



## 저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

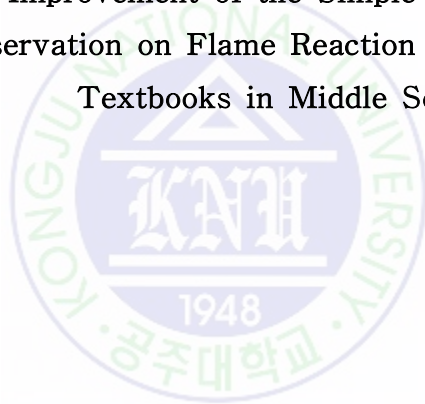
이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석 사 학 위 논 문

중학교 과학 교과서 불꽃반응 실험에서  
선스펙트럼 관찰을 위한 간이분광기 개선 연구

A Study on Improvement of the Simple Spectroscope for Line  
Spectrum Observation on Flame Reaction Experiments of Science  
Textbooks in Middle School



공주대학교 교육대학원

화학교육 전공

하 현 목

2014. 2.

석 사 학 위 논 문

중학교 과학 교과서 불꽃반응 실험에서  
선스펙트럼 관찰을 위한 간이분광기 개선 연구

A Study on Improvement of the Simple Spectroscope for Line  
Spectrum Observation on Flame Reaction Experiments of Science  
Textbooks in Middle School

지도교수 류 해 일

이 논문을 교육학석사학위  
청구논문으로 제출함

2013. 12.

공주대학교 교육대학원  
화학교육 전공  
하 헌 목

석 사 학 위 논 문

하헌목의 교육학석사학위

청구논문을 인준함



2013. 12.

심 사 위 원 장 \_\_\_\_\_ (인)

심 사 위 원 \_\_\_\_\_ (인)

심 사 위 원 \_\_\_\_\_ (인)

공 주 대 학 교 교 육 대 학 원

# 목 차

I. 서론 .....	1
1. 연구의 필요성 .....	1
2. 연구 목적 .....	2
3. 연구내용 .....	2
4. 연구의 제한점 .....	3
II. 이론적 배경 및 선행연구의 고찰 .....	4
1. 이론적 배경 .....	4
2. 선행연구의 고찰 .....	13
III. 연구 방법 및 절차 .....	15
1. 연구 대상 및 방법 .....	15
2. 연구 절차 .....	15
IV. 연구 결과 및 논의 .....	19
1. 교과서별 실험 방법 분석 .....	19
2. 원소의 불꽃반응 실험 방법의 문제점 분석 .....	30
3. 불꽃반응 실험 방법의 개선 .....	33
4. 개발한 간이분광기의 적용 및 결과 분석 .....	42
V. 결론 및 제언 .....	51
1. 결론 .....	51
2. 제언 .....	53
참 고 문 헌 .....	54
ABSTRACT .....	56

# 표 목 차

【표-1】 일반 간이분광기의 종류 .....	12
【표-2】 직시 분광기의 종류 .....	12
【표-3】 분석 대상 9종 과학 교과서 .....	17
【표-4】 9종 과학 교과서별 원소의 불꽃반응 실험 방법 분석 ...	19
【표-5】 9종 과학 교과서별 원소의 선스펙트럼 관찰 실험 방법 분석 ..	21
【표-6】 학생들이 관찰한 불꽃색 .....	26
【표-7】 교과서 실험 장치의 문제점과 S사 실험 장치의 개선점 ...	34
【표-8】 시료별 불꽃색의 선스펙트럼을 관찰한 학생 수 .....	48
【표-9】 $\text{SrCl}_2$ 와 $\text{LiCl}$ 의 선스펙트럼 선의 색 관찰 학생 수 .....	49
【표-10】 $\text{SrCl}_2$ 와 $\text{LiCl}$ 의 선스펙트럼 선의 개수 관찰 학생 수 ..	49
【표-11】 폐 사무기기 거울을 활용한 간이분광기 제작비용 .....	50

# 그 림 목 차

【그림Ⅱ-1】 연속 스펙트럼 .....	5
【그림Ⅱ-2】 수소의 선스펙트럼 .....	6
【그림Ⅱ-3】 나트륨 원자의 에너지 준위도 .....	7
【그림Ⅱ-4】 회절격자에 의한 회절 .....	8
【그림Ⅱ-5】 선스펙트럼 형성과정 .....	10
【그림Ⅱ-6】 슬릿을 통과한 빛이 프리즘을 통과하는 과정 .....	11
【그림Ⅲ-1】 연구 절차 .....	16
【그림Ⅳ-1】 B교과서의 실험 장치와 시료 .....	23
【그림Ⅳ-2】 니크롬선을 이용한 시료의 불꽃색 .....	24
【그림Ⅳ-3】 불꽃반응 탐구 보고서 .....	25
【그림Ⅳ-4】 A교과서의 간이분광기 .....	28
【그림Ⅳ-5】 분광기 탐구 보고서 결과 .....	29
【그림Ⅳ-6】 진동자를 이용한 불꽃반응 실험장치 .....	33
【그림Ⅳ-7】 간이분광기 모식도 .....	36
【그림Ⅳ-8】 간이분광기 구성 재료 .....	37
【그림Ⅳ-9】 슬릿 제작 .....	39
【그림Ⅳ-10】 회절격자 부분 제작 .....	40
【그림Ⅳ-11】 분광기 상자 제작 .....	41
【그림Ⅳ-12】 광학용 거울 부착 .....	41
【그림Ⅳ-13】 간이분광기 제작 완성 .....	42
【그림Ⅳ-14】 선스펙트럼 광원장치 .....	42
【그림Ⅳ-15】 He, Hg, Ne의 선스펙트럼 .....	43
【그림Ⅳ-16】 He, Hg, Ne의 선스펙트럼 관찰 결과 .....	43
【그림Ⅳ-17】 분광기의 종류에 따른 He의 선스펙트럼 관찰 결과 .....	44
【그림Ⅳ-18】 분광기의 종류에 따른 Hg의 선스펙트럼 관찰 결과 .....	45
【그림Ⅳ-19】 분광기의 종류에 따른 Ne의 선스펙트럼 관찰 결과 .....	45
【그림Ⅳ-20】 Na, Sr, Li의 선스펙트럼 .....	46
【그림Ⅳ-21】 NaCl, SrCl <sub>2</sub> , LiCl의 선스펙트럼 관찰 결과 .....	47
【그림Ⅳ-22】 원소의 선스펙트럼 관찰 보고서 결과 .....	48

# I. 서론

## 1. 연구의 필요성

우리나라의 교육과정은 7차 교육과정 이후 2007 개정 교육과정과 2009 개정 교육과정으로, 여러 사회적 요구에 따라 교육과정을 수시 개정 체제로 변환하였다. 하지만, 교육과정이 바뀐다 하여도 과학에 있어서의 기본적인 내용과 탐구 과정은 많은 변화가 없었다.

2009 개정 교육과정에서 공통교육과정의 과학은 초등학교 3학년부터 중학교 3학년까지 모든 학생들이 학습하는 교과로서 과학의 기본 개념을 이해하고 과학 탐구 능력과 과학적 태도를 함양하여 창의적이고 합리적으로 문제를 해결하는 데 필요한 과학적 소양을 기르기 위한 교과이다. 또한, 학생 수준에 따라 관찰, 실험, 조사, 토론 등 다양한 탐구 활동 중심의 학습이 이루어지도록 한다.<sup>1)</sup>

특히 중학교 교육과정에서는 탐구 중심의 수업을 통해 기존의 과학 지식을 체계적이며 올바르게 이해하고, 탐구적 태도를 습득하도록 내용이 구성되어 있다. 따라서 학생들이 올바른 과학 지식과 탐구적 태도를 습득할 수 있도록 하기 위해서는 올바른 탐구 활동을 제시하는 것이 무엇보다 중요하다. 그러나 현재 과학 교과서에 제시되어 있는 탐구 활동들 중에는 제대로 된 탐구 결과를 얻기 어려운 것들이 많이 있다. 그 이유는 현재 학교 현장에 보급되어 있는 실험 기자재의 문제와 실험자의 실험 미숙, 교사의 준비 미비 등을 들 수 있으며, 또한 교과서 저자들의 충분한 연구 없이 탐구 활동을 교과서에 제시해 놓았기 때문이다(김영애, 2005:1).

따라서 2009 개정 교육과정에서의 중학교 과학 교과서에 제시된 탐구 활동을 통하여 학생들의 올바른 과학 탐구 능력 신장을 위해서는 명확한 탐구 결과를 도출할 수 있는 실험 기자재의 개선이 필요하다.

---

주 1) 교육과학기술부. [별책 9번] 과학과 교육과정(교육과학기술부 고시 제2011-361호)



## 2. 연구 목적

불꽃반응 실험에서 불꽃색을 통하여 구별할 수 없는 원소의 경우 간이분광기를 이용하여 선스펙트럼으로 구별할 수 있다. 하지만 기존의 간이분광기는 스펙트럼 관찰이 불편할 뿐만아니라 교과서에 제시된 것과 같은 스펙트럼을 사진으로 남길 수도 없다. 따라서 간이분광기의 개선을 통하여 교과서에서 제시된 방법대로 탐구 활동을 진행하였을 때 동일한 결과를 얻을 수 있도록 하여, 과학에 대한 흥미를 증가시키고 과학적 탐구 능력을 신장시키는데 있다.

## 3. 연구 내용

불꽃반응 실험에서의 간이분광기의 개선을 중심으로 한 본 연구의 구체적인 연구내용은 다음과 같다.

