>

개방적 탐구과정 수업사례

백종민(신과람, 을지중학교, minitutor@naver.com)

I. 탐구수업

학생들이 복잡한 주제를 탐구해 나갈 때 수업활동에 적극적으로 참여를 유도함으로써 그들에게 지식이나 정보를 획득하고 조직하는 방법을 가르치는데 근본 목적이 있는 발견 학습 수업모형이다. 이러한 과학적 탐구과정은 다음과 같이 진행된다.

- 관찰 및 문제 인식 : 관찰한 내용속의 많은 문제들을 발견하는 것.

관찰 - 추운 날 강물은 잘 얼지만 바닷물은 잘 얼지 않는다.
문제인식 - 왜 바닷물은 잘 얼지 않을까?

- 가설설정 : 발견된 문제에 대하여 잠정적으로 설정한 해답을 **가설**이라 함
- 탐구설계 및 수행 : 가설검증을 위해 여러 가지 방법을 모색하는 활동이 **탐구설계**이며, 설계대로 실행하는 것이 **탐구수행**이다.
- 자료 분석 및 해석 : 조사나 실험 등을 통해 얻은 자료를 바탕으로 새로운 사실, 아직 관찰되지 않은 사실을 예상하거나 추론함.
- 결론도출 및 평가 : 결론은 합리적으로 추출된 진실, 논리적으로 완벽한 형태의 개념.

결론도출 - 염분의 농도가 높을수록 어는점은 낮아진다.

- 일반화 : 도출된 결론을 반복 검증하여 일반적인 이론으로 정립

일반화 - 농도가 진한 용액일수록 어는점이 낮아진다.

탐구수행과 변인

- 독립변인** - 실험결과에 영향을 미치는 모든 요인: 예) 염분농도, 그릇 크기, 온도계의 종류, 그릇 모양 등
- 조작변인** - 독립변인 중 가설 검증하기 위해 실험자가 조작하는 변인 예) 염분의 농도
- 통제변인** - 조작변인을 제외한 나머지 변인(동일하게 유지해야 함) 예) 그릇 크기, 그릇 위치, 그릇 모양
- 종속변인** - 조작변인으로 인해 영향을 받는 요소, 예) 어는점

	주요 활동
문제 확인하기	<ul style="list-style-type: none"> ▶▶ 탐구 분위기 조성하기 ▶▶ 학습 과제 확인하기 ▶▶ 관련 지식 및 개념 익히기 /선수 학습 확인 ▶▶ 문제 상황 제시
문제 탐구하기	<ul style="list-style-type: none"> ▶▶ 문제 분석하기 ▶▶ 가설 설정하기 ▶▶ 가설 진술하기 ▶▶ 문제 해결 방법 탐색하기 ▶▶ 필요한 자료 모으기
문제 해결하기	<ul style="list-style-type: none"> ▶▶ 자료 분석, 평가하기 ▶▶ 가설 검증하기/규칙성 발견하기 ▶▶ 해결 과정에 대한 설명하기/토의하기
적용하기	<ul style="list-style-type: none"> ▶▶ 유사한 상황에 적용하기 ▶▶ 일반화 가능성 탐색하기 ▶▶ 일반화하기 ▶▶ 일상의 언어 상황에 적용하기 ▶▶ 학습 활동 평가 및 정리

II. 활동 & 연구 내용

1. 목표

- 1) 발포정 실험을 통하여 과학적 탐구과정을 직접 수행하게 한다.
- 2) 실험결과를 근거로 하여 실험을 해석하고 이를 일반화시킬 수 있다.
- 3) 변인을 통제하여 가설을 설정하고, 실험을 직접 설계하여 수행하여 결과를 이끌어낼 수 있다.
- 4) 각 실험에 대한 결과를 다른 사람들에게 전달하고, 이를 통하여 과학적 소양을 높일 수 있다.

2. 준비

발포정, 스포이트 2개, 메스실린더(50ml) 2개, 같은 종류 필름통 2개, 다른 종류 필름통 1개, 비커(50ml) 2개, 초시계, 찬 물과 따뜻한 물, 화장지나 타올, 전자저울, 온도계, 산이나 염기 소량



3. 유의사항

- 1) 주변에 책이나 활동지가 젖지 않도록 미리 치워 둔다.
- 2) 필름 통 뚜껑이 완전히 닫히도록 몇 번 연습 후에 실시한다.
- 3) 필름 통 뚜껑이 발사되는 방향을 옆으로 향하지 않도록 한다.
- 4) 그렇게 위험한 폭발이 아니므로 너무 소란하지 않고 실험이 진행되도록 준비한다.
- 5) 발포정을 넣은 필름 통은 뚜껑이 튀어 올라 눈이 다칠 위험이 있으므로 내려다보지 않도록 한다.

4. 과정 및 결과

1) 가설설정, 사전실험 : 발포정과 물의 반응실험

- ① 필름 통에 물을 반쯤 넣는다. (1/2~2/3정도)
- ② 발포정을 1/2 정도 크기로 자른다.
- ③ 발포정을 필름통에 넣고, 바로 그 순간 기체가 새지 않도록 꼭 닫는다.
- ④ 초시계로 평 소리가 나면서 뚜껑이 열릴 때까지 시간을 측정한다.
- ⑤ 이러한 폭음이 들리는데 까지 걸리는 반응시간에 영향을 주는 요인들을 찾아본다.
- ⑥ 이 반응시간에 영향을 주는 여러 가지 변인들을 찾아본다.



2) 탐구과정 : 실험설계 및 자료 수집활동

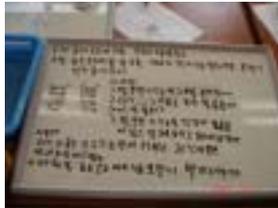
- ① 반응시간에 영향을 주는 여러 가지 변인을 고려하고 가설을 먼저 세운다. 이때 모둠별로 같은 가설이 설정되지 않고, 자기 모둠만의 독창성을 발휘하여 가설을 만들도록 한다.
- ② 가설에 맞는 실험을 의논하고 이를 실험할 과정을 정리한다.
- ③ 실험을 실시한다. 여러 가지 변인통제가 잘되었는지 생각하면서 실험한다.
- ④ 실험결과를 정리하고 이를 일반화시켜 결론을 이끈다.

3) 결론 및 자료정리

- ① 실험한 결과를 발표할 수 있도록 화이트보드에 요점을 정리한다.
- ② 가설-실험과정-결과를 발표하고 결론을 말한다.
- ③ 다른 모둠의 질문을 받고 실험이 제대로 진행되었는지 검증받는다.
- ④ 다른 모둠의 발표에 참여한다.

4) 발표 및 토의

- ① 모둠별로 자신의 실험결과를 발표한다. 이때 다른 학생들은 가설이 제대로 검증되었는지 경청 후에 의견을 말한다.
- ② 발표는 천천히 진행하고 의견이 있을 때 발표자의 허락을 받은 후에 말하도록 한다.



5. 고찰 토의

- 1) 필름통의 뚜껑이 날아가는데 영향을 미칠 수 있는 다양한 요인들을 찾아서 적어라.

- 2) 실험이 더 정교하게 진행되기 위해서 필요한 준비물이나 실험과정을 이야기 해보자.

Ⅲ. 교수학습 시사점

학생들은 이러한 개방적 탐구과정 훈련을 통하여 스스로 주어진 문제를 과학적으로 해결하는 방법을 습득하고 직접 탐구과정에 참여함으로써 과학적 문제 해결 능력을 배우게 된다. 또한 학생들이 질문을 구성하고, 아이디어를 검증해 나가면서 적극적이고 자율적인 학습을 증진시켜 나간다. 스스로 질문을 제기하고 토론을 전개해 나가므로써 언어적 표현이 능숙해지고, 타인의 말을 경청함, 따라서 논의된 내용들을 잘 기억하게 된다. 물론, 이 수업 모형의 주요 강조점은 탐구과정 기술을 기르는데 있지만 교육과정의 내용 학습에도 효과적이다.

