

## SSC 방법을 이용한 분광기 개발과 그 이용

김선경 · 김현경<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>전북대학교 사범대학 과학교육학부 및 과학교육연구소, 전주 54896

\*교신저자: chemkimhk@jbnu.ac.kr

**초록:** SSC(Small Scale Chemistry) 방법을 이용한 분광기를 학생 자신만의 실험 기구로 만들어, 휴대하면서 관찰을 통해 탐구하며 과학적으로 사고하는 생활을 기르고자 주변에 있는 피자상자와 케익 상자를 이용하여 쉽고 간단하게 개발하였다. 상자의 가로, 세로, 높이의 길이가 분광기의 해상력과 얼마나 관계가 있는지 알아보기 위해 길이가 다른 상자를 만들어 나타나는 스펙트럼의 차이를 분석해 보고, 분석한 결과를 이용하여 성능이 우수하면서도 휴대하기에 편리한 분광기의 조건을 찾아 새롭고 손쉬운 분광기를 제작하였다. 이 연구에서, 종이로 만든 분광기부터 시작해서 아크릴로 만든 분광기, AAS(Atomic Absorption Spectroscopy)를 대안할 분광기까지 제작하여 각각의 장점과 그 이용을 보여주하고자 한다. 우선 종이로 만든 분광기의 경우 기존 제품보다 매우 저렴하면서도(약 1/10배) 정밀한 관찰이 가능하기 때문에 학교에서 학생들의 교육용으로 사용하기에 알맞다. 또 아크릴판으로 만든 분광기는 손상되기 쉬운 종이 분광기의 단점을 개선한 것으로서 종이 분광기보다는 좀 더 안정되게 정밀하게 관찰할 수 있다. 아크릴 분광기를 확장하여 AAS를 대안할 분광기를 제작하여 스펙트럼의 사진도 찍을 수 있고 정성적, 정량적 분석이 가능하여 교사용 및 학생용으로 사용하기에 적합하게 하였다. 이 세 가지 분광기 모두 각각의 장점을 가지면서 기존의 분광기 보다는 모두 가격 면에서 저렴하고 성능도 뒤떨어지지 않았고, 직접 쉽게 분광기를 제작하면서 분광기의 원리를 이해할 수 있도록 하여 교육적 가치가 큼을 알 수 있었다.

**중심어:** 종이로 만든 분광기, 아크릴로 만든 분광기, AAS 대안 분광기

## Development of Spectroscope using SSC and its use

Sun-Kyoung Kim · Hyun-Kyung Kim<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>*Division of Science Education, Jeonbuk National University  
and Institute of Science Education, Jeonju 54896, Korea*

*\*Corresponding Author: chemkimhk@jbnu.ac.kr*

**Abstract:** In order to improve student's thinking ability by making SSC based spectroscope student's personnel equipment which students can carry and inspect, we made spectroscope with pizza box and

cake box around us simply. In order to figure out the relationship between length of spectroscope's each side and it's resolution, we made many different sizes of spectroscope and analyzed it's spectrum's difference, and by using the result, we figured out and made the most optimized and most handy sized spectroscope.

In this study, starting from the spectroscope made by paper, spectroscope made by acryl, will be shown the merit, and its use respectively. Firstly, spectroscope made by paper is much more cheaper(about 1/10) than existing spectroscope and quite accurate that it's qualified for educational purpose in school. Also, acryl spectroscope have improved paper spectroscope's weakness that it makes us possible to get more reliable and accurate image. Addition to acryl spectroscope, by making spectroscope which can replace the AAS spectroscope, it was possible to take picture of the spectrum, for qualitative and quantitative analysis that it's optimized for the teachers and students. Having these three spectroscope's merit with cheaper price, performance was no less. Also students can learn how spectroscope works while making them that it's educational value is very high.

Keywords: Spectroscope made by pizza box and cake box, Paper spectroscope, Acryl spectroscope, AAS spectroscope

## I. 서론

1860년대 분광 분석법을 처음으로 개발했던 분젠과 키르히호프는 여러 가지 원소가 섞여있는 경우에도 각각의 선스펙트럼이 독립적으로 나타나기 때문에 원소들을 분리하지 않고도 섞여있는 원소의 종류를 알아낼 수 있다는 사실을 발견하였다 [1].

분광기는 물질이 흡수하거나 방출하는 빛의 스펙트럼을 측정하는 장치인데, 물질의 미시 구조를 해명하는데 많이 사용되고 있다. 분광기를 통해 원소의 방출 스펙트럼과 흡수 스펙트럼의 구조가 똑같다는 사실을 발견했고, 태양의 대기에 의한 흡수 스펙트럼인 프라운호퍼선을 분석해서 태양의 대기에 포함된 원소의 종류를 알아내기도 했다. 그뿐 아니라 우리가 살고 있는 우주가 팽창하고 있다는 중요한 단서를 제공하기도 했다. 이러한 역사적인 분광기를 이용한 실험이 보어의 원자 이론과 실제적으로 현대 양자론에 이르기까지 중요한 실험적 증거가 된 것이다 [1].

이러한 분광기를 화학교육에서 실제적인 경험과 조작을 통해 이해하는 것이 매우 중요한 영역을 차지하는

데도 불구하고 실험 기구 및 시료의 준비가 어렵거나 일부 실험장비의 고가화로 인해 초·중·등 교육뿐 아니라 대학교육에 있어서도 실험을 통한 화학의 이해가 거의 이루어지고 있지 않는 실정이다. 1997년 UNESCO와 IUPAC에서는 기존의 화학교육에 대한 문제점을 지적하고 저가의 실험 장비를 사용하는 'Small Scale Chemistry(SSC) 키트의 개발 및 보급'에 노력한 결과 2002년 현재 약 40여 개국에서 이를 적극적으로 받아들여 화학 교육의 활성화를 도모하고 있다 [2, 3, 4].