### 1) 중학교 과학 교과서의 불꽃반응 실험 내용 분석

2009 개정 교육과정의 중학교 과학 교과서에서 제시된 불꽃반응 실험에서의 간이분광기 사용 및 스펙트럼 확인 방법의 문제점을 분석한다.

### 2) 간이분광기 개선

원소의 선스펙트럼 관찰이 쉬우며, 선명한 선스펙트럼을 관찰할 수 있는 간이분광기를 개발한다.

### 3) 개선된 간이분광기의 현장 적용

개선된 간이분광기를 학교 현장에 적용하여 그 결과를 분석한다.

#### 4. 연구의 제한점

- 1) 이 연구에서는 2009 개정 교육과정에 의한 중학교 과학 교과서 9종에서 다루는 불꽃반응 실험에서의 간이분광기에 관한 내용만 다루었다.
- 2) 이 연구에서의 간이분광기는 중학교 과학 시간에 과학실에서 수행할 수 있는 실험으로 학교 현장에서 학생들이 사용 가능한 실험 기구이다. 따라서 실험에서 정확하고 정밀한 결과를 얻기에는 어려움이 있다.
- 3) 2009 개정 교육과정의 중학교 2학년 과학 교과서가 적용되기 전, 영재학급 학생들을 대상으로 불꽃반응 실험 및 스펙트럼 관찰 실험을 하였다.



## II. 이론적 배경 및 선행연구의 고찰

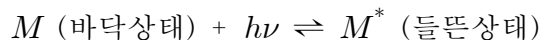
### 1. 이론적 배경

#### 1) 불꽃반응의 원리

불꽃반응이란 금속이나 금속 원소를 포함하는 시료를 가스토치나 알코올 램프 등의 불꽃 속에 넣으면 금속 원소 특유의 색깔이 나타나는 현상으로, 미지의 금속 원소의 종류를 확인할 수 있는 간단한 실험이다.

불꽃반응의 원리는 시료를 구성하는 원자나 이온에 열과 같은 에너지가 공급되었을 때 전자가 더 높은 에너지 준위로 전이되어 원자나 이온이 들뜬 상태로 된다. 들뜬 상태는 불안정하여 다시 바닥상태로 되돌아가면서 흡수한 에너지를 방출하여 스펙트럼이 얻어지게 된다. 이를 원소의 방출 스펙트럼 (emission spectrum)이라고 한다. 이 때 방출되는 빛이 가시광선 영역이면 불꽃색이 나타나게 된다.

양자론에 의하면 원자의 전자는 불연속적인 위치에너지 준위들에서만 존재할 수 있고, 한 전자가 다른 에너지 준위로 전이하기 위해서는 전이가 일어나는 준위들 사이의 에너지 차이만큼 에너지의 방출 또는 흡수가 일어나야 한다.



바닥상태의 원자는 들뜬상태가 되기 위해서  $h\nu$  만큼의 에너지를 흡수한 뒤 다시 원래의 바닥상태로 되기 위해서  $h\nu$  만큼의 에너지를 방출한다.

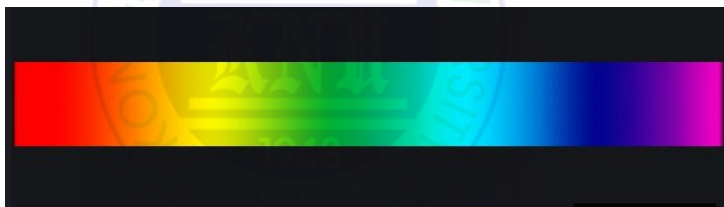
요즘에는 금속 원소가 아닌 기체 원소 물질을 진공 방전관에 넣어 원소 특유의 색깔을 나타내는 광원 장치들도 많이 개발되어 있다.

## 2) 스펙트럼

스펙트럼은 가시광선 등의 빛을 분광기로 분해했을 때 얻게 되는 성분을 말한다. 일반적으로 어떤 계가 높은 에너지 준위에서 낮은 준위로 전이하는데 수반하여 방출되는 방출 스펙트럼과, 낮은 준위에서 높은 준위로 전이하는데 따라 흡수되는 흡수 스펙트럼이 있다. 스펙트럼의 종류에는 연속 스펙트럼, 선 스펙트럼, 띠 스펙트럼이 있다.

### (1) 연속 스펙트럼

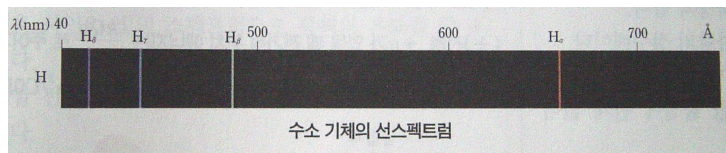
그 파장범위에서 연속적인 빛의 스펙트럼을 말한다. 분광기로 연속광을 보면, 분해능을 아무리 높여도 선스펙트럼처럼 낱알의 선으로는 분해되지 않고 전파장에 대해서 연속적으로 펼친 스펙트럼이 나타난다. 고체·액체의 열복사 스펙트럼도 연속 스펙트럼이며, 기체의 원자·분자에서도 이온화 또는 해리가 관계하고 있는 빛은 연속 스펙트럼이 된다.



<그림 II-1> 연속 스펙트럼

### (2) 선스펙트럼

원자의 발광·광흡수에 수반되어 나타나는 스펙트럼으로 거의 순수한 수 많은 단색광으로 구성되어 있다. 분자의 띠 스펙트럼 안에도 선이 나타나는 경우가 있으나, 이 경우는 선스펙트럼이라고 하지 않는다. 흡수 스펙트럼과 방출 스펙트럼으로 갈라지는데, 방출 스펙트럼인 경우를 회선 스펙트럼이라고 한다. 기체상태의 모든 원소는 각기 고유의 선스펙트럼을 가진다. 따라서 선스펙트럼을 보면 그 원소의 종류를 알 수 있고, 원자의 에너지준위 및 성질을 결정할 수 있다.



<그림 II-2> 수소의 선스펙트럼

### (3) 띠 스펙트럼

보통 분자 스펙트럼에 나타난다. 분자에서 나오는 빛이나 분자가 흡수하는 빛을 분광하면 굉장히 많은 선스펙트럼이 밀집된 무리로서 어떤 일정한 규칙에 따라 배열되고 있음을 알 수 있다. 이것을 분해능이 작은 분광기로 스펙트럼 사진을 찍으면 띠 모양의 구조로 보인다. 또 이것은 분자가 가지고 있는 에너지의 상태, 즉 전자상태, 원자핵 간의 진동상태, 분자 전체의 회전상태에 따라 결정되며, 빛의 방출·흡수에는 이 3개의 상태가 모두 관계한다(오수민 등, 2004).

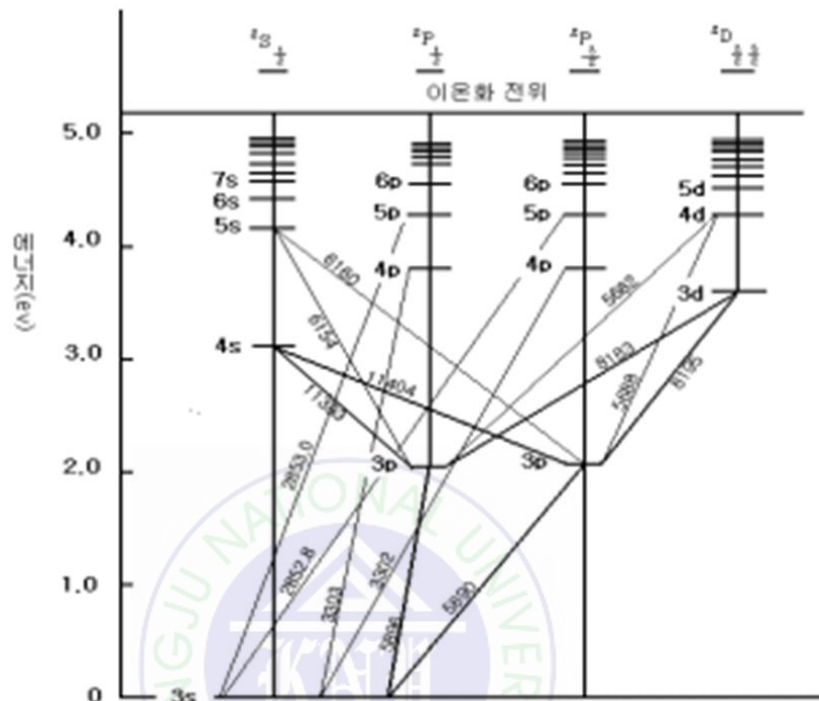
### (4) 선스펙트럼 생성원리

원자가 에너지를 충분히 흡수하면 원자내의 전자는 일정한 에너지 준위에 있다가 더 높은 에너지 준위로 전자 전이가 일어난다. 또한 들뜬 전자는 에너지를 방출하여 더 낮은 상태의 전자 궤도로 전이되거나 원래의 바닥 상태로 전이된다. 이때 전자가 들뜬 상태에서 에너지를 방출하고 더 낮은 에너지 준위로 떨어질 때 스펙트럼을 방출하게 되는데 방출되는 에너지의 크기에 따라 여러 파장의 빛이 나타난다. 이 중 우리 눈에 보이는 스펙트럼은 가시광선 영역에 해당하는 것으로 그 외의 것은 우리가 눈으로 감지할 수 없다. 따라서 우리가 원자의 스펙트럼을 관찰하게 되면 한 원자에서 여러 파장의 스펙트럼을 관찰할 수 있는 것은 방출되는 에너지가 각기 다르기 때문이다. 이것을 나트륨을 예를 들어 좀 더 자세하게 설명하면 다음과 같다(김영애, 2005:5).