이러한 수업을 함으로써

- 토론을 통하여 자신의 아이디어를 명료화 할 수 있다.
- 학생들이 자율적으로 학습해 나갈 수 있다.
- 학습자 스스로 탐구과정 요소를 찾아내고 탐구를 설계한다.
- 문제해결 학습활동에 참여함으로써 다른 사람들과 작업을 효율적으로 수행하는데 필요한 자세를 배울 수 있고, 문제해결능력을 기를 수 있다.
- 협동적 탐구과정을 통해서 학생들의 사고를 심화시키고, 지식은 잠정적이고 생성적이라는 사실을 깨닫게 하며, 문제에 대한 대안적 설명을 시키는 데 도움이 된다.

하지만 이러한 학습이 학교 수업에서 이루어지는 데는 여러 가지 현실적인 문제가 뒤따를 것이다.

- 자칫 잘못하면 방만한 수업운영으로 목적을 이루지 못할 수 있다.
- 이런 수업이 가능한 주제들은 무엇이 있을까?
- 기타.

Microscale Chemistry

홍종화(사랑의과학나눔터, 서울우신고등학교, hongbrot@yahoo.co.kr)

I. 이론

화학교육에서 요즘 전세계적으로 유행하는 말은 microscale chemistry나 smallscale chemistry이다. 이에 발맞추어 한국의 고등학교 화학교육에 맞는 형태의 microscale chemistry 키트를 개발하고 있는 중이다.

이 키트의 기본적인 기구는 12홈판 1개, 바이알 2개, 60mL 주사기 2개, 5mL 주사기 1개, 깔대기 1개, 주사기연결콘넥터 1개, 주사기마개 2개, 고무튜브 1개, 시험관 1개, 바이알 연결튜브 1개, 핀셋 1개, 시험관 스푼 1개, 비이커 2개, 플라스틱 접시 1개, 약수저 1개이다.



학생 모두가 각자 위의 키트를 가지고 실험하는 것이 가장 이상적인 형태의 모델이지만 2인 또는 3인 1조도 상관없다. 학생들에게 위의 기구를 담긴 플라스틱 통을 나눠주고 이를 계속 관리할 수 있도록 체크리스트를 나눠주어 분실되지 않도록 계속 관리를 해야 한다. 그리고 각 실험시마다 이 키트를 기본으로 하여 여러 가지 실험을 하도록 하는데 각 실험마다 필요한 시약이나 또는 그 실험에만 사용되는 기구는 또 다른 플라스틱 통에 담아 학생들에게 제공하여 실험할 수 있도록 한다. 이 키트로써는 교과서에 있는 대부분의 실험을 할 수 있다. 하지만 특별히 기체발생실험 및 기체확인 실험을 하는데 매우 편리하며 추가로 연료전지등을 사용하여 첨단 과학에 대해서도 접근할 수 있다. 그러면 이 키트를 사용하여 기체발생실험을 하여보고 이 기체로 여러 가지 실험을 하여보자.

II. 활동 & 연구 내용

1. 목표

- 1) microscale kit를 이용하여 수소와 산소기체를 만들어 보자.
- 2) 수소와 산소기체의 성질을 알아보자.
- 3) 이산화탄소기체의 성질을 알아보자.

2. 준비

마이크로 스케일 실험키트 1 세트(12흡관 1개, 바이알 2개, 60mL 주사기 2개, 5mL 주사기 1개, 깔대기 1개, 주사기연결콘넥터 1개, 주사기마개 2개, 고무튜브 1개, 시험관 1개, 바이알 연결튜브 1개, 핀셋 1개, 시험관 슐 1개, 비커 2개, 플라스틱 접시 1개, 약수저 1개), 기체발생실험키트 1세트(1M 염산 1병, 마그네슘리본, 3%과산화수소 1병, KI가루, 탄산수소나트륨1병, 식초1병, 수산화나트륨1병, 세제 1병)

3. 유의사항

- 1) 손에 약품이 묻지 않도록 반드시 비닐 장갑을 착용한다.
- 2) 실험이 끝나면 기구를 잘 세척한다.

4. 과정 및 결과

1) 이산화탄소 기체 발생 실험

- ① 그림과 같이 기체발생장치를 구성한다.
- ② 첫 번째 바이알에 탄산수소나트륨을 약수저를 이용하여 약 2스푼 넣는다.
- ③ 두 번째 바이알에는 물을 약 2/3정도 넣어 기체를 세척한다.
- ④ 식초가 담긴 병의 흰색 마개를 열어 5mL 주사기를 넣은 다음 약 5mL의 식초를 주사기에 넣는다. 한꺼번에 다 넣지말고 한 방울씩 넣어 60mL주사기에 모인 약 10mL 정도의 기체는 주사기를 빼서 버린다.
- ⑤ 60mL 주사기에 이산화탄소기체가 모인다.
- ⑥ 플라스틱 접시에 비눗물을 반 정도 넣는다.
- ⑦ 60mL 주사기를 꺼내어 고무 튜브에 연결한 다음 세제를 한 방울 찍어 끝이 위로 가도록 한 다음 이산화탄소비눗방울을 만들어 하늘로 날려보자.
- ⑧ 5mL 주사기에 수산화나트륨을 넣은 다음 컨넥터를 이용해 60mL 주사기와 연결한 후 수산화나트륨을 60mL 주사기에 넣어 흔들어 본다.
- ⑨ 반응한 시약은 폐수통에 버리고 증류수를 넣어 세척한다.



2) 수소기체 발생 실험

- ① 그림과 같이 기체발생장치를 구성한다.
- ② 첫 번째 바이알에 마그네슘 리본을 약 2.5cm 넣는다.

- ③ 두 번째 바이알에는 물을 약 2/3정도 넣어 기체를 세척한다.
- ④ 염산병의 흰색 마개를 열어 5mL 주사기를 넣은 다음 약 5mL의 염산을 주사기에 넣는다.
- ⑤ 60mL 주사기에 수소기체가 모인다.
- ⑥ 플라스틱 접시에 비눗물을 반정도 넣는다.
- ⑦ 60mL 주사기를 꺼내어 고무 튜브에 연결한 다음 세제를 한 방울 찍어 수소비눗방울을 만들어 하늘로 날려보자.
- ⑧ 주사기 마개를 이용하여 마개를 잘 막아둔다.

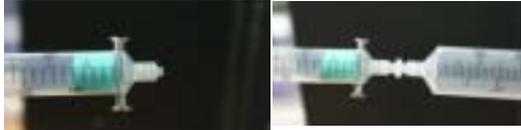
3) 산소기체의 발생

- ① 산소기체도 위와 같은 방법으로 만든다.
- ② 60mL 산소기체를 시험관에 약 15mL 넣은 후 향에 불을 붙인 후 넣어본다.

4) 연료전지에 연결하여 바람개비를 돌려보자!!!

- ① 위에서 만든 수소와 산소기체를 연료전지에 연결한다. 수소는 공기보다 가볍기 때문에 연료전지의 위쪽 구멍에 연결하여 아래쪽으로 가게하고 산소는 아래쪽으로 연결한다. 연료전지에 모터를 연결한다.

5) 스펀지 대포 발사!!!

- ① 60mL 주사기 2개에 있는 수소와 산소기체의 양을 2:1의 비율로 맞춘후 컨넥터를 이용하여 서로 섞어준다. 
- ② 나사가 박힌 20mL 주사기에 스펀지 마개를 끝까지 밀어 넣은 후 위에서 만든 혼합기체를 컨넥터를 이용하여 20mL 주사기에 넣은 후 주사기 마개로 막는다. 
- ③ 스파커를 나사에 연결하여 불꽃을 튀겨준다.(엄청난 소리가 나며 스펀지가 발사된다.)