SSC는 저가의 실험 키트를 사용함으로써 전통적인 실험 기법에 기반을 둔 탐구활동이 가지는 경제적인 부담을 해소할 수 있으며, 교과서 안의 탐구활동뿐 아니라 교과서에서 다루지 않는 탐구활동을 안전하게 수행할 수 있다. 또한, 실험을 준비하거나 실험 시간이 절약되며, 실험에 사용하는 시료의 양이 전통적인 방법에 의한 것에 비해 1000분의 1 수준이므로 폐기물 처리에도 매우 유리하다 [5, 6]. 또한 사용되는 기기들이 저렴하다는 것이다. 예를 들어 1~2천원의 적은 비용으로 pH미터, 저울, 분광기, 가스크로마토그래피, 온도계, 전위차계를 아주 손쉽게 제작할 수 있고 또한 제작 과정을 통하여

기기의 작동 원리를 자연스럽게 터득한다는 점이다. 이와 같은 장점이 있는 SSC를 이용하여 학생들에게 친밀감을 주는 재료들을 이용하여 [7] 학생들 자신이 지참할 수 있는 손쉬운 분광기를 아주 저렴한 비용으로 직접 제작하면서 실패에 대한 두려움, 파손에 대한 부담감이 없다는 것을 체험하게 하고 더 나아가 학생들에게 단순한 실험 접근 방법보다는 창의력, 발명력 및 문제 해결력을 크게 신장시킬 수 있는 교육 기기를 새롭게 발명하도록 지도할 수 있다.

이 연구에서 주변에 있는 피자상자와 케익 상자를 이용하여 쉽고 간단하게 제작 가능한 자신만의 분광기를 만들어 가지고 휴대하면서 관찰을 통해 탐구하며 과학적으로 사고하는 생활을 하고자 하였다. 또, 상자의 가로, 세로, 높이의 길이가 분광기의 해상력과 얼마나 관계가 있는지 길이가 다른 상자를 만들어 나타나는 스펙트럼의 차이를 분석해 보도록 하였다. 그리고 분석한 결과를 이용하여 성능이 우수하면서도 휴대하기에 편리한 분광기의 크기를 생각해보게 하고 제작을 통해서 기기가 더 이상 블랙박스가 아니라는 점을 깨우치게 하고 학생들의 창의력과 사고력을 신장시켜 보고자 하였다 [8, 9].

일반적으로 교육용으로 보급되어 있는 분광기는 크기는 작지만 성능이 그다지 좋지 않아 “스펙트럼이 어떤 모양으로 나타난다”는 시각적 정보만 파악할 수 있다.

또 프리즘 분광기와 같이 성능이 우수한 분광기는 몇 백만원 대에 이르는 등 가격이 매우 비싸고 조작이 어려워 교육용으로 보급되어 학생들이 널리 이용하기가 어려운 실정이다. 우리가 제작한 분광기는 기존의 제품보다 아주 저렴하면서도 몇 백만원 대에 이르는 분광기에서 얻을 수 있는 데이터만큼 정확하게 스펙트럼을 관찰할 수 있고, 제작하면서 분광기의 원리를 이해할 수 있도록 하고자 하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 분광기 제작

- ① 분광기 상자 전개도를 그린다. [Figure 1]
- ② [Figure 2]와 같이 접은 자리로부터 1~2cm 떨어진 곳에 슬릿을 자른다.
- ③ 슬릿의 반대쪽 부분에 1cm<sup>2</sup>의 구멍을 낸다. 접는 선대로 상자를 접는다.
- ④ 1mm 정도의 슬릿을 만들기 위해 2개의 검정 전기 테이프를 붙인다. [Figure 3]
- ⑤ 유리판에 회절발 필름을 붙여서 만든 회절격자판을 상자에 붙인다. 상자 안을 보았을 때 가시광선이 보일 수 있도록 회절격자판의 위치와 각도, 방향 등을 조절한다.

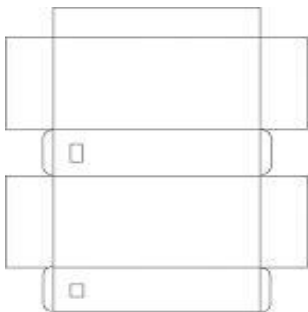


Figure 1. 분광기 전개도

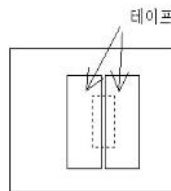


Figure 2. 슬릿 부분



Figure 3. 슬릿 만들기

## 2. 분광기 보정

- ① 분광기가 형광등 빛의 가장 밝은 부분에 직접 향하도록 한다.[Figure 4] 이 때 형광등 빛의 스펙트럼이 분광기 안쪽에 나타나는데, 스펙트럼이 나타나는 부분의 아래쪽에 구멍을 뚫는다.
- ② 모눈종이에 파장의 축을 400nm에서 650nm로 하고 스펙트럼의 길이와 비율을 맞춰서 눈금을 표시한다. (위에는 nm, 아래는 cm 단위로 표시하였다)
- ③ 형광등의 세 선의 위치를 맞춰서 눈금의 위치를 조정하고, 고정시킨다.
- ④ 분광기에 모눈종이를 붙인다.