염화나트륨 수용액은 불꽃 속에서 나트륨과 염소 원자 상태로 된 후 나트륨이 이온화된다. 그 뒤 나트륨의 전자 중 최외각 전자에 속하는 3s궤도의 전자가 3p궤도함수로 에너지를 받아 들뜨게 된 후 다시 3s궤도함수로 되돌아

가면서 스펙트럼을 방출하게 된다.

나트륨의 에너지 준위도를 나타내면 <그림 II-3>과 같다(김영애, 2005).



<그림 II-3> 나트륨 원자의 에너지 준위도

### 3) 분광기의 원리

#### (1) 회절격자를 이용한 분광기의 원리

회절격자는 여러 개의 슬릿이 매우 좁은 간격으로 배열된 구조로 되어 있는 다중격자를 말한다. 가장 기본적인 회절격자는 유리나 플라스틱판에 1cm 당 수천 개의 줄(홈)을 그어 만든다.

<그림 II-4>와 같이 격자 간격이  $a$ 인 회절격자를 생각하자. 격자에 수직 방향으로 평면파가 입사한 경우에는 이웃한 슬릿에 의하여 생기는 경로 차는 회절된 파에 대해서만 고려하면 된다. 그러나 빛이 언제나 격자에 대하여 수직으로 입사하지는 않으므로 법선에 대하여  $\theta_i$ 의 각으로 입사한 광속에 대하여 이웃한 슬릿에 의하여 생기는 경로 차는 다음과 같다.

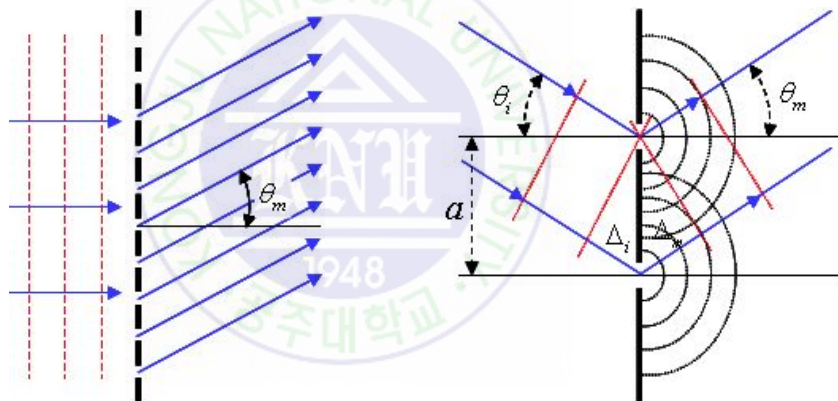
$$\Delta = \Delta_i + \Delta_m = a \sin \Theta_i + a \sin \Theta_m$$

만일 아랫방향으로 회절 되면 경로 차는  $\Delta = \Delta_1 - \Delta_2$ 로 되는데 이 경로차가  $\Delta = m\lambda$  일 때 회절파들의 위상이 서로 맞게 된다. 즉,

$$a(\sin \Theta_i + \sin \Theta_m) = m\lambda \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots)$$

이다. 0차 무늬는  $\Theta_i = -\Theta_m$  일 때 생기는데 0차 무늬에서는 파장이 분리되지 않는다.

입사각  $\Theta_i$ 가 고정되면 각각의 주극대가 생기는 방향  $\Theta_m$ 은 파장에 따라 달라지며  $m \neq 0$  일 때는 입사광속에 있는 여러 파장을 분리한다.



<그림 II-4> 회절격자에 의한 회절

회절격자 방정식에서  $\Theta$ 를  $\lambda$ 에 대해서 미분하면

$$a \cos \Theta \, d\Theta = m \, d\lambda$$

인데 이로부터 각분산(angular dispersion)에 관한 식을 얻을 수 있다. 즉,



$$D \equiv \frac{d\Theta_m}{d\lambda} = \frac{m}{a \cos \Theta_m}$$

이다. 여기서  $\Theta_m$ 은  $m$ 차 무늬가 생기는 각도이다. 이 식에서 알 수 있듯이 회절 무늬의 차수가 높을수록 파장사이의 간격은 커지나 빛의 세기는 약해진다.

다음에는 빛이  $\lambda$ 와  $(\lambda + \Delta\lambda)$ 의 두 파장을 포함하고 있는 경우를 생각해 보자. 각 파장을 회절격자 방정식에 대입하면 각각 다음과 같이 된다.

$$a(\sin \Theta_i + \sin \Theta_m) = m\lambda, \quad a(\sin \Theta_i + \sin \Theta_m) = m(\lambda + \Delta\lambda)$$

Rayleigh 기준을 만족시키기 위해서는 두 번째 파장은  $\lambda$ 와 최소 분리 파장만큼 떨어져 있지 않으면 안된다. 즉, 인접한 주 극대 사이에  $(N-1)$ 개의 강도가 0인 곳이 있는데 두 번째 파장이 이 중 첫 번째 극소까지의 거리 이상 떨어져 있어야 분리할 수 있다. 그러므로

$$m(\lambda + \Delta\lambda) = (m + \frac{1}{N})\lambda$$

이다. 위 식에서 회절격자의 분해능을 구할 수 있다.

$$R \equiv \frac{\lambda}{(\Delta\lambda)_{\min}} = mN$$

이 식은 고분해능을 얻기 위해서는 보다 많은 선의 회절격자를 사용하든지 고차의 회절 무늬를 택해야 함을 말해준다. 회절격자의 슬릿의 폭은 관계 없다. 그러나 실제의 회절격자 판은 크기가 어느 정도 제한되어 있기 때문에 회절격자의 선들은 매우 조밀하게 제작된다.

회절격자는 크게 투과형 회절격자(transmission gratings)와 반사형 회절



격자(reflection gratings)로 분류된다. 투과형 회절격자에는 빛이 유리기관의 투명부분으로 주기적으로 투과(개구의 역할)하는 진폭형 회절격자(amplitude gratings)와 진폭변화가 거의 없이 빛을 완전히 투과하나 광학적 두께가 주기적으로 변화하여 위상지연이 주기적으로 일어나는 위상형 회절격자(phase gratings)가 있다.

반사형 회절격자(반사위상격자)는 광범위한 파장 영역에서 groove면의 반사율이 매우 높아 마치 투과형 격자에서 빛이 주기적으로 투과하는 것과 같은 효과를 낸다. 연구용 기기에 쓰이는 회절격자는 거의 반사형이다. 반사시격자의 주기적 표면형태에 따라 산란된 빛은 일정한 위상관계를 가지고 임의의 점에 도달하므로 회절무늬는 투과형에 의한 무늬와 유사하다(김준태, 2007).

이런 회절격자를 이용한 분광기의 선스펙트럼 형성과정을 그림으로 나타내면 <그림 II-5>와 같다.



<그림 II-5> 선스펙트럼 형성과정

## (2) 프리즘 분광기의 원리

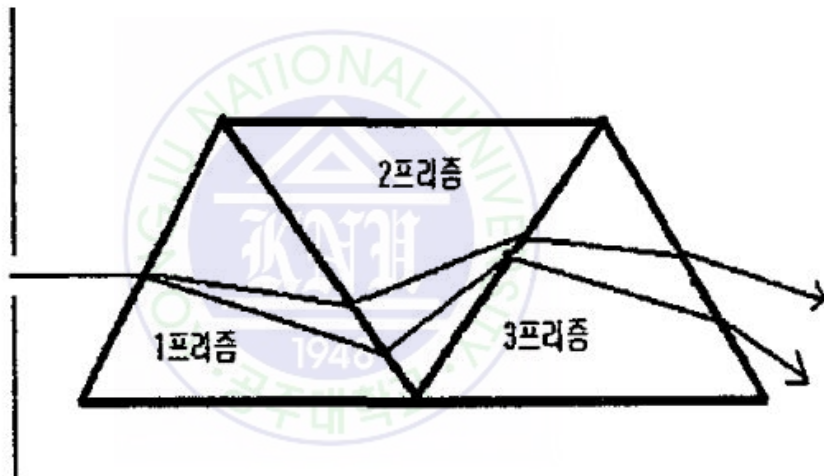
프리즘이 파장이 다른 빛을 분리할 수 있는 능력은 프리즘 재료의 굴절률이 빛의 파장에 따라 다르기 때문이다.

두 파장  $X_1$ 과  $X_2$ 의 굴절률이 같으면 두 빛은 같은 위치에서 나타나게

될 것이고, 두 파장의 굴절률이 다르면 다를수록 두 빛의 굴절되는 각도는 많이 차이날 것이다.

프리즘 세 개를 연결하고 슬릿을 사용하면 빛의 진행 경로는 <그림 II-6>과 같다.

이 <그림 II-6>과 같이 슬릿(slit)을 통과한 빛이 제1 프리즘을 통과하면 그 빛은 프리즘의 아래쪽으로 굴절되면서 각 파장 고유의 굴절률을 가지고 굴절되며, 굴절된 빛이 제2 프리즘을 통과할 때 이 빛들은 프리즘의 위쪽으로 굴절되면서 분해되고, 다시 제3 프리즘을 통과하면서 아래쪽으로 굴절되면서 분해된 후 프리즘을 통과한다. 이 때 슬릿을 통해 최초 프리즘으로 입사한 빛의 위치와 프리즘을 통과하여 나가는 빛의 위치는 같게 된다(박동조, 2000).



<그림 II-6> 슬릿을 통과한 빛이 프리즘을 통과하는 과정

#### 4) 분광기의 종류

현재 시판되고 있는 간이분광기의 종류는 다음과 같다.