5. 고찰 토의

- 1) 수소기체가 하늘로 올라가는 이유는 무엇일까? 그 이유를 적고 그것을 그림으로 표현해보시오.
- 2) 암모니아기체로 비눗방울을 만들면 비눗방울이 어떻게 되는지 관찰하고 그 이유를 적어보시오.
- 3) 연료전지의 원리는 어떻게 되는지 생각해보시오.

Ⅲ. 교수학습 시사점

학생들이 직접 자신의 손으로 실험을 할 수 있게 하는 것은 과학교육에 있어서 가장 필요한 일일 것이다. 마이크로스케일 키트를 이용하면 훨씬 더 편하고 쉽게 그러한 목표에 접근할 수 있다. 학교에서 과학교사가 학생들에게 가장 크게 다가갈 수 있는 도구는 바로 실험이다. 이러한 형태의 실험키트를 사용하면 학생들이 자신의 키트를 관리할 수 있도록 하여 실험에 대한 애착을 가질 수 있도록 할 수 있고 나아가 학생들이 과학에 흥미를 가질 수 있도록 하는 좋은 도구로서의 역할을 할 수 있다. 한 번 상상해보자. 학교 실험실에 이와 같은 마이크로스케일 기본실험키트가 있고 또한 준비실에는 십여 가지의 각 실험키트박스가 있다. 그 실험키트박스에는 실험을 할 수 있는 도구가 들어있는 각 조별 박스들이 또한 들어 있다. 그리고 부족한 것을 채울 수 있는 보충용액 및 각구 박스가 들어있다. 과학 수업이 시작되면 선생님은 학생들에게 기본키트박스를 나눠주고 또한 실험키트박스를 나눠준 후 학생들은 보고서를 통해 자신의 생각을 해보고 또한 이를 실험으로 관찰한다.

과학교사들의 가장 큰 힘이 되는 것은 학생들이 교실에서 역동적이고 재미있는 실험을 하는 것이다. microscale chemistry kit는 이것을 충족시킬 수 있다.

Ⅳ. 참고문헌

microscale gas chemistry - Bruce Mattson

microscale experiments for general chemistry - Kenneth L. Williamson

키트구입처 :사이언스마켓 (02-2611-2179)

www.sciencemarket.net/index.php

2007년 대한민국-티모레스테 과학교사 세미나

이선희(장승중, esunny21@hanmail.net)



가. 세미나 장소: 티모레스테(동티모르) 바우카우 고등학교
(ESCOLLA SECUNDARI SANTO ANTONIO ESSA BAUCAU)

나. 기간: 2007년 8월 6~ 8월 17일

다. 내용:

- 1) 물리-전자기부분 Workshop 발표 및 세미나
- 2) 화학-전기화학부분 Workshop 발표 및 세미나
- 3) 생물-생식부분 Workshop 발표 및 세미나

1. 동티모르에 대하여



- 공식명칭 : 동티모르민주공화국(Democratic Republic of Timor-Leste)
- 위치 : 인도네시아 말레이군도 동쪽 끝에 위치한 섬. 남위9°, 경도는 우리나라와 비슷
- 인구 : 1,032,000 (2006)
- 면적 : 14,604km² (강원도 비슷)
- 기후 : 열대와 아열대 기후의 중간 정도로 연중 무더운 날씨. 연평균 기온 27℃~30℃
계절은 우기(11월-4월)와 건기(5월-10월)로 구분
- 수도 : 딜리
- 공식 언어 : 테툼어·포르투갈어 • 화폐단위 : 미국달러(U. S. dollar/U.S.\$)
- 교육 : 학제는 우리나라와 같다. 성인인구의 57%가 거의 교육받지 못함. 가난과 교육
갈등이 심한 상태. 2/3농업에 종사. 초등학교는 의무교육이나, 과령학생이 27%

로 높은 유예율과 낙제율(20%,10%)을 보이며 아동의 50%이하가 6학년과정을 마치고 있는 실정. 인도네시아의 철수로 인적자원이 많지 않아 교사확보에 어려움이 있다, 15세 이상 인구의 3/5정도가 문자해독 가능하며 성별, 지역·지형별 차이가 크다.

표 6. 2004/05년도 동티모르의 초중등 교육현황 개요

구분		학교		학생		교사		학교당	교사당	학교당
		수	%	수	%	수	%	학생수	학생수	교사수
초등학교	정부	649	85.5	154,307	85.8	4,528	83.6	238	34	7
	카톨릭	110	14.5	25,585	14.2	887	16.4	233	29	8
	소계	759	100.0	179,892	100.0	5,415	100.0	237	33	7
중학교	정부	90	69.8	30,338	76.1	972	58.8	337	31	11
	카톨릭	39	30.2	9,530	23.9	680	41.2	244	14	17
	소계	129	100.0	39,868	100.0	1,652	100.0	309	24	13
고등학교	정부	31	40.8	20,681	84.4	232	32.0	667	89	7
	카톨릭	45	59.2	3,812	15.6	493	68.0	85	8	11
	소계	76	100.0	24,493	100.0	725	100.0	322	34	10
총계	정부	770	79.9	205,326	84.1	5,732	73.6	267	36	7
	카톨릭	194	20.1	38,927	15.9	2,060	26.4	201	19	11
	소계	964	100.0	244,253	100.0	7,792	100.0	253	31	8

표 7. 지역별, 교육수준별 성인(15세 이상)숫자통계 (2003 UNICEF)

지역	교육수준(%)					
	미취학	초등중퇴	초등수료	중등중퇴	고교이상	총계
전체평균	54	14	6	10	15	100
도시지역	39	15	7	13	27	100
주요도시	28	16	8	15	33	100
농촌지역	59	14	6	10	11	100
고지대	64	15	4	8	9	100

동티모르는 2002년 인도네시아로부터 독립한 신생국이다. 그 과정에서 인도네시아의 학살이 있었다. 당연히 세계 최빈국 중 하나이고, 정치상황이 불안정하나 내전 등의 염려는 없는 비교적 안전한 국가이다. 동티모르의 인도네시아 식민지 기간은 24년 정도이고, 그 이전에 400년 가까이 포르투갈 식민지를 겪었다. 교과서는 새로 만들지 못해 인도네시아어로 되어 있다. 인도네시아의 폭압정치 탓으로 탄압받던 테툼어와 포르투갈어가 공식 언어(official languages)이며, 인도네시아어와 영어는 그 하위인 공용어(working languages)이다. 언어, 종교 등 많은 부분에서 포르투갈의 영향을 많이 받았다. 현재도 제1교역국인 포르투갈과 호주이다. 통화는 US달러이다.

동티모르의 국제공항은 수도 딜리에 있다. 국제공항이라고는 하나 하루에 한번 딜리-발리를 오갈 뿐이다. 활주로도 하나밖에 없고, 출입국심사는 컨테이너 박스에서 이뤄지고, 건기인 탓인지 공항의 화장실은 물이 나오지 않았다. 불편한 점도 있었으나 우리와 비슷한 정서를 많이 느꼈으며 가능성이 많은 나라라는 생각이 들었다.

2. 제1회 대한민국-티모레스테 과학교사 세미나에 대하여

가. 연수가 있기까지

박금우선생님이 있다. 여행을 좋아하고 과학을 좋아한다. 우연히 동티모르를 갔고, 아이들과 과학수업을 했다. 선생님이 한국으로 돌아오려는데 수녀님이 물으신다.

- 이곳에 또 오실 건가요?
- 왜 물으시죠?
- 지금까지 다시 오신 분을 본 적이 없어요.
-내년에 다시 오겠습니다.

우리가 박금우선생님의 강의를 들던 2006년 가을, 선생님은 그 약속을 지키기 위해 3년째 동티모르를 다녀오고 있었다. 우리 교과모임은 그분과 함께하기로 했고 2007년 1월 서인호 선생님과 김홍석 선생님이 다녀왔다.