Figure 4. 분광기 보정

## 3. 분광기의 최적 조건 탐색

처음에 크기가 다른 상자로 분광기를 제작하여 분결과 상자의 크기에 따라 분광기의 스펙트럼의 길이가 차이가 난다는 것을 알 수 있었다. 우리는 스펙트럼의 길이가 길수록 스펙트럼을 파악하기가 쉬우므로 분광기의 스펙트럼이 최대한 길게 나타나면서도 갖고 다니기에 불편함이 없을 정도로 분광기의 적당한 가로, 세로의 비율을 결정하려고 하였다. 그래서 하나의 분광기를 기준으로 잡고, 그것에 대해 상자의 가로, 세로, 높이 길이만 달리하여 분광기를 제작하여 스펙트럼의 길이 등을 알아보았다.

## 4. 제작한 분광기를 이용한 스펙트럼 관찰

햇빛, 형광등, 촛불 관찰,  $\text{LiCl}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{CuCl}_2$  시료 등의 불꽃 반응 실험, 전기방전관을 이용하여 원자

선 스펙트럼 관찰,  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ ,  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  시료 등의 용액을 이용하여 스펙트럼을 관찰하였다.

## 5. 아크릴 판으로 업그레이드 된 분광기 제작

분광기를 종이 상자로 제작해보니, 쉽게 구겨지는 등 모양이 변하기가 쉬웠다. 이 때 분광기의 경우 작은 변화에도 빛의 경로가 크게 변할 수 있기 때문에 표면이 조금이라도 구겨진 분광기의 경우에는 처음 관찰할 때만 큼 스펙트럼이 명확히 나타나지 않았다. 그래서 값이 싸면서도 딱딱한 아크릴 판을 이용하여 분광기를 제작하였다.

## 6. AAS(Atomic Absorption Spectroscopy)를 대안할 장치 개발

아크릴 분광기를 좀 더 발전시켜 금속 시료를 태워서 그 스펙트럼을 관찰하는 AAS(Atomic Absorption Spectroscopy)를 대안할 장치를 제작해 보기로 하였다. 아크릴 분광기에 시료를 태우는 장치와 빛을 단색광으로 바꿔주는 장치를 탈착식으로 연결하여 때에 따라 알맞은 용도로 사용할 수 있도록 하였다. 또 분광기 안에 소형 카메라를 설치하고 이를 컴퓨터와 연결하여 분광기에 나타난 스펙트럼을 카메라로 찍어서 좀 더 정밀하게 분석할 수 있도록 하였다. 컴퓨터로 스펙트럼을 분석함으로써 정성적, 정량적으로 스펙트럼을 분석할 수 있고 더 나아가 미지시료의 정성, 정량적 분석을 정밀하게 할 수 있도록 하였다 [10].

## 7. 제작한 분광기와 기존의 분광기 비교

프리즘 분광기의 재물대에 회절격자를 올려두고 회절격자를 이용한 분광기로서 스펙트럼을 관찰하였다 [10]. 그러나 이 실험은 반드시 암실에서 하여야 한다. 또한 간이 분광기, 직시분광기(MS-541), DDS 직시분광기 모두 같은 방법으로 불꽃 반응 실험, 원자 선 스펙트럼, 용액, 햇빛과 형광등, 기타 광원의 관찰을 하였다.

### III. 연구 결과 및 논의

#### 1. 피자 상자와 케익 상자로 제작한 분광기

우리 주변에서 흔히 볼 수 있는 피자 상자와 케익 상자로 분광기를 제작하여 분광기의 제작 방법을 익히고 스펙트럼의 길이가 상자의 크기에 따라 다르게 나타난다는 것을 확인할 수 있었고, 분광기에서의 빛의 경로를 예상해볼 수 있었다. 그러나 피자 상자나 케익 상자는 이미 길이가 고정되어서 이것으로는 길이의 영향을 체계적으로 조사할 수 없었다.

아래 표에 피자 상자(Figure 5)와 케익 상자(Figure 6)의 특징을 간단히 정리하였다.

여기서 슬릿을 가늘게 할수록 스펙트럼이 선명하게 나타났는데, 슬릿이 가늘지 않게 되면 슬릿을 통과한 빛 사이에서 완전한 결맞음이 일어나지 않아서 위상차가 존재하므로 회절격자가 여러 빛을 분리하게 되어서 스펙트럼 선이 부정확해지는 것을 슬릿 폭을 조절하면서 실험해 봄으로써 알 수 있었다.

Table 1. 피자 상자와 케익 상자의 특징

	가로 (cm)	세로 (cm)	높이 (cm)	스펙트럼 길이 (cm)	비고
피자 상자	33.7	33.3	5.0	13.2	스펙트럼의 길이가 매우 길다. 그러나 세로 길이가 너무 길어서 눈금자의 눈금과 숫자를 알아보기 힘들다.
케익 상자	29.8	19.0	10.0	7.6	스펙트럼의 길이는 적당하지만 크기가 커서 휴대하기가 불편하다.



Figure 5. 피자 상자 분광기



Figure 6. 케익 상자 분광기

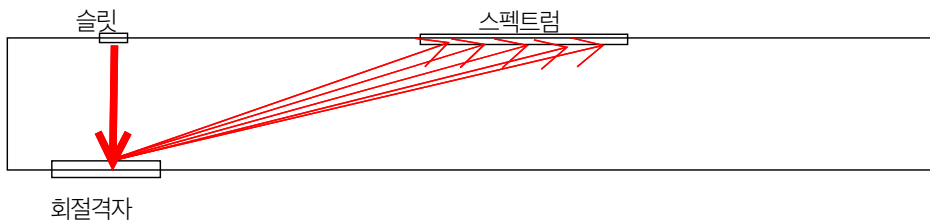


Figure 7. 빛의 경로



Figure 8. 기준으로 제작한 분광기 (분광기 1)



Figure 9. 세로길이 짧게 한 분광기 (분광기 2)



Figure 10. 가로길이 짧게 한 분광기 (분광기 3)



Figure 11. 높이길이 짧게 한 분광기 (분광기 4)

Table 2. 크기에 따른 분광기의 비교

	가로 (cm)	세로 (cm)	높이 (cm)	스펙트럼 길이(cm)	실험 결과
분광기 1	16.3	14.0	5.0	5.16	기본적인 사이즈
분광기 2	16.3	8.8	5.0	3.0	세로 길이가 짧은 것으로 스펙트럼이 짧다.
분광기 3	7.1	14.0	5.0	5.16	가로 길이를 줄인 것으로 옆면에 스펙트럼이 생겨서 관찰하기 불편하다.
분광기 4	16.3	14.0	3.0	5.16	스펙트럼의 상하 길이는 슬릿의 길이와 같고 관찰이 가장 적당하다.