##### (1) 일반 간이분광기

【표-1】 일반 간이분광기의 종류

분광기의 종류	사 진	특징
간이분광기 1		<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 재질 : 검정색 플라스틱</li> <li>▶ 슬릿 간격 : 1mm</li> <li>▶ 접안 구경 : 8mm</li> <li>▶ 전체 크기 : <math>\varnothing 37 \times 193\text{mm}</math></li> <li>▶ 양쪽에 스펙트럼이 관찰됨</li> </ul>
간이분광기 2		<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 재질 : 은백색 금속</li> <li>▶ 슬릿 간격 : 0.7mm</li> <li>▶ 접안 구경 : 5mm</li> <li>▶ 전체 크기 : <math>\varnothing 20 \times 110\text{mm}</math></li> <li>▶ 양쪽에 스펙트럼이 관찰됨</li> </ul>

##### (2) 직시 분광기

【표-2】 직시 분광기의 종류

직시 분광기	사 진	특징
직시 분광기 A형		<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 재질 : 은백색 금속</li> <li>▶ 슬릿 간격 : 2.5mm 개폐식</li> <li>▶ 아미티 프리즘 내장</li> <li>▶ 초점조절-접안부 신축식</li> <li>▶ 반사경 8×8mm 프리즘</li> <li>▶ 전체 크기 : 95×5mm</li> </ul>
직시 분광기 B형		<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 재질 : 은백색 금속</li> <li>▶ 슬릿 간격 : 2.5mm 개폐식</li> <li>▶ 아미티 프리즘 내장</li> <li>▶ 전체 크기 : 20×110mm</li> <li>▶ 프리즘에 의해 분산된 스펙트럼이 정면에서 관찰됨</li> </ul>

## 2. 선행연구의 고찰

지금까지 불꽃반응 실험에서의 간이분광기에 관한 연구는 전국 과학전람회 등에서 많이 출품되었으며, 그 내용은 다음과 같다.

김종택과 김영수(1981)는 적은 광원에서도 스펙트럼을 관찰할 수 있도록 볼록렌즈를 부착한 간이분광기와 가변형 슬릿을 만들고 분광기 내부에 눈금판 및 눈금 판독용 전구를 부착하여 선스펙트럼의 파장을 읽을 수 있도록 하였다.

홍장표(1981)는 암상자를 만들어 분광기와 결합시키고, 그 안에 에탄올이 들어있는 도가니를 장치하여 전통적인 방식인 니크롬선에 시료를 묻혀 연소시키는 장치를 만들었다. 이 장치는 불꽃반응 실험장치 및 간이분광기를 세트(set)화 하고, 불꽃의 위치와 분광기의 위치가 항상 일정하여 스펙트럼을 쉽게 관찰하도록 한 것이다.

박천석과 박대식(1988)은 압축 공기를 이용하여 시료를 지속적으로 공급함으로써 연속 불꽃반응 실험장치를 만들었고, 렌즈와 프리즘을 이용하여 눈으로 관찰된 스펙트럼을 카메라로 촬영이 가능하도록 하였다.

전재완(1994)은 압축 공기를 이용하여 시료를 지속적으로 공급하여 연속 불꽃반응이 일어나도록 하였고, 직시분광기와 무비 카메라를 이용하여 TV 수상기로 스펙트럼을 관찰하도록 하였다.

오수민과 박종원(2004)는 분광기의 세로 길이만 스펙트럼에 영향을 준다는 것을 밝혀, 아크릴을 재료로 A4 크기의 분광기를 제작하였으며, 이 분광기는 보정이 정밀하게 되며 AA 기능을 갖도록 하였다.

심중섭과 김현정(2006)은 아크릴로 제작한 분광기에 소형 카메라를 부착하여 컴퓨터로 스펙트럼을 분석할 수 있도록 하였다.

김준태(2007)는 가열원에 따른 불꽃을 비교하여 가스 토치에 의한 불꽃반응이 스펙트럼을 잘 나타낼 수 있음을 밝혔고, DVD를 이용한 분광기를 제작하여 스펙트럼을 더욱 선명하게 관찰할 수 있도록 하였다.

박동조(2000)는 불꽃반응 실험 kit에서 불꽃으로 알코올램프, 가스버너, 분필, 알코올 증기를 이용하고, 사용하는 시료의 형태를 고체, 용액으로 하며, 시

료봉의 종류를 달리하여 불꽃색이 선명하고 오래 유지될 수 있는 방법을 제시하였다. 또한 분광기에서는 회절격자 필름(diffraction grating film)과 세 개의 프리즘, 10배율의 볼록렌즈를 사용하여 슬릿의 간격, 슬릿과 프리즘의 거리, 프리즘과 볼록렌즈의 거리를 조절하여 최적의 조건을 제시하였다.

김영애(2005)는 불꽃반응 실험 kit에서 시료 주입기를 변형된 가스 토치, 분무기, 주사기 분무기를 개발하여 적용하였고, 분광기에서는 슬릿을 통과한 빛을 회절격자에 비스듬히 입사시키기 위해 회절격자를 입사광선에 대하여  $98^\circ$  비스듬히 부착하여 스펙트럼이 쉽게 관찰되도록 하였다.

민정숙(2009)은 Na의 불꽃반응 실험에서 열원으로 부탄가스, 알코올램프를 사용하고 프리즘과 화절발 분광기로 각각의 스펙트럼을 분광학적으로 분석하였다.



### Ⅲ. 연구 방법 및 절차

#### 1. 연구 대상 및 방법

2009 개정 교육과정 2학년 과학 교과서 9종을 분석하여 실험 방법을 분류한 뒤, B과학 교과서의 불꽃반응 실험 관련 내용과 A과학 교과서의 분광기를 이용한 선스펙트럼 관찰 실험 관련 내용을 서산시 소재의 A중학교 영재학급 1학년 15명 학생에게 수행하게 했다. 각 실험 실시 후 문제점을 분석한 뒤 그 문제점을 해결하기 위해 새로운 간이분광기를 제작하였다.

교과서에서 제시된 불꽃반응 실험의 탐구 방법은 크게 시료의 상태, 연소 방법, 분광기의 사용에서 차이가 다소 있었다. 일부 교과서에서는 제7차 교육과정의 중학교 3학년 과학 교과서 및 2007 개정 교육과정의 중학교 2학년 과학 교과서에서 제시한 실험 방법과 차이가 없었다.

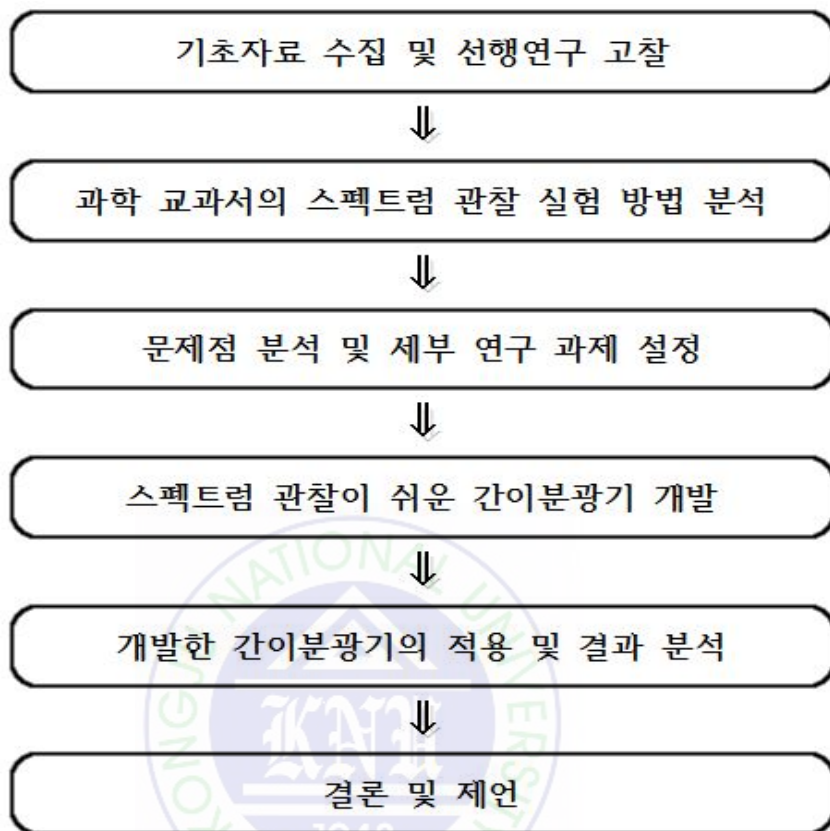
교과서에서 제시되어 있는 불꽃반응 실험 kit에서의 문제점은 본 연구에서 개선점으로 다루지 않기 때문에, 문제점을 최소화하여 최근 개발되어 시판되고 있는 S사의 불꽃반응 실험 kit를 사용하였다. 또한, 개발된 간이분광기의 성능을 확인하기 위해 선스펙트럼 광원장치를 이용하였다.

개발된 간이분광기와 S사의 불꽃반응 실험 kit를 이용하여 B과학 교과서의 실험을 수행한 A중학교 영재학급 15명 학생에게 불꽃반응 실험 및 선스펙트럼 관찰 실험을 다시 실시하게 한 뒤 그 결과를 분석하였다.

#### 2. 연구 절차

최근 개발되어 있는 불꽃반응 실험 장치와 함께 쓸 수 있는 새로운 간이분광기를 개발하여 학생들의 과학 탐구 활동을 촉진시키고자 다음과 같은 연구 절차를 거쳐 진행하고자 한다.