그 지역의 주임 신부님은 전에 그 학교의 교장이셨고, 아이들에게 화학을 가르치셨는데 이 프로그램에 애정이 많다. 신부님이 과학교사연수를 제안하셨고, 그로써 이번 세미나가 이뤄지게 되었다.

나. 연수준비

연수는 물리, 화학, 생물을 각각 하루씩 하여 3일간 진행하기로 하였다. 동티모르의 전기상황이 안 좋은 것을 생각하여 물리는 전자기수업으로 방향을 잡았고, 이에 맞춰 화학도 전기화학으로 하였다. 생물은 DNA와 생식을 주제로 하였다. 수업은 오전 중에 이뤄지고, 오후는 물로켓 등의 체험과학을 중심으로 설계하였다. 각자 원고를 작성하고 수업자가 영어로 번역한 후 책자를 만들었다.

다. 프로그램의 실제

표 8. <세미나 일정>

	9th Aug. Biology Day	10th Aug. Chemistry Day	11th Aug. Physics Day
First class	Menstrual-bracelet Modelling	Metal Reactivity	What is a magnet?
Second class	Paper-DNA Modelling	The electrolysis of solution	Magnetic Field, Current, Force
Third class	Beads-DNA Modelling	Electrolyte and Nonelectrolyte	Electromagnetism
Lunch			
Field Activity	Water Rocket, Running Horce	A hot-air balloon, Charles'law, Neutralization reaction, Vacuum(Boiling point, Mashimaro swelling)	Hologram sheet



과일전지 수업 장면



연수를 함께한 교사들과

동티모르의 참석예정 과학교사는 30명이었다. 보다 많은 학교에 프로그램을 파급시키기 위해 학교마다 2명으로 인원을 제한하고 사전에 신청을 받아둔 상태였다. 그러나 실제 참가교사는 16명이었고, 수업도 이틀밖에 이뤄지지 못했다. 우리가 수업하러 가기 바로 전 정치적 문제가 발생했고 동티모르전역이 불안한 상황이었기 때문이다. 여러 날을 고생하며 준비해 간 우리로서는 서운하지 않을 수 없었다. 첫날 몇 사제준비생들과만 수업을 해야 했고, 운동장에 모여든 꼬마아이들과 놀았다.(이때 임익섭 샘의 황금창고가 빛을 발하기 시작했다. 연수 내내 임 샘의 가방에서는 먹을 것이며 실험도구가 마르지 않고 나와서 우리를 감탄하게 했다.)

다행히 상황이 다소 나아져 통제됐던 길목이 풀렸고, 둘째 날부터 연수가 진행될 수 있었다.

언어도 통하지 않는 상황에서 어떻게 문제점이 없겠는가!

그러나 선생님들은 교사 특유의 순발력으로 바로 연수 방식을 변형해가며 상황에 맞췄고 현지의 선생님들과 의사교환도 할 수 있게 되었다. 첫날 못한 수업은 이틀로 나눠서 연수시간이 연장되었다. 예고되지 않은 연장임에도 선생님들은 한분도 돌아가지 않으셨으며, 그 다음 날도 모두 오셨다.

먼저 동티모르를 다녀오신 두 분이 있어, 연수의 수위를 정하기가 쉬웠다. 하지만 동티모르의 상황과 맞지 않으면 어떻게 하나 등 불안함도 많았다. 하지만 연수를 진행하며 이 모든 것이 기우에 지나지 않음을 알았다. 내용 하나하나마다 학생같이 배우고 질문하는 현지 선생님들을 보면서 느꼈던 기쁨은 이제 나의 큰 자산이다.

물리를 가르친다는 Faus는 “프로그램이 매우 훌륭하다. 다른 내용들도 받아보면 좋겠다. 우리는 포르투갈어, 인도네시아어, 영어 등의 교재가 있는데 이 언어들 모두 우리의 공용어가 되지 못한다. 이 연수도 테툼어로 진행된다면 보다 많은 교사가 도움을 받을 것이라고 생각한다. 내가 도울 수 있다고 생각한다.”며 적극적인 의견을 보였다. Faus 외에도 여러 선생님들의 이야기를 통해 연수가 지속되어야 하고 발전될 것임을 느낄 수 있었다.

도움을 주어서 고맙다는 선생님들께 “우리는 도움을 주었다고 생각하지 않는다. 또 도움을 줄 수도 없다고 생각한다. 다만 우리는 교류하는 것이다. 우리는 많은 동료들에게 배우고 영향을 준다. 여기의 선생님들도 서로 연대하길 희망한다.”라고 화답했다. 동티모르의 실험도구부족을 염려하는 선생님께 김홍석 선생님은 “우리가 주위의 값싼 재료를

찾아 실험을 설계하는 것처럼 동티모르에서의 재료를 찾는 일은 이제 선생님들의 몫이다. 아까 오스트레일리아 교재를 번역하는 일에 대해 말씀하셨는데, 한국도 20년 전에 그 일부부터 시작했다. 선생님들의 발전을 기대한다.”라고 하며 우리는 여러 이야기를 나누었다. 이런 이야기들이 이 프로그램의 밑거름이 되어 우리의 연수는 자리를 잡아갈 것이다.



라. 자체평가

선생님들이 많이 참석하지 못한 것이 못내 서운했다. 동티모르의 정치상황 때문이긴 하지만 우리의 연수가 자리를 잡게 되면 더 나아질 수 있다고 생각한다. 각 선생님들의 평가를 토대로 앞으로 연수의 방향을 모색해 보았다.

- 교사연수가 주된 일이긴 하지만 학교에 모이는 동네꼬마들이나 숙소(수도원)주위 난민을 위한 수업도 준비될 필요가 있다.
- 우리가 미리 원고를 보내면 테툼어로 번역을 하겠다는 선생님도 있었지만 현실적으로 쉽지 않은 일이다. 대신 정식연수 하루 전, 동티모르의 핵심교사들과 워크숍을 진행해서 본 연수의 진행에 도움을 받자.
- 연수가 끝나고 서로 연락을 주고받는 선생님들을 보았다. 우리의 연수가 교사 간 교류를 증진시키는 계기가 되리라 생각한다.
- 연수 목적과 할 수 있는 부분을 분명히 하는 것이 서로에게 더 도움이 될 것 같다.
- 우리가 3S를 지향하는 이유는 생활 속 과학 활동이 가능하게 하는 것이다. 현지의 재료들을 개발하도록 3S의 정신을 나누자.
- 교사의 수준이 천차만별이다. 고등교육을 받은 선생님들도 계시지만 전반적으로 실험을 해본적도, 하려고도 안하는 분위기이다. 선생님들 스스로가 실험을 해 본 것만으로도 중요한 출발이다.
- 이곳의 사회 발전과정을 보는 것도 연수의 큰 기쁨이 될 것 같다. 우리의 노력이 동티모르 과학역사의 한 부분을 차지하리라고 본다.

3. 연수후기

연수를 준비하는 과정이 쉬웠던 것은 아니다. 되지도 않는 영어를 끙끙대며 번역했고, 청계천을 뒤흔들며 물건을 준비하고, 비자금을 모아 경비를 마련했다. 마침 아프간사태가 있어 주위의 염려도 많았다.

그런데 나는 왜 동티모르를 가고 싶었던 것일까? 그 마음을 정리하면 대략 ‘모험심’, ‘도전정신’ 이런 것이 아닐까? 실제로 나는 동티모르를 다녀왔다는 것 자체가 큰 자부심이며(마치 K2봉을 올라갔다는 사람처럼), 눈을 반짝이던 선생님들과의 수업도 큰 보람으로 남는다.

그러나 동티모르는 내가 한 무엇을 넘어서, 내게 많은 것을 주었다. 동티모르의 여러 모습은 하나의 풍광으로 각인되어 순간순간 바람처럼 스치고 나를 새로운 내가 되게 한다. 함께한 선생님들께도 많은 것을 배웠다. 박상대 선생님은 ‘가르치는 일이 얼마나 감사한 일인가’를 생각한다 하셨는데 그 말은 나에게 하나의 푼대가 되었다.