## 2. 분광기의 최적 조건

일정한 크기의 분광기를 제작하고, 이것을 기준으로 가로, 세로, 높이를 조작변인으로 하여 분광기를 다시 제작해보고 스펙트럼 관찰을 통해 어떠한 분광기가 성능이 더 좋은가에 대한 조건을 알아보았다(Table 2).

분광기 1은 기본 사이즈이고 분광기 2는 세로 길이가 짧은 것으로 빛의 진행 거리가 짧아 스펙트럼이 짧다. 분광기 3은 가로 길이를 줄인 것 자체가 스펙트럼의 길이에는 영향을 주지 않았다. 그러나 이 경우는 옆면에 스펙트럼이 생겨서 관찰하기 불편하다. 분광기 4의 경우 스펙트럼의 상하 길이는 슬릿의 길이와 같아서 관찰하기가 가장 적당하다. 따라서 이러한 4가지의 분광기 중에서 분광기 4가 가장 최적조건에 가깝다.

즉 분광기에서 가로 길이와 높이는 스펙트럼의 길이에 영향을 주지 않았고 세로 길이가 길수록 스펙트럼이 길게 나타났다. 또 가로 길이가 세로 길이 이상이어야 스펙트럼이 광원 방향으로 나타난다는 것을 확인할 수 있었다.

## 3. 전개도를 이용한 최적 분광기 제작

위의 실험 결과를 바탕으로 성능이 우수하면서도 휴대하기가 편리한 분광기의 크기를 29×21×3cm로 결정하고 제작하였다. 이 사이즈는 A4 사이즈의 파일 크기 정도로 다른 책들과 함께 갖고 다니면서 광원을 어디서든 볼 수 있도록 고려한 것이다. 그 결과 스펙트럼의 길이는 6cm로 나타났다.

회절발 필름이 있는 구멍은 최대한 크게 하였고, 슬릿과 스펙트럼의 파장 값을 나타내기 위한 눈금자의 높이가 같도록 하였다. 또 스펙트럼을 관찰할 때에 매 번 보정할 수 있도록 줄자를 빨대에 부착하고 빨대를 좌우로 조절할 수 있도록 하여 좀 더 정밀하게 관찰할 수 있도록 하였다. 주위에 있는 형광등을 먼저 관찰하고 형광등에 나타나는 세 선의 위치(435nm, 545nm, 610nm)를 빨대로 좌우를 움직여서 줄자를 맞추어 주면 보정이 되는 것이다.

이 분광기의 전개도와 이를 바탕으로 제작된 분광기는 아래와 같다.

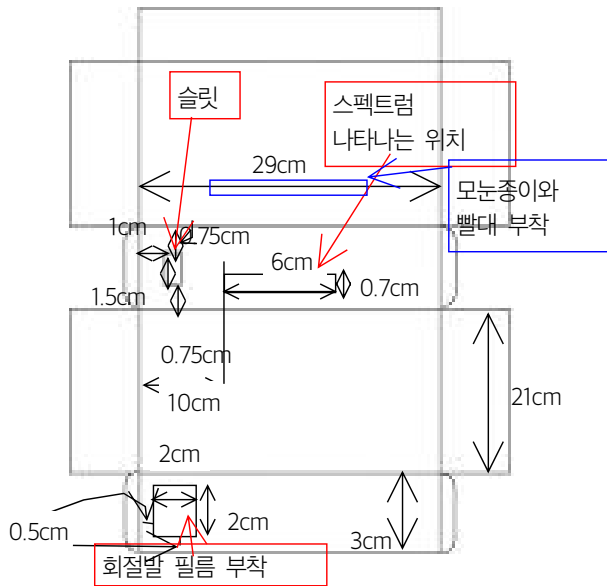


Figure 12. 최종 분광기 전개도



Figure 13. 최종 분광기

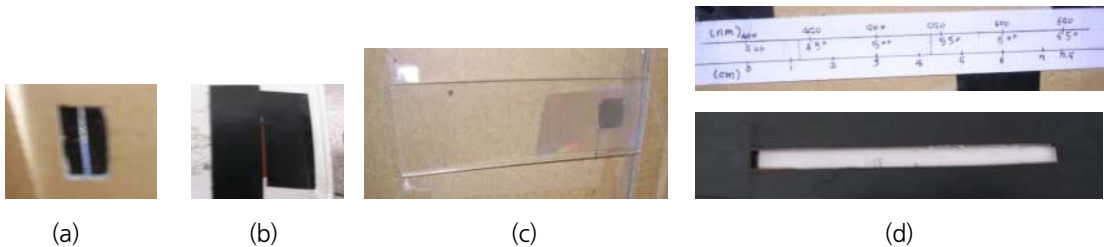


Figure 14. (a) 슬릿 내부, (b) 슬릿 외부, (c) 회절격자 판, (d) 눈금자 (분광기 내부), 눈금자 (분광기 외부)