이 연구는 <그림Ⅲ-1>과 같은 연구 절차에 따라 진행되었다.



<그림Ⅲ-1> 연구 절차

#### 1) 과학 교과서의 스펙트럼 관찰 실험 방법 분석

이 연구에 사용된 2009 개정 교육과정 교과서의 종류는 【표-3】과 같다.



【표-3】 분석 대상 9종 과학 교과서

순	약어	저자	출판사
1	A	박희송외 12인	(주)교학사
2	B	이문원외 12인	(주)금성출판사
3	C	이진승외 13인	(주)두산동아
4	D	이규석외 19인	(주)미래엔
5	E	임태훈외 10인	(주)비상교육
6	F	현종오외 16인	(주)좋은책신사고
7	G	이상인외 14인	(주)지학사
8	H	신영준외 11인	(주)천재교과서
9	I	이면우외 12인	(주)천재교육

위 【표-3】의 9종 과학 교과서에서 스펙트럼 관찰 실험 방법의 제시 여부와 실험 방법에서의 공통점과 차이점을 분석한다.

## 2) 스펙트럼 관찰 실험에서의 문제점 분석 및 세부 연구 과제 설정

2009 개정 교육과정에 따른 중학교 2학년 과학 교과서의 불꽃반응 실험에서 선스펙트럼 관찰 실험은 교과서에 제시된 내용과 실험을 통한 관찰 내용이 일치하지 않는 문제가 나타난다. 구체적으로는 다음과 같다.

첫째, 간이분광기를 이용한 선스펙트럼 관찰 과정이 구체적으로 소개되어 있지 않다.

둘째, 교과서에 제시된 간이분광기로는 원소의 선스펙트럼 확인이 어렵다.

셋째, 관찰된 선스펙트럼이 교과서에서 제시된 그림과 다르다.

넷째, 교과서에 제시된 것과 같은 선스펙트럼 사진을 찍을 수 없다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 이 연구에서는 다음과 같은 세부 연구 과제를 설정하였다.



- (1) 세부과제 1. 원소의 선스펙트럼 확인이 쉬운 간이분광기 개발
- (2) 세부과제 2. 원소의 선스펙트럼을 사진으로 촬영가능한 간이분광기 개발
- (3) 세부과제 3. 심화활동으로 수업시간에 학생들이 제작할 수 있는 간이분광기 개발

### 3) 개발한 간이분광기의 적용 및 결과 분석

개발한 간이분광기 제작 kit를 이용하여 B과학 교과서의 실험을 수행한 A중학교 영재학급 15명의 학생에게 불꽃반응 실험 및 선스펙트럼 관찰 실험을 다시 실시하게 한 뒤 그 결과를 분석한다.



## IV. 연구 결과 및 논의

### 1. 교과서별 실험 방법 분석

2009 개정 교육과정 중학교 2학년 과학 교과서의 불꽃반응 실험 및 선스펙트럼 관찰 실험 방법을 분석하였다.

#### 1) 불꽃반응 실험 및 선스펙트럼 관찰 실험 방법 분석

##### (1) 불꽃반응 실험 방법 분석

2009 개정 교육과정에 따른 중학교 2학년 과학 교과서에는 불꽃반응 실험에 대하여 【표-4】와 같은 실험 방법이 제시되어 있다.

【표-4】 9종 과학 교과서별 원소의 불꽃반응 실험 방법 분석

교과서	불꽃 장치	연료	시료 주입방법	시료 상태	분석 원소
A	가스토치	뷰테인가스	니크롬선	수용액	Na, K, Ba
B	가스토치	뷰테인가스	니크롬선	수용액	Cu, K, Na, Sr
C	석영 도가니	메탄올	직접 연소	수용액을 만들어 메탄올과 섞음	Na, K, Sr
D	가스토치	뷰테인가스	백금 선	수용액	Cu, K, Na, Sr, Li
E	가스토치	뷰테인가스	니크롬선	수용액	Cu, K, Na, Sr
F	포켓 토치	뷰테인가스	백금 선	수용액	Ca, Cu, Na, Sr
G	가스토치	뷰테인가스	니크롬선	수용액	Cu, K, Na, Sr, Li
H	미니 알코올램프	메탄올	심지 흡수	수용액을 만들어 메탄올과 섞음	Cu, K, Na, Sr
I	가스토치	뷰테인가스	니크롬선	수용액	Cu, K, Na, Li

【표-4】에서 보는 바와 같이 9종의 교과서 중 6종에서 불꽃 장치로 전통적인 방법인 뷰테인가스를 이용한 토치를 사용하고 있으며, F교과서는 같은 뷰테인가스를 연료로 사용하지만 크기가 작은 포켓 토치를 사용하고 있고, C와 H교과서는 메탄올을 연료로 하는 석영 도가니와 미니 알코올램프를 사용하고 있다.

사용하는 불꽃 장치에 따라 시료 주입 방법도 달라진다. 가스 토치를 사용하는 7종 교과서(포켓 토치 포함)는 니크롬선(A, B, E, G, I)이나 백금 선(D, F)을 사용한다. C교과서의 경우 석영 도가니에서 메탄올과 함께 연소되고, H교과서의 경우 미니 알코올램프에서 메탄올과 함께 심지에 흡수되어 연소되기 때문에 별도의 시료 주입이 요구되지 않는다. 또한, 니크롬선이나 백금 선을 사용하지 않으므로 묶은 염산으로 세척하는 과정이 필요하지 않게 된다.

시료의 상태는 모두 수용액으로 과거 고체 상태의 시료를 직접 사용하는 것보다 실험대를 오염시키지 않고 깨끗하게 사용할 수 있도록 되어 있다.

분석 원소는 공통적으로 Na원소를 포함하는 물질과, 부분적으로 K, Cu, Sr, Li, Ca이 포함된 물질을 선택하여, 3종에서 5종의 금속 원소의 불꽃반응을 관찰하도록 구성되어 있다.

## (2) 선스펙트럼 관찰 실험 방법 분석

제7차 교육과정 및 2007 개정 교육과정에서 자세하게 다루지 않았던 간이분광기를 이용한 원소의 선스펙트럼 관찰 실험에 대하여 2009 개정 교육과정에서는 비교적 자세하게 제시하고 있다. 중학교 과학 2학년 교과서 9종에서 원소의 선스펙트럼 관찰 실험 방법은 【표-5】와 같이 제시되어 있다.

【표-5】 9종 과학 교과서별 원소의 선스펙트럼 관찰 실험 방법 분석

교과서	제시 방법	분광기 제시 및 제작 여부	분광기 사용 방법	연속 스펙트럼과 선스펙트럼	스펙트럼으로 제시된 원소
A	실험으로 포함	분광기만 제시 함	제시 하지 않음	제시 함	Na, Li, Sr
B	내용 설명	분광기만 제시 함	제시 하지 않음	제시 함	Na, Li, Sr
C	내용 설명	분광기만 제시 함	제시 하지 않음	제시 함	Na, Li, Sr
D	창의·인성 활동(실험)	직접 제작 (CD 분광기)	제시 함	제시 함	Na, Sr, Li, H, He
E	해보기 (실험)	분광기 제시	제시 하지 않음	제시 함	Na, Li, Sr, Ba, Ca
	만들기	직접 제작 (CD 분광기)			
F	내용 설명	제시 하지 않음	제시 하지 않음	선스펙트럼만 제시함	Na, Li, Sr
G	탐구의 확장(실험)	분광기만 제시 함	제시 하지 않음	제시 함	Na, Li, Sr
H	제시 하지 않음	제시 하지 않음	제시 하지 않음	제시 하지 않음	제시 하지 않음
I	내용 설명	분광기만 제시 함	제시 하지 않음	선스펙트럼만 제시함	Li, Sr

【표-5】에서 보는 바와 같이 9종의 교과서 중 A교과서만 불꽃반응 실험에 분광기를 이용한 원소의 선스펙트럼 관찰 과정이 포함되어 있다. 그러나 부가적인 실험으로 제시되어 있는 D, E, G교과서까지 포함한다면 4종의 교과서에 선스펙트럼 관찰 실험이 제시되어 있는 것이다. 나머지 4종의 교과서에는 내용 설명으로 제시되어 있고, H교과서에는 분광기나 선스펙트럼에 대한 설명은 제시되어 있지 않았다.

분광기가 그림으로 제시되어 있는 것은 모두 7종이었으며, 이 중 2종(D, E)의 교과서에서는 CD를 이용하여 간이분광기를 직접 제작할 수 있도록 안내되어 있다.

D교과서의 경우 창의·인성 활동 실험에서 CD 조각을 이용한 간이분광

기를 직접 제작할 수 있도록 제작 과정에 대한 안내가 되어 있으며, 아울러 제작한 간이분광기를 이용하여 원소의 선스펙트럼을 관찰하는 방법까지 제시되어 있다.

6종의 교과서에서 햇빛의 연속 스펙트럼과 원소의 선스펙트럼을 그림으로 제시하여 비교 하였으며, 2종(F, I) 교과서에서는 연속 스펙트럼은 제시되어 있지 않고 원소의 선스펙트럼만 제시되어 있다. 또한, 선스펙트럼으로 제시된 원소는 Na, Li, Sr이 6종 교과서에서 공통으로 포함되어 있으며, D교과서에서는 금속 원소가 아닌 H, He원소의 선스펙트럼까지 제시되어 있다.

## 2) 불꽃반응 실험 실시 결과

2009 개정 교육과정 중학교 2학년 과학 9종 교과서 중 6종에서 동일하게 제시된 전통적인 불꽃반응 실험 방법으로 원소의 불꽃색을 확인하기 위하여 서산시 소재의 A중학교 영재학급 1학년 15명 학생을 대상으로 B교과서의 탐구 활동을 참고로 실시하였다.