우리가 좋은 교사로 성장하는데 있어서 동료교사들의 역할을 빼 놓을 수가 없다. 우리는 서로 나누며 함께 성장한다. 우리는 이제 우리의 이야기를 더 많은 이웃과 나눌 때가 되었다. 그리고 이것은 또한 우리에게 새로운 전망을 제공한다.

대한민국-티모레스테 과학교사 세미나는 이제 시작이다. 이제 1년이 2년 되고, 10년이 될 것이다. 박금우라는 한 여선생님의 열정이 이 일을 일으켰다. 하지만 이 일은 누가 시작한 일도 아니다. 우리 과학교사들은 그 일을 할 수 있는 단계에 와 있고, 이 일은 우리에게 새로운 가능성을 보여주리라 생각한다.

이용구 선생님의 소감으로 끝말을 맺고자 한다.

“이제까지 몰랐었는데, 내가 누린 것은 누군가가 내게 준 것이라는 생각을 하게 되었다.”



연수에 함께한 선생님들

왼쪽부터

임익섭(인천 송덕여중),

서인호(구정고),

이선희(장승중),

조분순(잠실고),

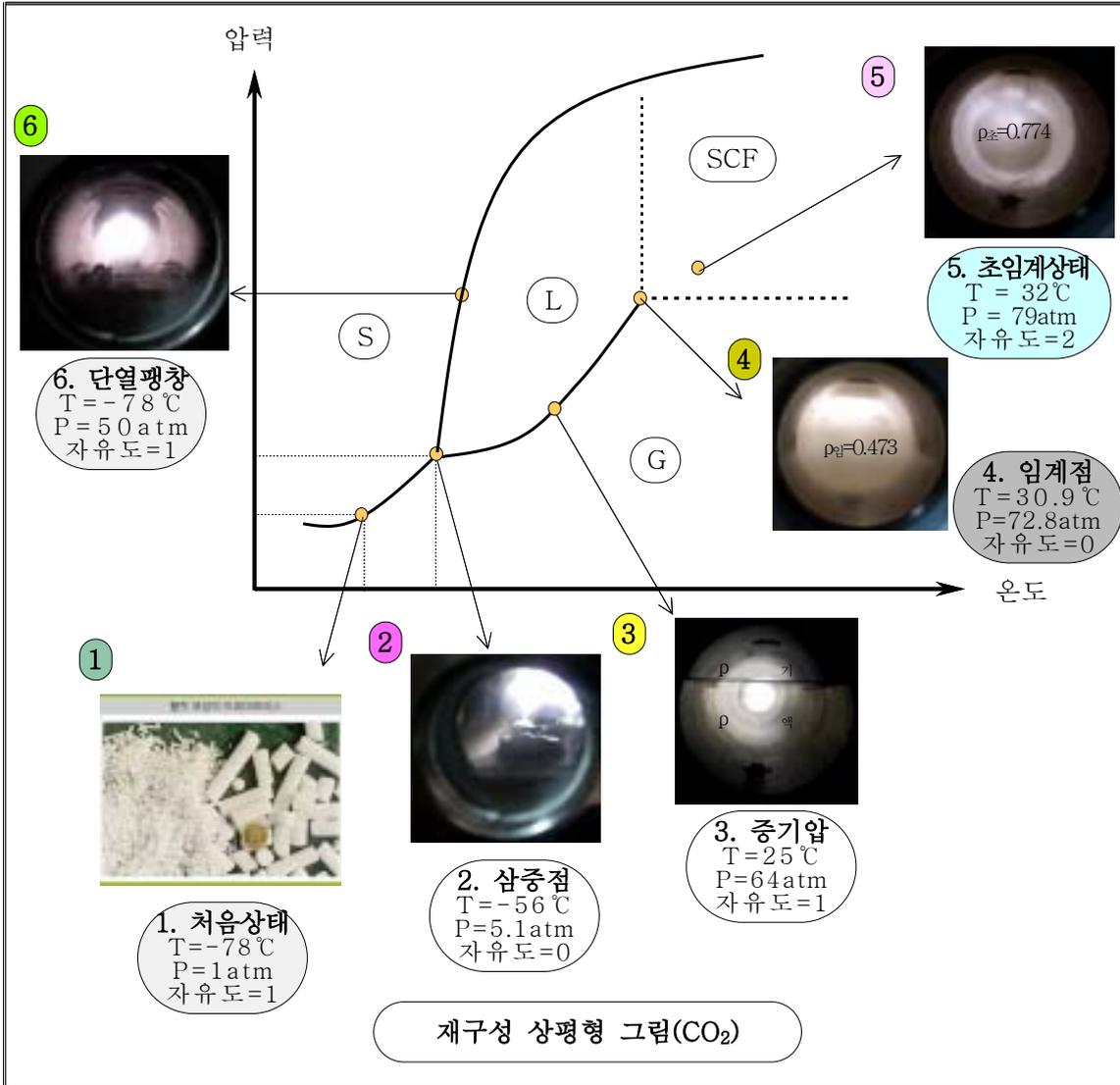
김의성(경기 돌마고),

김홍석(도봉고),

박상대(인천 송덕여고),

이용구(잠실여고)

Carbon Dioxide 상평형 시각화 장치 개발과 활용사례



()

I. 상평형 시각화 장치 개발

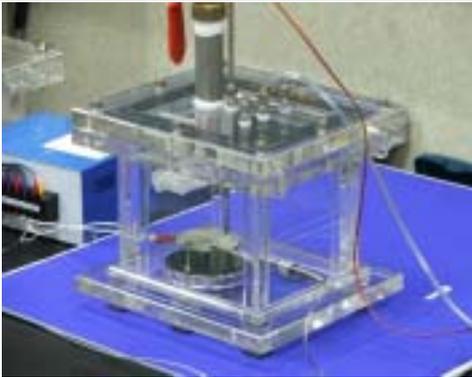
1. 「삼중점 관찰 및 측정장치」 (1차작품)

삼중점 관찰 장치에 대한 개발과정은 다음과 같다.

개발목적	압력-삼중점 관찰장치	온도-압력-삼중점 관찰장치	Interface-삼중점 관찰장치
과정			
개발과정	·타이콘튜브, 압력게이지로 기준실험 재현	·K-type 온도센서를 삽입함	·Interface를 연결시켜 변화과정을 computer로 표시함
문제점	·온도 측정 못함	·변화과정을 알지 못함	·7기압이 되면 터짐.