#### 4. 아크릴 판으로 제작한 분광기

종이 상자를 이용하여 제작한 분광기는 값이 싸고 제작하기가 편리하였지만 여러 광원들을 오랜 기간에 걸쳐 관찰해보니 쉽게 모양이 손상된다는 문제가 있었다. 종이로 되어 있어서 쉽게 구겨지는 등 모양이 변하기가 쉬운데, 분광기의 경우 작은 변화에도 빛의 경로가 크게 변할 수 있기 때문에 표면이 조금이라도 구겨진 분광기의 경우에는 처음 관찰할 때만큼 스펙트럼이 명확히 나타나지 않았다. 이러한 문제점을 저렴하면서도 딱딱한 아크릴 판을 이용하여 분광기를 제작하는 것으로 극복할 수 있었다. 이 때 사용되는 아크릴 판은 검정색이고 광택이 나기 때문에 빛의 난반사가 많이 일어나지

않도록 무광택 처리를 한 것이다. 그 밖에 크기는 종이 상자로 제작했을 때와 마찬가지로 휴대하기가 편리하도록 A4 사이즈 파일 크기인 29×21×3cm로 결정하고 제작하였다.

앞의 종이 분광기를 더욱 발전시키기 위해서 첫째로 회절발 필름을 교체하였다. 회절발 필름의 성능에 따라서 분광기의 분해능이 달라질 수 있고 분광기를 오래 사용하면 회절발 필름에 손상이 생겨서 스펙트럼을 관찰하기가 어려울 수 있다. 두 번째로 눈금자가 이동하기 편리하도록 아크릴 판으로 제작하였다. 이전의 종이 분광기에서는 빨대로 눈금자를 이동시켰는데, 이 경우 분광기 보정은 되지만 눈금자가 쉽게 손상되는 문제가



있었다. 그래서 아크릴 판으로 받침을 만들고 그 안에 얇은 아크릴판 눈금자를 제작하여 분광기 보정을 좀 더 쉽고 편리하게 할 수 있도록 튜닝 기능을 발전시켰다. 세 번째로 슬릿의 두께를 밀어서 조절할 수 있도록 하였다. 슬릿의 두께는 얇을수록 좋지만 광원의 세기 등 관찰하는 환경에 따라 조절할 수 있도록 한 것이다. 이것 또한, 검정색 테이프를 이용하여 조절할 수 있게 고안하였다.

이 분광기는 매우 단단하고 튼튼하기 때문에 분광기 상자에 변형이 없어서 광원을 관찰할 때마다 항상 일정한 데이터 값을 얻을 수 있었다.

## 5. AAS로 이용 가능한 분광기 제작

Figure 16에서 보면, 아크릴 분광기에 시료를 태우는 장치와 빛을 단색광으로 바뀌주는 장치를 탈착식으로 연결하여 때에 따라 알맞은 용도로 사용할 수 있도록 하였다. 또 분광기 안에 소형 카메라를 설치하고 이를 컴퓨터와 연결하여 분광기에 나타난 스펙트럼을 카메라로 찍어서 좀 더 정밀하게 분석할 수 있도록 하였다. 금속시료는 알루미늄 상자 안에 넣고 태워서 금속 시료에 의한 불빛 이외의 다른 빛이 분광기 안으로 들어가지 않도록 하였고, 모터를 설치하여 빛을 모아주고 분광기 슬릿 속으로 그 빛이 들어가도록 하였다. 컴퓨터로 스펙트럼을 분석함으로써 정성적, 정량적으로 스펙트럼을 분석할 수 있고 더 나아가 미지시료도 분석할 수 있도록 하는 것이 목적이다.



Figure 15. (a) 아크릴 분광기 앞면, (b) 아크릴 분광기 뒷면

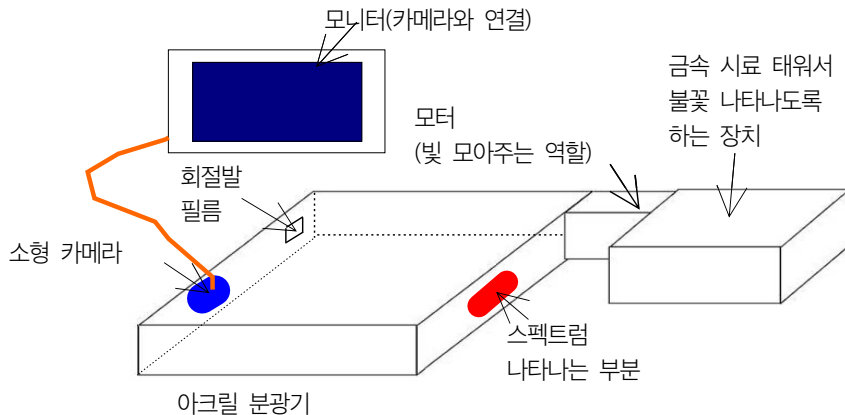


Figure 16. AAS(Atomic Absorption Spectroscopy)의 도면



### 1) 스펙트럼 관찰 : 햇빛, 형광등 관찰

형광등을 켜면 방전에 의하여 포화증기가 된 수은 증기의 작용으로 자외선이 발생된다. 자외선은 관 벽의 형광물질에 의하여 가시광선이 된다. 그러므로 형광등의 스펙트럼에서는 수은 증기에 의한 선 스펙트럼이 관찰되고, 가시광선 영역의 연속 스펙트럼도 나타나는

것이다. 따라서 수은의 선 스펙트럼의 위치를 형광등을 이용하여 자주색, 녹색, 노란색 선의 각각 436nm, 546nm, 630nm에서 나타나는 세 선의 위치를 맞춰서 눈금의 위치를 조정하고 고정시킨다. 이와 같이 형광등을 이용하여 분광기를 손쉽게 보정할 수 있도록 하였다.