- 불꽃 장치 : 가스 토치
- 연료 : 뷰테인 가스
- 시료 주입방법 : 니크롬선
- 세척 방법 : 묶은 염산과 증류수
- 시료 상태 : 수용액
- 시료 : NaCl, KCl, SrCl<sub>2</sub>, CuCl<sub>2</sub>

<그림Ⅳ-1>은 B교과서에서 제시한 실험 장치와 시료이다.

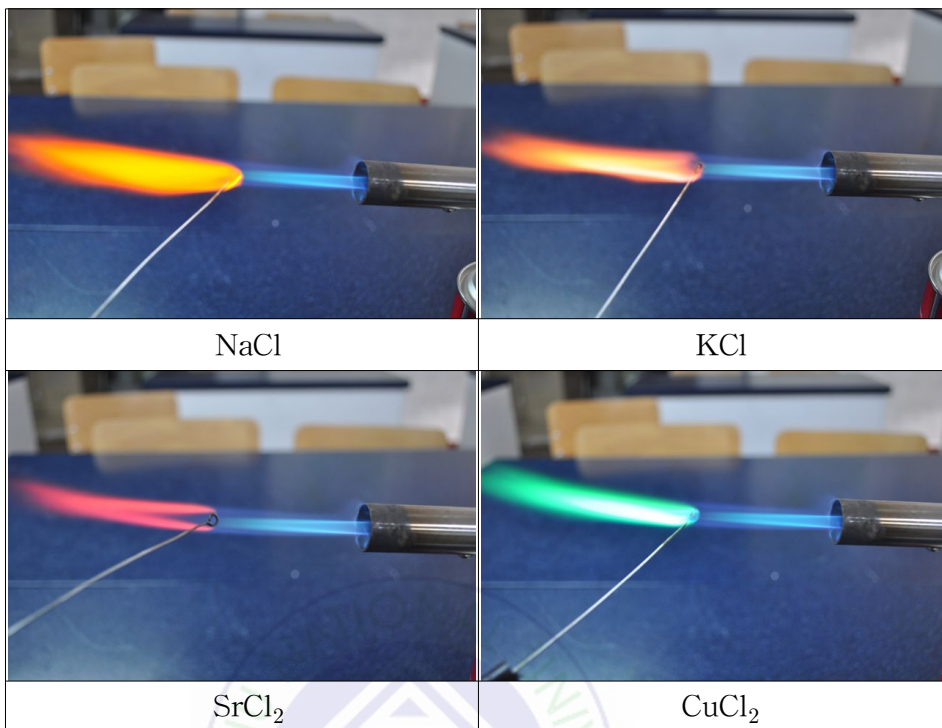


<그림Ⅳ-1> B교과서의 실험 장치와 시료

(1) 불꽃색 확인

B교과서는 불꽃반응 실험에서 수용액 상태의 시료를 니크롬선에 묻혀 가스 토치의 겉불꽃에 넣고 연소 시키는 방법으로 불꽃색을 관찰하도록 되어 있다.

<그림Ⅳ-2>는 니크롬선을 이용한 시료의 불꽃색이다.



<그림 IV-2> 니크롬선을 이용한 시료의 불꽃색

이 실험에서 깨끗하게 세척된 니크롬선이 가스토치의 겉불꽃에서 가열되어 주황색을 기본적으로 띄게 된다. 여기에 염화나트륨 수용액을 니크롬선에 묻혀 불꽃반응을 일으켰을 때 역시 주황색을 띄게 되는데, 이 때 주황색이 나트륨 원소의 불꽃색인지 니크롬선의 가열에 의해 나타나는 불꽃색인지 구별하기 어려웠다. 염화칼륨과 염화스트론튬의 경우에도 니크롬선 자체의 불꽃색이 섞여 보라색과 붉은색의 불꽃색을 선명하게 관찰하기 어려웠다. 염화구리의 경우에는 비교적 청록색의 불꽃색을 관찰할 수 있었다. 하지만, 모든 불꽃반응 실험에서 불꽃색을 관찰할 수 있는 시간은 시료의 빠른 연소 때문에 극히 짧았다.

## (2) 교과서 실험 투여 결과 분석

학생들에게 교과서에서 제시된 방법대로 탐구 활동을 하게 한 뒤 탐구 보고서를 제출토록 하여 그 결과를 분석하였다. 학생들이 제출한 탐구 보고서



는 <그림 IV-3>과 같다.

탐구활동보고서

번호 : 10    모둠 : 5조    이름 : 이재석

탐구주제	원소의 불꽃 반응
탐구목표 성    정	불꽃 반응에서 나타나는 색깔로 금속 원소를 확인할 수 있다.
탐구환경 (준비물)	염화구리(II), 염화칼륨, 염화나트륨, 염화스트론튬 각 수용액, 증류수, 묽은 염산, 가스 토치, 니크롬선, 비커, 연장갑, 실험용 고무장갑, 보안경
유의 사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 가스 토치의 불꽃이 붉은색을 띠지 않도록 조절하고, 토치 입구에 약품이 떨어지지 않도록 주의한다.</li> <li>· 한 번 불꽃 반응을 관찰한 니크롬선은 과정 1.2를 거친 후 다시 사용한다.</li> <li>· 사용 후 남은 물질과 용액은 지정된 폐수 통에 모아 처리한다.</li> </ul>

**탐구과정**

- 니크롬선을 묽은 염산에 넣어 깨끗이 씻은 후 증류수로 행구자.
- 니크롬선을 토치의 겉불꽃에 넣고 다른 색깔이 나타나지 않을 때까지 가열하자.
- 준비한 각 물질의 수용액을 니크롬선에 묻혀 토치의 겉불꽃에 넣고 색깔을 관찰하자.

**탐구결과 정리**

- 실험 결과를 표에 적어 보자.

물질	염화 나트륨	염화 칼륨	염화 스트론튬	염화 구리(II)
불꽃색	주황색	주황색	빨강색	녹색(청색)

- 선생님이 제시한 각 물질의 불꽃색과 다르게 보이는 물질은 어떤 것인가?  
 염화 나트륨 . 불꽃색이 주황색으로 보이는데, 원래는 노랑색임
- 불꽃색으로는 정확하게 원소를 구별할 수 없다면, 물질에 포함된 금속 원소를 정확하게 구별할 수 있는 방법에는 어떤 것이 있을까?  
 분광기로 이온과 전자상태를 확인

<그림 IV-3> 불꽃반응 탐구 보고서



학생들이 탐구 보고서에 작성한 각 시료의 불꽃색을 【표-6】 과 같이 분석하였다.

【표-6】 학생들이 관찰한 불꽃색

시료	불꽃색	학생수(명)	비고
NaCl	노란색	1	노란색 응답율 6.7% 주황색 응답율 66.7%
	주황색	10	
	빨강색	3	
	무응답	1	
KCl	보라색	5	보라색 응답율 33.3% 주황색 응답율 53.3%
	주황색	8	
	무응답	2	
SrCl <sub>2</sub>	빨강색	9	빨강색 응답율 60.0% 주황색 응답율 40.0%
	주황색	6	
	무응답	0	
CuCl <sub>2</sub>	청록색	3	청록색 응답율 20.0% 초록색 응답율 46.7%
	초록색	7	
	파랑색	2	
	무응답	3	

불꽃색에 대한 관찰에서 66.7%의 학생들이 나트륨 원소의 불꽃색을 주황색으로 보았다. 그 이유는 시료로 사용한 염화나트륨 수용액이 빠른 시간에 가스와 함께 연소된 후 니크롬선의 가열에 의한 불꽃색과 섞여 버렸기 때문이었다. 또한, 나트륨 원소의 불꽃색인 노란색이 불꽃의 중심에만 나타나고 주위에는 주황색과 섞여 나타나기 때문에 이를 학생들이 눈으로 구별하기는 쉽지 않았다. 시료의 수용액이 빠른 시간에 연소되기 때문에 니크롬선의 불꽃색과 함께 원소의 불꽃색이 나타나는 현상은 염화칼륨과 염화스트론튬에서도 마찬가지로 나타났다. 하지만, 염화스트론튬의 불꽃색은 연소 초기에 다소 차이가

나기 때문에 절반 이상의 학생들이 불꽃색을 구별할 수 있었고, 염화구리는 색이 선명하게 차이가 났기 때문에 주황색으로 응답한 학생은 없었다. 하지만, 구리 원소의 불꽃색이 초록색과 파랑색이 섞인 청록색인데, 46.7%의 학생들이 보다 강하게 나타나는 초록색으로 응답하였다.

### 3) 선스펙트럼 관찰 실험 실시 결과

2009 개정 교육과정 중학교 2학년 과학 9종 교과서 중 8종에서 불꽃반응으로 나타난 불꽃색으로 원소를 구별하기 어려울 경우 분광기를 사용하여 선스펙트럼으로 구별할 수 있다는 설명과 함께 선스펙트럼을 제시하고 있다. 이 중 2종의 교과서(D, E)에서는 간이분광기 제작 방법이 소개되어 있다. 앞선 불꽃반응 실험과 연계하기 위하여 분광기를 이용한 선스펙트럼 관찰 실험을 불꽃반응 실험에 참여했던 서산시 소재의 A중학교 영재학급 1학년 15명 학생을 대상으로 A교과서의 탐구실험 활동을 참고로 실시하였다.