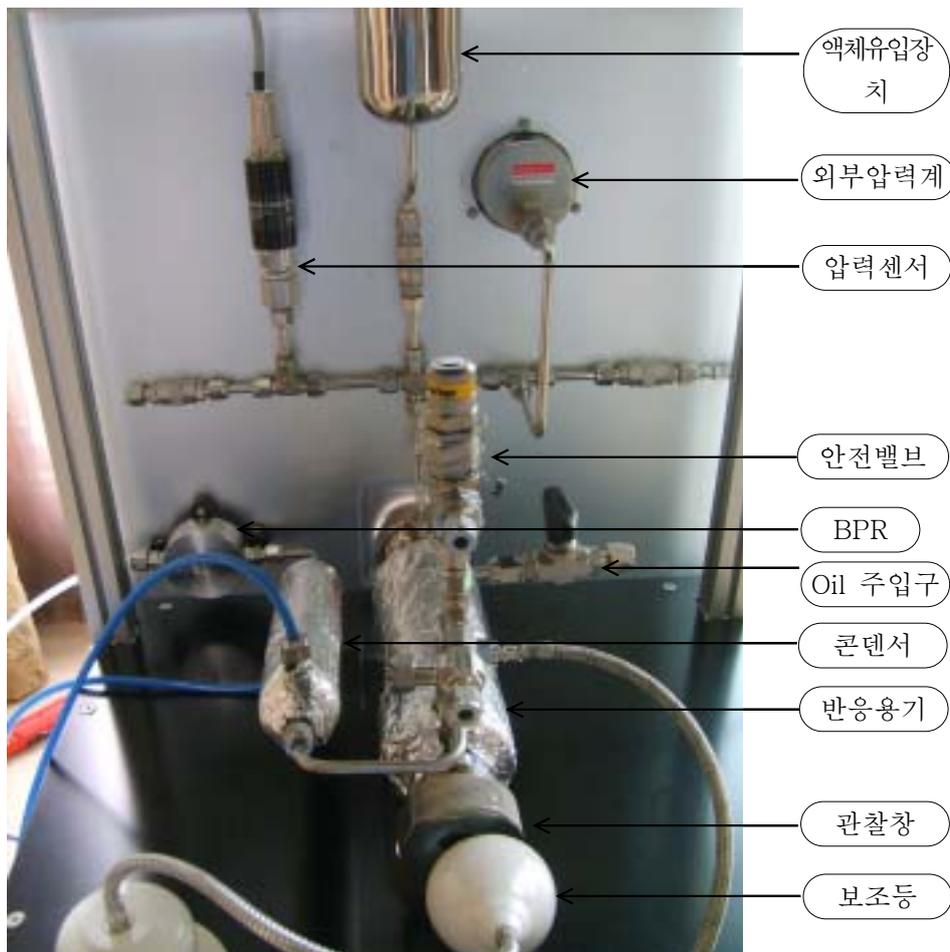
2. 「Convertible System」 (2차작품)

타이콘 튜브가 터질 수 있다는 것은 어느 누구에게도 용납이 될 수 없다. 삼중점 관찰 장치(1차 작품)을 개발했으나, 압력에 불안정하므로 타이콘 튜브를 대체하는 새로운 System을 개발해 보기로 하였다.

개발목적	아크릴 Convertible System	Stainless Steel Convertible System
과정		
개발과정	·아크릴 재질로 기본 System 제작	·Stainless Steel 재질로 Convertible System 제작
문제점	·열에 약하며, Leak 현상이 발생함.	·응력집중현상으로 30기압 이상에서는 System 이 깨짐

3. 「상평형 시각화 장치」 (3차작품)

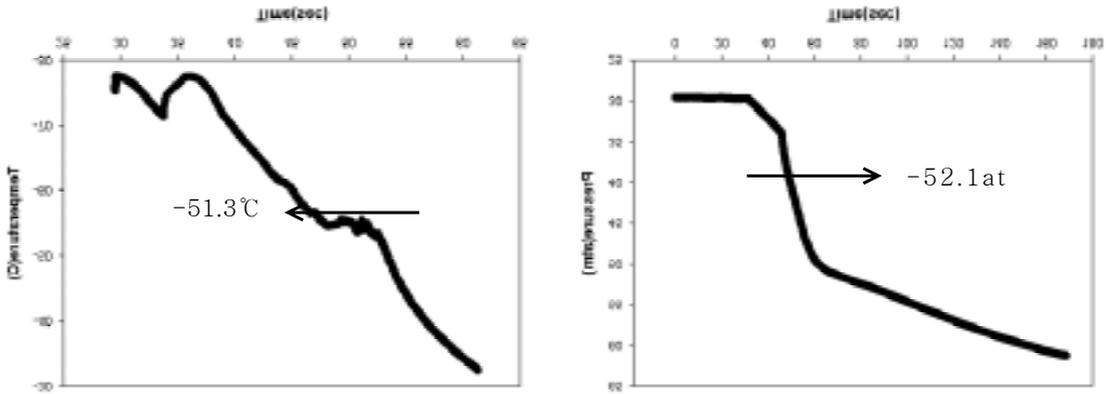
	기존 방법	Ferrule 방법	O-Ring 사용방법
과정			
개발과정	·타이곤튜브와 같은 연한 재질은 조이는 방법 채택	·구멍 같은 곳에 K-type 온도센서를 삽입하는 방법	·O-ring을 이용하여 면과 면을 접합시키는 방법
문제점	·딱딱한 재질이나 큰 센서는 불가능	·Leak이 없으며 원하는 압력 실현 가능	·문제점 없으며 매우 좋은 방법



[그림11] 제작된 상평형 시각화 장치

II. 상평형 시각화 장치 활용

[연구1] 밀도 측정

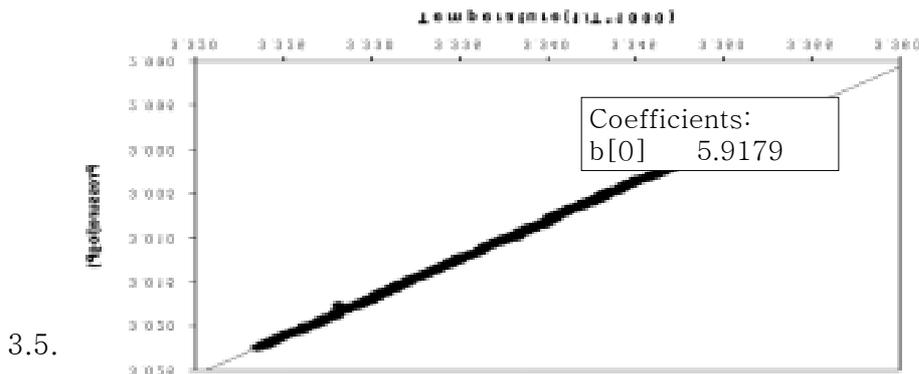


3.1. [연구2] 밀도 측정

실험 순서	드라이아이 스질량(g)	높이 (mm)	부피 (cm ³)	밀도($\frac{g}{cm^3}$)	온도 (°C)	압력 (atm)	임계점 도달 여부	임계점 밀도
1	40.0	1.27	35.5	0.40	-	-	×	-
2	45.0	1.42	39.0	0.45	-	-	×	-
3	50.0	1.67	42.6	0.50	31.1	73.7	○	0.50
4	55.0	1.82	46.1	0.55	31.2	73.2	○	0.55

3.3.

3.4. [연구3] 증기압 측정



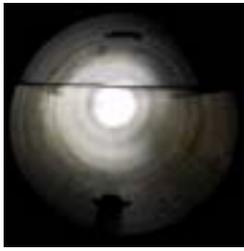
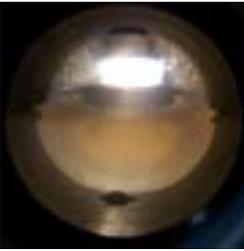
3.5.

3.6.
$$\log p = -\frac{\Delta H}{2.303RT} + C$$

3.7.
$$-\frac{\Delta H}{2.303R} = -0.8712, C = 5.9179$$
 이므로, 증발열(ΔH)은 16.68J/mol 이 된다.

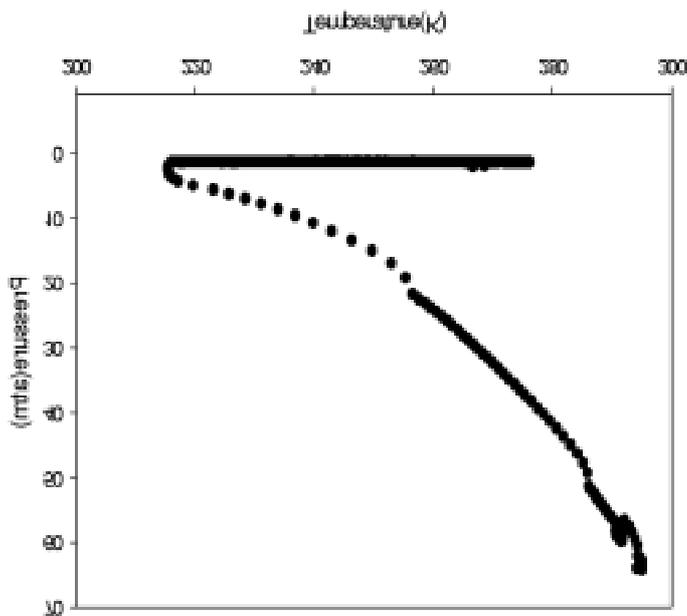
3.8. [연구4] 임계점 측정

3.9.