Table 3. 태양, 형광등 스펙트럼 관찰

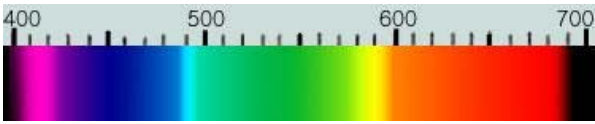
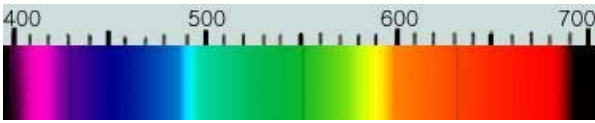
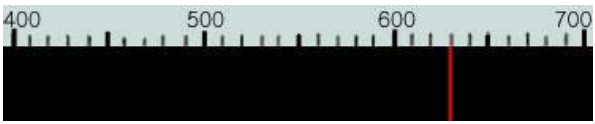
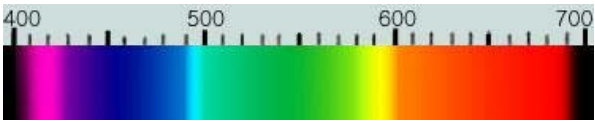
스펙트럼 사진	관찰 내용
	태양의 연속 스펙트럼 가시광선 전 범위에서 연속 스펙트럼.
	형광등 스펙트럼 연속 스펙트럼이 나타나고, 430 nm, 550 nm, 630 nm 부근에서는 더 짙은 선을 발견할 수 있다.

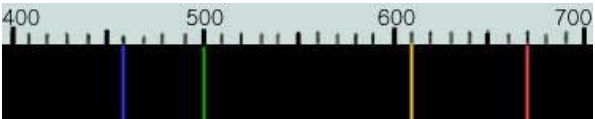
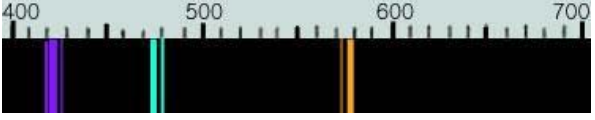


Table 4. 레이저, 촛불 스펙트럼 관찰

스펙트럼 사진	관찰 내용
	레이저 630 nm 부근에서 붉은 색 선이 나타났다.
	촛불 태양처럼 하나의 밝은 연속 스펙트럼을 볼 수 있다.

## 2) 스펙트럼 관찰 : 불꽃 반응 실험


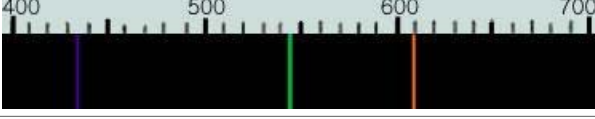
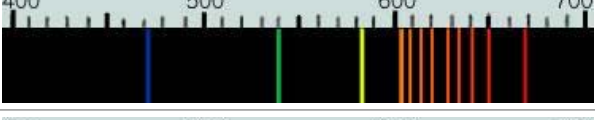

LiCl, NaCl,  $\text{SrSO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{CuCl}_2$ , KCl 불꽃반응을 분광기로 관찰하고 스펙트럼을 알아보았다.

Table 5. 불꽃 반응 스펙트럼 관찰

관찰한 스펙트럼	관찰 내용
	LiCl 스펙트럼 460, 500, 610, 670nm에서 특징적인 스펙트럼선이 나타났다.
	$\text{CuCl}_2$ 스펙트럼 420nm 부근, 480nm 부근, 580nm에서 스펙트럼선이 나타났다.
	KCl 스펙트럼 400, 700nm 부근에서 스펙트럼선이 나타났다.
	NaCl 스펙트럼 Na D-선으로 불리는 589.29nm에서의 특징적인 선이 나타난다는 사실을 확인할 수 있었다.

## 3) 스펙트럼 관찰 : 원자 선 스펙트럼 관찰

Table 6. 원자 선 스펙트럼 관찰

스펙트럼 사진	관찰 내용
	수소 스펙트럼 410nm, 435nm, 485nm, 656nm 부근에서 선이 나타났다.
	수은 스펙트럼 435nm, 545nm, 610nm 부근에서 선이 나타났다.
	네온 스펙트럼 470nm 부근, 540nm 부근, 600~700nm 부근에서 선들이 나타났다.
	헬륨 스펙트럼

#### 4) 수소원자 스펙트럼의 파장 값을 통해 에너지 준위 구하기

스펙트럼선의 파장은 일련의 양자역학적 계산을 통해 에너지로 나타내어질 수 있다. ( $E = \frac{hc}{\lambda}$ ) 선들에서 계산할 수 있는 에너지들은 각각의 준위가 있는데, 수소와 같은 일 전자 원자의 경우 다음 식에 의해 에너지 준위를 계산할 수 있다 [11].

$$E = -Z^2 \times 2.18 \times 10^{-18} \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

우리는 대표적인 일 전자 원자인 수소원자의 스펙트럼을 관찰하였다. 수소원자는 선스펙트럼을 나타내는데 410nm, 435nm, 485nm, 655nm 부근에서 선이 나타났다.