- 불꽃 장치 : 가스 토치
- 연료 : 뷰테인 가스
- 시료 주입방법 : 니크롬선
- 세척 방법 : 묽은 염산과 증류수
- 시료 상태 : 수용액
- 시료 : NaCl, KCl, SrCl<sub>2</sub>, CuCl<sub>2</sub>
- 스펙트럼 관찰 : 간이분광기

<그림Ⅳ-4>는 A교과서에서 제시한 간이분광기이다.



<그림 IV-4> A교과서의 간이분광기

#### (1) 스펙트럼 확인

A교과서는 <그림 IV-4>의 간이분광기를 이용하여 불꽃색을 관찰하고, 눈으로 직접 관찰했을 때와 비교하도록 되어있다. 또한, 간이분광기로 햇빛을 관찰하여 원소의 선스펙트럼과 햇빛의 연속 스펙트럼의 차이점을 비교하도록 되어있다. 하지만 모든 학생들이 원소의 선스펙트럼을 확인하지 못하였다.

#### (2) 교과서 실험 투여 결과 분석

학생들에게 교과서에서 제시된 방법대로 탐구 활동을 하여 탐구 보고서를 제출토록 한 뒤 그 결과를 분석하였다. 학생들이 제출한 탐구 보고서의 결과 부분은 <그림 IV-5>와 같다.

## 탐구결과 정리

1. 관찰한 선스펙트럼을 여러 색의 사인펜으로 그려보자.

원소	불꽃색	선스펙트럼
나트륨	노란색	실패
칼륨	보라색	모르겠어요
스트론튬	붉은색	TT
구리	청록색	

2. 간이 분광기를 이용하여 햇빛을 관찰하고, 관찰한 스펙트럼을 그려보자.

무지개 색이 보이는 것 같은데 못 그리겠어요.

<그림Ⅳ-5> 분광기 탐구 보고서 결과

간이분광기를 이용하여 원소의 선스펙트럼을 관찰하고 그림으로 그려보는 탐구에서, 모든 학생들이 선스펙트럼을 관찰하지 못하였다. 또한, 간이분광기로 햇빛을 관찰하는 과정에서 무지개 색이 보인다는 반응은 있었지만 이는 분광기와 눈 사이의 틈으로 들어간 빛에 의해 나타난 것이었다.

학생들이 원소의 선스펙트럼을 관찰하지 못한 이유를 조사하였더니, 모든 학생들이 간이분광기의 사용법을 모르겠다는 응답을 하였다. 이는 기존의 현미경이나 천체망원경을 통해 물체를 관찰하는 것에 익숙해져 있기 때문에 분광기로 불꽃을 보아도 보이지 않았던 것이다. 간이분광기는 선스펙트럼이 분광기 내부 측면에 보이기 때문에 관찰 방법을 모르는 상황에서는 스펙트럼을 볼 수 없었던 것이다.

## 2. 원소의 불꽃반응 실험 방법의 문제점 분석

원소의 불꽃반응 실험은 불꽃색과 간이분광기를 통한 선스펙트럼을 관찰하여 원소를 확인하는 실험이다. 따라서 불꽃 속에서 각 원소의 불꽃색과 선스펙트럼이 선명하게 나타나야 한다. 그러나 중학교 2학년 교과서에 제시되어 있는 실험기구와 실험방법으로는 정확한 불꽃반응 실험을 할 수 없으며, 교과서에 제시된 선스펙트럼을 확인할 수 없다. 이러한 문제점을 불꽃반응 실험과 선스펙트럼 관찰 실험에서 찾아 분석해 보았다.

### 1) 불꽃반응 실험

불꽃반응 실험에서 나타난 문제점은 정확한 불꽃색을 지속적으로 볼 수 없다는 것이다. 이를 각 교과서에서 제시한 실험 기구를 통해 분석해 보았다.

#### (1) 정확한 불꽃색을 볼 수 없다.

뷰테인가스를 연료로 사용하는 가스 토치를 불꽃 장치로 제시한 7종(A, B, D, E, F, G, I) 교과서의 경우 거의 무색의 겉불꽃을 사용하기 때문에 불꽃 장치에 의한 오류를 줄일 수 있는 장점이 있다. 하지만 수용액 상태의 시료를 주입하기 위해 니크롬선이나 백금 선을 사용하기 때문에 시료봉의 영향을 배제할 수 없다. 니크롬선이나 백금 선이 온도가 높은 토치의 겉불꽃 속에 있으면 빠른 시간에 붉게 달궈지기 때문에 시료의 불꽃색과 혼합되어 정확한 불꽃색을 관찰하기 어렵게 된다.

메탄올을 연료로 사용하는 석영 도가니에서 메탄올의 직접 연소로 불꽃이 나타나도록 제시한 C교과서의 방법에서는 시료봉을 사용하지 않기 때문에 위 7종의 교과서에서 제시한 방법과 차별화 된다. 하지만 메탄올 연소에 의해 발생되는 에너지로는 Li의 불꽃색을 확인하기가 어려운 한계가 있다.

미니 알코올램프를 불꽃 장치로 사용하는 H교과서의 방법에서는 메탄올을 연료로 사용하기 때문에 C교과서와 유사한 장점 및 한계점이 있다. 아울러

시료가 메탄올에 거의 녹지 않기 때문에 심지에 흡수되는 시료의 양이 적어 불꽃색이 강하게 나타나지 않는 문제점도 함께 가지고 있다.

## (2) 불꽃색을 지속적으로 볼 수 없다.

9종의 교과서에서 제시된 방법 중 불꽃색을 지속적으로 볼 수 있는 방법을 제시한 것은 C와 H교과서이다. 나머지 7종의 교과서는 시료봉에 묻어있는 시료가 가스와 함께 모두 연소되면 더 이상 시료에 의한 불꽃색을 볼 수 없게 된다. 하지만, C교과서에서 제시한 석영 도가니는 메탄올이 모두 연소될 때까지 불꽃색을 비교적 장시간 볼 수 있다. 또한, H교과서의 미니 알코올램프에서도 메탄올이 모두 연소될 때까지는 원소의 불꽃색을 볼 수 있다.

단순히 시료의 연소과정에서 나타나는 원소의 불꽃색만 확인한다면 7종의 교과서에서 제시한 가스 토치와 시료봉을 이용한 불꽃 장치로 가능할 수 있겠지만, 원소의 스펙트럼을 관찰하기 위해서는 불꽃색을 오랫동안 유지할 필요가 있다.

## 2) 선스펙트럼 관찰 실험

2009 개정 교육과정 2학년 과학과 9종의 교과서 중 H교과서를 제외한 8종에서 스펙트럼이 제시되어 있고, 7종에서 분광기나 분광기를 다루는 사진이 제시되어 있다. 이 중 6종에서 햇빛의 연속 스펙트럼과 원소의 선스펙트럼이 제시되어 있다. 8종 교과서 모두 원소의 선스펙트럼을 확인하는 이유를 불꽃 반응 실험에 의한 불꽃색으로 모든 원소를 구별하기 어렵다는 한계점으로 Sr과 Li원소의 불꽃색이 붉은색으로 같다는 것으로 설명하고 있다.

선스펙트럼 관찰 실험에서의 문제점을 분광기 사용 방법과 스펙트럼 관찰의 어려움으로 정리하였다.

### (1) 분광기 사용 방법의 어려움

선스펙트럼 관찰 실험에서 나타난 문제점은 분광기의 사용 방법을 모르면 스펙트럼 관찰이 불가능하다는 것이다. 그러나 D교과서를 제외한 8종 교과서에서는 분광기 사용 방법에 대한 내용이 제시되어 있지 않았다.

분광기의 사용 방법에 대하여 반드시 알아야 할 것을 두 가지로 정리하였다.

#### ① 분광기의 관찰 방향

학생들에게 분광기를 주었을 때, 분광기의 어느 쪽이 불꽃을 향하도록 해야 하는지부터 대부분의 학생들이 어려워했다. 분광기의 회절격자가 있는 부분을 눈 가까이 대고, 슬릿이 있는 부분을 불꽃을 향하도록 한다는 안내가 있어야겠다.

#### ② 스펙트럼의 생성 위치

대부분의 학생들이 현미경이나 망원경을 보는 방법대로 분광기를 보기 때문에 스펙트럼을 관찰하지 못하였다. 실제 스펙트럼은 분광기 내부의 양쪽 측면에 나타나기 때문에 이에 대한 설명이 없으면 스펙트럼을 관찰하기 어렵다.

### (2) 스펙트럼 관찰의 어려움

분광기 사용 방법에서 스펙트럼의 생성 위치를 알더라도 불꽃반응에서 원소의 선스펙트럼을 관찰하기에 어려움이 있다.

#### ① 짧은 연소 시간

7종의 교과서에서 제시한 불꽃반응 실험 방법으로는 시료를 묻힌 니크롬선을 토치의 겉불꽃에 넣은 후 5초 내외에서 원소의 불꽃색이 사라진다. 이는 분광기 사용이 익숙하지 않은 학생들의 경우 분광기를 눈에 대고, 슬릿부분을 불꽃에 향한 뒤 분광기 내부의 측면을 보는 시간이 다소 소요되기 때문에 스펙트럼을 관찰하더라도 아주 짧은 시간이 되거나 전혀 관찰하지 못하게 된다.

#### ② 측면에서 생기는 스펙트럼

분광기를 이용하여 원소의 선스펙트럼을 관찰하기 위해서는 슬릿부분을 불꽃에 향한 뒤 분광기 내부의 측면을 보아야 한다. 그러나 측면을 보기 위해 고개를 돌리는 과정에서 분광기가 움직이게 되기 때문에 불꽃색의 빛이 분광기 내부로 들어오지 않게 된다. 이 경우 선스펙트럼을 관찰할 수 없게 된다.