[단계1] 시작점	[단계2] 10초	[단계3] 30초	[단계4] 9분
			
이산화탄소 60g 삼중점을 지난 후 모습	열을 받으면서 끓음 높이가 낮아짐	색이 변하기 시작 높이는 변화 없음	노란색이 진해짐 밀도가 달라지고 있음
[단계5] 10분	[단계6] 12분	[단계7] 15분	[단계8] 20분
			
표면에 뭉게구름이 생김 색이 연하게 됨	경계가 사라지려 함 색이 더 연하게 됨	경계가 사라짐 임계점에 도달함	임계점에 도달후 초임 계로 되는 과정

3.10.

3.11. [연구5] 단열팽창 실험





시작해 볼까요?

전기가 흐른다는 것은 전위차가 생겨 전자들이 움직이는 현상으로 물은 높은데서 낮은 곳으로 흐르고, 바람은 기압이 높은데서 낮은데로 흐르듯이 전기는 전위가 높은데서 낮은데로 흐르게 됩니다.

전지 즉 battery 라는 것은 기본적으로 화학에너지를 전기에너지로 변환시킬 수 있는 장치입니다.

물질들은 모두들 자신만의 고유한 산화환원 전위(산화와 환원이 평형을 이루는 전위)가 있습니다.

예를 들면 구리의 산화환원 전위는 위의 수소반응에 대해서 약 0.34 V 쯤 되고요. 아연은 약 -0.77 V 쯤 됩니다. 이러한 아연과 구리를 양쪽의 극으로 사용하면 두 전극간의 전위차(전압)는 약 1.1 V 내외가 되어서 이 전압의 차이가 없어지는 방향으로 반응이 진행되게 됩니다. 그럴 경우 구리극에서는 환원반응이 아연극에서는 산화반응이 일어나서 전자는 구리극에서 아연극으로 흘러가고 전류의 방향은 반대로 전위가 높은 극에서 전위가 낮은 극으로 흐릅니다.

이 원리를 이용하여 우리 생활 주변에서 쉽게 구할 수 있는 재료를 이용하여 전지를 만들어 보자.



직접 해 봅시다.

이 실험에서는 전지를 구성하기 위해서는 양극(구리)과 음극(마그네슘 리본, 알루미늄 호일) 이외에도 양극과 음극 사이에 이온을 전달시킬 수 있는 전해질(나뭇잎, 소금물)을 구성하여 화학전지를 만들 수 있다.

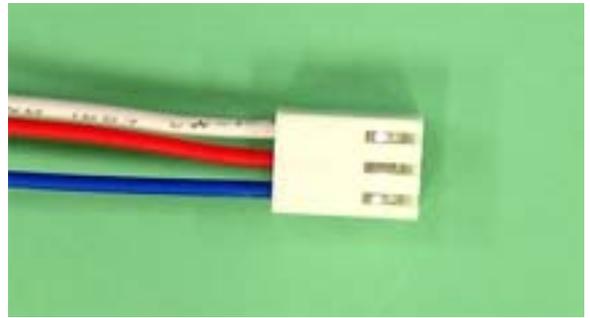
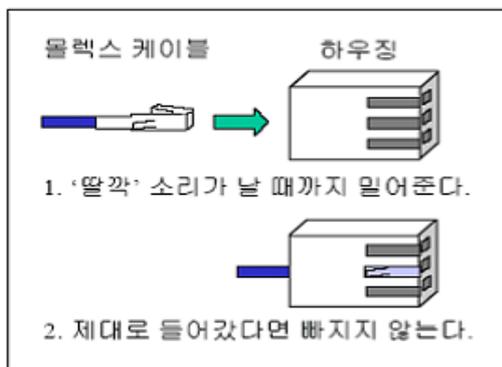
만든 화학전지의 성능을 알아보기 위하여 멜로디키트를 만들어 전지에 연결하여 봅니다. 어떤 현상이 있을까요?

[준비물]

구리리본(구리판), 마그네슘리본, 알루미늄 호일, 키친 타올, 스포이드, 가위, 과일 주스, 나뭇잎, 막자사발, 고무줄, 전해콘덴서 10uF, 몰렉스케이블(molex cable), 몰렉스하우징(Molex Housing Connector), 멜로디IC, 피에조스피커(pizo speaker)

[실험방법]

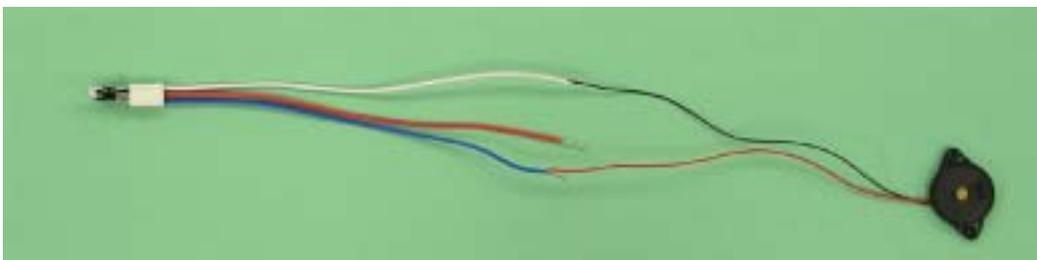
(1) 몰렉스케이블 끼우기



(2) 멜로디IC 및 전해콘덴서 결합



(3) 몰렉스케이블과 피조스피커 연결(멜로디 IC 1번과 3번 선에 연결)



[전지 만들기]

- (1) 구리판을 길이 2~3cm, 폭 0.5cm 크기로 키친 타올은 길이 10~15cm, 폭 1cm크기로 자른다.
- (2) 주변의 식물 잎 등을 채취하여 막자사발로 곱게 간 다음 스포이드로 약간 물을 넣어 묽게 만든다. 키친 타올을 막자사발에 넣고 적신 다음 마그네슘리본을 감싼 다음 구리판을 키친타올 위에 올려 놓고 잘 밀착될 수 있도록 고무줄로 맨다.
- (3) 만든 화학 전지에 멜로디 IC의 2번 선은 구리판 (+)극에, 멜로디 IC의 1번 선은 마그네슘 리본 (-)극에 연결하여 소리를 들어 본다.
- (4) 식물의 잎이나 주스액, 기타 주변에서 얻을 수 있는 식물들을 막자사발로 곱게 갈아 약간 물을 넣어 같은 방법으로 멜로디 장치에 연결하여 소리의 변화를 관찰하자.
- (5) SSS(Small Scale Science)을 사용하여 다양한 전해질을 이용하여 전지를 구성해보자.

[실험시 유의사항]

소리가 나지 않거나 소리가 끊어지는 경우

- (1) 만든 화학전지에서 구리판, 키친 타올, 마그네슘 리본 사이에 빈틈이 생기면 그렇다. 이런 경우 간단히 손가락으로 전지를 눌러서 사이에 틈이 생기지 않도록 한다.
- (2) 식물의 잎이나, 열매, 뿌리 등을 막자사발로 곱게 갈수록 전류가 높아진다. 주변에서 식물 등을 채취하기 어려운 경우 소금물을 이용해도 효과가 있다.
- (3) 시중에서 판매되는 주스액을 사용한 경우 효율이 좋다.
- (4) 직렬 연결시 많은 화학전지가 겹치게 연결될 경우 역전압이 형성되어 전압이 낮아질 수 있으며, 회로 전체가 다량의 물로 젖은 경우 역전압이 형성될 수 있다. 이 때는 전지가 잘 밀착될 수 있도록 고무줄을 잘 사용한다.