410nm:

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(6.626 \times 10^{-34}) \times (2.998 \times 10^8)}{410 \times 10^{-9}} = \left| -1^2 \times 2.18 \times 10^{-18} \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \right|$$

$$\therefore n = 6.02$$

435nm:

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(6.626 \times 10^{-34}) \times (2.998 \times 10^8)}{435 \times 10^{-9}} = \left| -1^2 \times 2.18 \times 10^{-18} \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \right|$$

$$\therefore n = 4.98$$

485nm:

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(6.626 \times 10^{-34}) \times (2.998 \times 10^8)}{485 \times 10^{-9}} = \left| -1^2 \times 2.18 \times 10^{-18} \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \right|$$

$$\therefore n = 4.02$$

655nm:

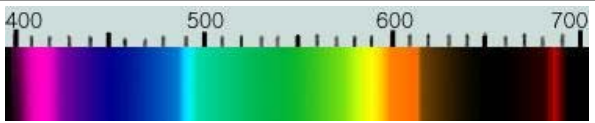
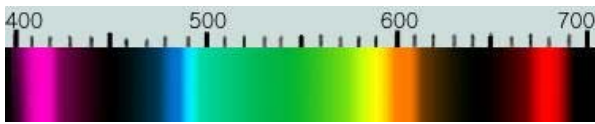
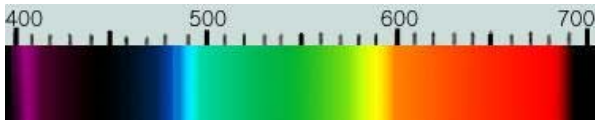
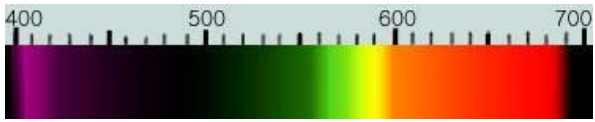
$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(6.626 \times 10^{-34}) \times (2.998 \times 10^8)}{655 \times 10^{-9}} = \left| -1^2 \times 2.18 \times 10^{-18} \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \right|$$

$$\therefore n = 3.00$$

이와 같이 관측 값으로부터 정확한 주양자수를 구하였다. 이로써 이 분광기를 통해서 정밀한 분석이 가능함을 확인하였다.

## 5) 스펙트럼 관찰 : 용액 관찰

Table 7. 용액 스펙트럼 관찰

스펙트럼 사진	관찰 내용
	푸른색 용액( $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ) 붉은색 영역(600nm~700nm)이 흡수되어서 검게 나타났다.
	초록색 용액( $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ ) 푸른색 영역(400nm~470nm)과 붉은색 영역(600nm~700nm)이 흡수되어서 검게 나타났다.
	노란색 용액( $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ ) 푸른색 영역(400nm~470nm)이 흡수되어서 검게 나타났다.
	붉은색 용액( $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ ) 푸른색과 녹색 영역(400nm~ 550nm)이 흡수되어서 검게 나타났다.

$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ 와 같은 용액은 여러 가지 색을 띄게 된다. 이 때 색이 나타나는 원리는 나타나는 색의 보색을 용액이 흡수하기 때문이다. 그렇기 때문에 스펙트럼에서도 자신이 나타나는 색의 반대 계열의 색 부분은 흡수하여 스펙트럼이 검게 나타난다는 사실을 확인할 수 있었다. 또 용액을 그냥 관찰했을 때에는 스펙트럼이 나타나지 않고 검기만 했는데, 용액 뒤에서 전구를 비춰 주었을 때 전구의 연속 스펙트럼이 나타나면서 용액이 흡수한 부분은 검게 나타났다. 이러한 관찰을 통해, monochromate를 만들어 spectrophotometer로 까지 발전시킬 수 있는 아이디어의 확대가 가능하다.

## 6. 기존 분광기와 제작한 분광기의 비교

프리즘 분광기를 이용한 스펙트럼 관찰에서 나타나는 스펙트럼의 모습은 우리가 만든 분광기와 같았다. 또 나타나는 스펙트럼 선 하나하나가 정밀해 보였고 눈 앞의 망원경에서 바로 스펙트럼이 보이기 때문에 더 선명했다. 하지만 이 분광기는 매우 무거웠고 암실에서 실험해야만 스펙트럼이 제대로 관찰될 수 있었다.

사용 방법을 익히고 사용하는 것도 매우 힘들었다. 또 스펙트럼의 파장 값을 구하기 위해서는 망원경을 회전시키면서 각각의 색깔에 대하여 화면속의 십자선의 수직선에 일치 시키고 그때의 각도를 기록한 뒤 측정된 각도들로부터 파장을 계산해야 하는등 파장 값을 구하는 방법도 복잡했다. 이러한 것으로 볼 때 교육용으로 사용하기에는 적당하지 않다.

한편 간이 분광기를 이용한 스펙트럼 관찰의 경우, 프리즘 분광기와 마찬가지로 스펙트럼은 물질의 고유한 특성이기 때문에 모습 자체는 같았다. 하지만 스펙트럼의 해상도에 있어서는 매우 큰 차이가 났다. 간이 분광기는 스펙트럼의 길이도 매우 짧았고(약 3cm) 그렇기 때문에 비슷한 파장값을 갖는 여러 선들을 구분하기 힘들었다. 간이 분광기의 경우 슬릿의 위치도 찾기 어려워서 관찰하려는 광원을 잘 맞춰서 바라보는 것도 어려웠다.

다음 Table 3에 기존 분광기와 제작한 분광기의 성능 비교를 정리하였다.