알아봅시다.

전기가 흐른다는 것은 전위차가 생겨 전자들이 움직이는 현상으로 물은 높은데서 낮은 곳으로 흐르고, 바람은 기압이 높은데서 낮은데로 흐르듯이 전기는 전위가 높은데서 낮은데로 흐르게 됩니다.

물질들은 모두들 자신만의 고유한 산화환원 전위(산화와 환원이 평형을 이루는 전위)가 있습니다.

예를 들면 구리의 산화환원 전위는 위의 수소반응에 대해서 약 0.34 V 쯤 되고요. 아연은 약 -0.77 V 쯤 됩니다. 이러한 아연과 구리를 양쪽의 극으로 사용하면 두 전극간의

전위차(전압)는 약 1.1 V 내외가 되어서 이 전압의 차이가 없어지는 방향으로 반응이 진행되게 됩니다. 그럴 경우 구리극에서는 환원반응이 아연극에서는 산화반응이 일어나서 전자는 구리극에서 아연극으로 흘러가고 전류의 방향은 반대로 전위가 높은 극에서 전위가 낮은 극으로 흐릅니다.

참고로 마그네슘의 수소반응은 -2.34V 정도 됩니다.

마그네슘 리본에 식물의 잎을 간 액을 담그면 전지가 형성됩니다. 그 상태에서 마그네슘 리본이 녹으면서 마그네슘이온과 전자를 만들고 전자들이 도선을 따라 구리판으로 이동하게 되면서 마그네슘이온은 전해질로 퍼져 나오게 됩니다. 그리고 양극(구리판)에서는 외부도선으로 이동된 전자와 용액 중의 수소이온이 만나서 수소기체를 만들게 됩니다. 이 반응은 마그네슘리본이 완전히 녹아서 없어지거나 용액 중의 수소이온이 완전히 소모될 때까지 계속 될 수 있습니다.

전해질에 수소이온의 농도가 클수록 전류가 많이 흐를 수 있습니다. 순수한 물(증류수)에 넣어도 전압은 1.44V정도 형성되지만 전류가 극히 작아 0.03mA 미만으로 크기가 작아 활용하기 어렵습니다.

그러나 수돗물이나 식물의 잎은 전압의 변화는 크게 증가하지 않으나 (평균 1.56V) 수소이온의 농도를 증가시켜 주는 효과가 있어 전류의 값은 크게 변한다. 수돗물의 경우 여건에 따라 0.24mA미만, 식물의 잎은 종류에 따라 다르지만 대략 0.42~1.38mA의 전류가 흘러 피에조스피커를 작동시킬 만큼의 전류가 생성됩니다. 소금물의 경우 전류의 값은 대략 0.75mA 정도 됩니다.

시중에서 판매되는 과일쥬스의 경우 전압은 크게 변하지 않지만 전류는 여건에 따라 0.78~1.89mA의 전류가 생성됩니다.

과학실에서 사용되는 염산, 황산 등을 전해질을 사용하는 경우 농도에 따라 값이 차이가 있지만 2A이상의 높은 전류가 생성됩니다.



전지의 역사는 상당히 길다. 역사상으로 1800년 개발된 볼타전지가 최초의 전지인 것으로 알려지고 있다. 그러나 2천여 년 전의 한 유적지에서 항아리에 톱밥 및 황산 등을 층층이 넣어 만든 항아리 전지가 발견되고 있다. 인류가 전지를 사용하기 시작한 것은 최소한 2천년 전의 일인 것이다.

요즘 사용하고 있는 전지 가운데 가장 오래된 전지는 양극 활물질로 이산화망간(MnO_2)를 사용하고 음극재료에는 아연(Zn)을 쓰고 전해액으로 NH_4Cl 과 $ZnCl_2$ 를 혼합한 중성염 수용액을 사용한 망간 전지이다.

지난 47년 양극 활 물질과 음극 활 물질은 망간전지의 것을 그대로 사용하면서 전해액을 약산성에서 강알칼리성(KOH)으로 바꿔 이온전도율을 증가시킨 전지가 개발됐는데 이것이 요즘 사용하고 있는 알칼리 건전지이다. 이는 공칭 전압이 1.5V로 망간전지와 호환이 가능하면서 에너지 밀도는 망간전지보다 리터 당 120Wh가 높은 320Wh/l로 사용시간이 망간전지보다 3배나 길며 방전특성도 우수해 망간전지를 급속히 대체해 나가고 있다.

카메라용으로 주로 사용되고 있는 리튬 1차 전지는 지난 60년 미국항공우주국(NASA)을 중심으로 우주개발용 전원으로 연구가 시작된 제품으로 음극 활 물질로 리튬(Li)을 공통으로 사용하나 양극화 물질로는 플루오르화흑연이나 이산화망간 등 다양한 물질을 사용하고 있고 전해질도 유기 전해질 및 고체 전해질을 두루 사용, 상당히 많은 종류의 제품이 상품화되고 있다.

재충전이 가능한 2차 전지 가운데 현재 가장 널리 사용되고 있는 전지는 니켈카드뮴(NiCd)전지. 1901년 에디슨이 발명한 니켈 철 축전지를 개선한 용그너의 니켈카드뮴 전지가 효시로 48년형 밀폐형 니켈카드뮴 축전지로 개선되어 현재까지 사용되고 있다. 그러나 니켈카드뮴 전지는 5백회 이상의 재충전이 가능하고 신뢰성이 좋은 반면 완전히 방전시키지 않고 충전을 하면 용량이 줄어드는 메모리 효과가 치명적인 단점이 되고 있으며 음극재료로 사용한 카드뮴이 인체에 유해한 공해물질이라 환경문제로 점차 니켈수소(Ni-MH) 전지 및 리튬 이온(Li-ion) 전지 등 최근 상품화된 차세대 전지로 대되기 시작했다.

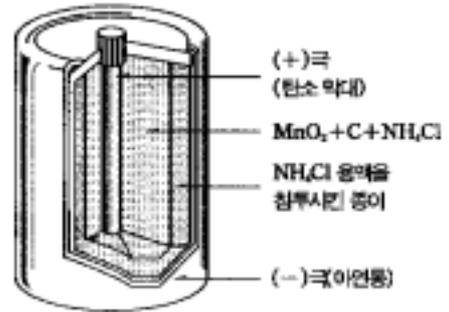


불타 전지는 액체인 묽은 황산을 사용하기 때문에 가지고 다니기가 불편하고 위험하므로, 여러 가지 연구를 통해 쓰기 편하고 안전하게 만든 것이 '건전지'이다.

건전지는 아연통 속에 염화암모늄 용액을 묻힌 종이, 솜, 톱밥 등을 놓고 한가운데에 탄소 막대를 세운 뒤, 주위에 이산화망간과 흑연을 암모늄의 포화 용액과 함께 넣은 것이다.

이 때 한가운데에 꽂은 탄소 막대가 (+)극이 되고, 아연 통은 (-)극이 된다. 건전지는 용액이 밖으로 흐르지 않아 사용에 편리하다.

여기서 쓰인 이산화망간은 산화제로서, (+)극에서 발생하는 수소 기체가 (+)극을 둘러싸서, 전류가 흐르지 않게 작용(분극)할 것을 막기 위해서 넣는 것이다.



망간-아연 건전지

어린 학생들에게 화학전지를 만들어 사용할 때는 전압과 전류의 변화를 이용하여 설명하는 것보다는 시각적, 청각적 변화를 이용하는 것이 효과적이다. 따라서 작은 전류에도 반응할 수 있는 멜로디장치를 이용하여 사용하였고, 산성용액에서 화학전지를 만든다는 개념을 확대하여 일상생활에서 녹스는 현상(산화·환원)을 이 원리로 설명할 수 있다.