Table 8. 분광기 비교

	스펙트럼 길이	휴대용 면	가격 면	기타 사항
보급용 분광기	2~3cm	원통형으로 가장 편리하다.	15,000원~55,000원대	스펙트럼이 옆면에 나타난다.
프리즘 분광기	알 수 없다	매우 불편하다	253만원	암실에서만 실험 가능
종이 분광기	9cm	보급용 분광기보다는 크지만 A4사이로 편리	1,000원 내외	눈금자 있어서 파장 구할 수 있음
아크릴 분광기	9cm	보급용 분광기보다는 크지만 편리. 손상되기 쉽다는 점을 개선	10,000원 내외	종이로 제작한 분광기의 장점은 그대로 두고 단점만 개선

시중에 나와 있는 분광기는 보급용인 것도 몇 만원 대이고 프리즘 분광기와 같이 고성능의 분광기는 몇 백 만원에 이른다. 또, 회절 격자판은 가격이 하나에 몇 만원씩 하기 때문에 가격이 비교적 저렴한 회절발 필름을 유리판에 붙이는 방식으로 사용하여 가격을 저렴하게 할 수 있도록 고안하였다.

우리가 제작한 분광기는 필요한 준비물이 상자 또는 아크릴판, 절연테이프, 회절발 필름, 유리판, 가위, 칼, 테이프인 것으로 볼 때에도 손쉽고 값싸게 제작할 수 있는 것이었다. 또 하나의 분광기를 제작하는데 천 원 안팎(아크릴판으로 제작할 경우 만 원 안팎)의 돈 밖에 들지 않았다. 이처럼 값싼 재료를 이용하여 스펙트럼을 정밀하게 관찰하고 나타난 파장 값까지 구할 수 있다는 장점이 있다.

또한 보급용 분광기로는 스펙트럼의 파장 값을 구할 수 없었는데 우리가 제작한 분광기를 통해서만 구할 수 있었고 나타난 스펙트럼 자체도 훨씬 정밀했다. 값비싼 프리즘 분광기보다도 성능이 결코 뒤지지 않았고 사용방법이 쉽고 휴대하기도 간편했다. 더 이상 실험용 기기가 블랙박스가 아니며, 제작과정에서 기기의 원리를 터득할 수 있게 하고 자신만의 기기를 휴대할 수 있어서 앞으로 교육용으로 유용하게 사용될 수 있을 것으로 보인다. 또한 이러한 기기를 제작함으로써 학생들의 창의력 신장을 크게 꾀할 수 있었으며, 탐구력 신장으로 인해 학생들의 발명력이 극대화 되어 상당히

업그레이드된 새로운 과학 기자재를 만들 수 있는데 교육적 가치가 크다 [12, 13].

## IV. 결론 및 제언

제작한 분광기를 연구한 결과, 분광기의 가로 길이는 스펙트럼의 길이 자체에는 영향을 주지 않았다. 하지만 가로 길이가 짧아지면 스펙트럼이 눈으로 보는 반대편이 아니라 보고 있는 쪽을 기준으로 오른쪽 면에 나타나서 관측이 불편하다.

분광기의 세로 길이는 길수록 스펙트럼의 길이가 길게 나타났다. 또 스펙트럼의 길이가 짧으면 선 스펙트럼의 경우 각각의 선들이 뭉쳐서 나타나서 정확한 파장 값을 구하기가 어려웠다. 기존의 보급용 분광기는 이러한 이유로 정확한 파장 값을 구하기 어려운 단점이 있다.

분광기의 높이는 스펙트럼에 영향을 주지 않았다. 스펙트럼의 높이는 슬릿의 길이와만 상관이 있었고 스펙트럼의 분해능과는 상관이 없다. 하지만 스펙트럼을 보고 파장 값을 나타낸 자를 붙이기 위해서는 최소한 2cm의 높이가 적당하다고 본다. 하지만 시중에 판매되는 보급용 분광기는 파장 값을 측정할 수 있도록 한 것이 없었다.

우선 종이 분광기의 단점인 손상되기 쉽다는 점을

개선하여 아크릴로 분광기를 제작하면 스펙트럼이 좀 더 명확히 나타나고, 오래 보존할 수 있는 기기가 될 수 있다. 가격 면에서는 종이 대신 아크릴 판이 사용되기 때문에 제작비용이 10배 정도 들지만, 그래도 다른 기존의 분광기에 비해서는 성능이 우수하면서도 가격은 1/100배로 싼 편이다. 이 분광기는 분광기의 슬릿 뒤편에 AAS와 거의 비슷한 기능을 하는 장치를 설치하여 이전 분광기를 여러 점으로 보완하고 더 정밀한 정성, 정량 분석도 추가한 것이다. 그러므로 학생들이 종이로 만든 교육용 분광기를 사용하여 기기의 원리를 터득하는데 있어서 더욱 좋은 효과를 얻을 수 있었다.

## 참고문헌

- [1] 김현경, 화학교육, 'Small Scale Chemistry란 무엇인가?', 화학교육, 30(1) (2003).
- [2] 김홍석, 박승옥, 과학기자재 활용법, 대진과학교육 연구소, 87-91 (1995).
- [3] 대한화학회, 물리화학 실험 (1999).
- [4] 대한화학회, 표준 일반화학실험 (2000).
- [5] Beasley, W.; Chant. D. Aust. J. Chem. Educ. 1996, 41, 11-16.
- [6] Bradley, J.D. Experiences de Microchimie: Manuel de l'Enseignant. UNESCO/IUPAC-CTC., Magister Press, Moscow 1999.
- [7] Bradley, J.D. Pure Appl. Chem. 1999, 71, 817-823.
- [8] Bradley, J.D. Pure and Applied Chemistry, 2001 vol. 73, No. 7, 1215-1219
- [9] Chemistry International, 2000, 22 (4), 103-105.
- [10] Chemistry International, 2000, 22 (6), 180-181.
- [11] Oxtoby, 일반화학 5판, 2003, 자유아카데미
- [12] Diaz, L., Smith, C. A. Journal of chemical education. 2005, 82(6), 906.
- [13] Kovarik, M. L., Clapis, J. R., Romano-Pringle, K. A. Journal of Chemical Education, 2020, 97(8), 2185-2195.