이상으로 살펴본 바에 의하면 교과서에 제시되어 있는 불꽃반응 실험은 학생들에게 올바른 실험 결과를 제공하지 못하고 있다. 특히 분광기 사용과 원소의 선스펙트럼 사진을 대부분의 교과서에서 제시하고 있지만, 이를 실험으로 확인하기 어렵다. 또한, 2종(D, E)의 교과서에서만 간이분광기를 제작하는 탐구 과정이 제시되어 있으나 이 두 교과서에서도 탐구 결과와 사진으로 제시된 선스펙트럼과는 차이점이 많은 것으로 나타났다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 학생들이 쉽게 사용할 수 있고 선명한 선스펙트럼을 관찰할 수 있도록 간이분광기를 제작할 필요가 있다.

### 3. 불꽃반응 실험 방법의 개선

#### 1) 불꽃반응 실험 장치

본 연구에서는 불꽃반응 실험 장치의 개선에 대한 부분은 다루지 않는다. 왜냐하면 교과서에 제시된 불꽃반응 실험 장치에 대한 문제점을 개선한 새로운 불꽃반응 실험 장치가 시판되고 있기 때문이다.

<그림 IV-6>은 S사의 진동자를 이용한 불꽃반응 실험 장치이다.



<그림 IV-6> 진동자를 이용한 불꽃반응 실험장치



교과서에 제시된 불꽃반응 실험 장치의 문제점과 S사에서 제작·판매되고 있는 “불꽃반응 실험장치”에서 개선된 점을 【표-7】에서 정리하였다.

【표-7】 교과서 실험 장치의 문제점과 S사 실험 장치의 개선점

요 소	교과서 실험 장치의 문제점	S사 실험 장치의 개선점
시료봉	시료봉의 불꽃색에 의해 주황색을 뱀	시료봉을 사용하지 않음
연소 시간	시료의 연소 시간이 짧아 불꽃색 및 스펙트럼 관찰이 어려움	지속적인 시료 공급 및 긴 연소시간을 가짐
공급 에너지	메탄올을 연료로 하여 에너지가 낮음	뷰테인가스 포켓 토치를 사용하여 에너지가 높음
시료의 혼입	시료봉을 깨끗이 세척하지 않으면 불꽃색이 섞임	시료의 종류별로 실린더를 마련함
안전성	시료가 튀어 실험대가 지저분해지고 위험함	시료가 증기화 되어 배출되므로 안전함
실험 세트	불꽃장치, 연료, 시료봉, 시료 등 분리되어 있음	모든 장치가 세트화 되어 있음

【표-7】에서 살펴본 바와 같이 S사의 불꽃반응 실험 장치는 분광기를 이용한 원소의 선스펙트럼을 관찰하기에 충분히 개선되어 있기 때문에 이 후의 연구 과정에서 선스펙트럼 광원장치와 함께 계속 사용하였다.

## 2) 새로운 간이분광기 제작

뚜렷한 선스펙트럼을 관찰하기 위해 간이분광기는 여러 가지 조건을 갖추어야 한다. 먼저 슬릿의 정교함과 간격, 회절격자 필름(grating sheet)의 분해

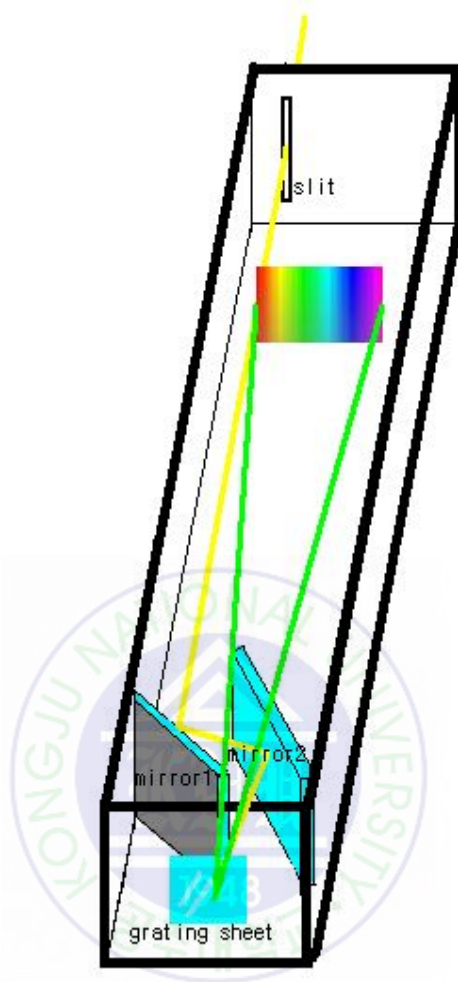
능이 있다.

슬릿은 빛이 통과하는 부분이 일직선이 되어야 하며 이물질이 묻어 있지 않도록 해야 한다. 슬릿의 모양이 선스펙트럼에서 나타나는 선의 모양이 되기 때문에 휘어진 모양의 슬릿에서는 휘어진 모양의 선이 스펙트럼으로 나타나게 된다. 또한 슬릿의 길이에 따라 스펙트럼 선의 길이가 달라지므로 전체 분광기의 크기와 맞추어 길이도 고려해야 한다. 슬릿의 간격은 선스펙트럼에서 선의 굵기 및 전체 스펙트럼의 좌우 폭과 관련된다. 하지만, 전체 스펙트럼의 폭을 넓게 하기 위하여 슬릿의 간격을 넓게 하면 빛의 분산이 잘 이루어지지 않으며, 슬릿의 간격을 너무 좁게 하면 전체 스펙트럼의 폭이 좁으며 분산이 잘 이루어지지 않아 선의 간격이 좁게 된다. 또한, 빛의 양이 적어 스펙트럼이 희미해질 수 있다.

선명한 스펙트럼을 얻기 위해서는 회절격자 또한 중요하다. 빛을 잘 분산시킬 수 있는 회절격자 필름을 선택해야 하며, 분광기 제작 시 휘어지지 않도록 편평하게 부착해야 한다. 또한, 필름에 이물질이 묻지 않도록 유의해야 한다.

하지만, 이러한 조건은 분광기의 성능을 높여 정밀하고 선명한 선스펙트럼을 얻기에는 좋지만, 학교현장에서 학생들이 실험 수업에서 개별적으로 다루기에는 경제적이지 못하다. 따라서 본 연구에서 제작한 간이분광기에는 양면 먼도날을 세로로 잘라 날 부분을 이용하여 슬릿을 제작하고, 쉽게 구입 가능한 회절격자 필름을 사용하였기 때문에 필요에 따라 직접 제작이 가능하다.

<그림Ⅳ-7>는 본 연구에서 제작한 간이분광기의 모식도이다.

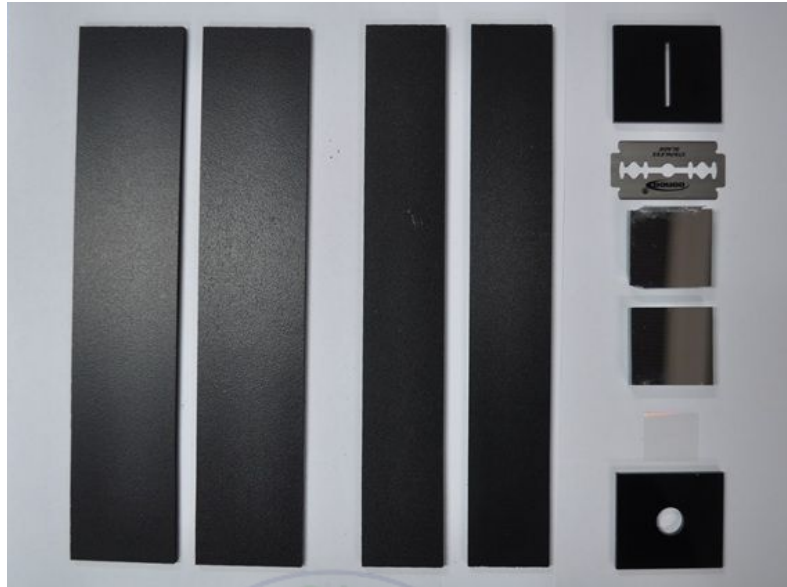


<그림 IV-7> 간이분광기 모식도

#### (1) 간이분광기의 구조

전체 분광기의 모양은 직육면체를 이룬다. 이는 기존 간이분광기의 모양이 원기둥이므로, 모양의 큰 변화에 따른 혼란을 줄이기 위함이다. 또한, 내부에 구성될 거울의 부착을 용이하게 하며, 보관의 편리성과 관찰 시 슬릿의 방향을 정확하고 빠르게 위치시키기 위해서이다.

<그림 IV-8>은 간이분광기를 이루는 구성 재료이다.



<그림Ⅳ-8> 간이분광기 구성 재료

간이분광기의 외부모양을 이루는 것은 포맥스 재질로 종이보다 단단하여 전체 형태를 유지하여 내부 구성 부품을 잘 고정시킬 수 있으며, 재단이 용이하다. 상판과 하판의 규격은 가로 40mm, 세로 200mm, 두께 3mm이며, 측면은 가로 30mm, 세로 200mm으로 하였다. 슬릿과 회절격자 부분은 정밀하게 재단해야 되므로 레이저 가공이 되는 아크릴 재질이며 전체 규격은 가로 40mm, 세로 36mm, 두께 3mm이다. 슬릿 부분의 홈은 가로 2mm, 세로 24mm이며, 회절격자 부분의 원형 홈은  $\varnothing 10\text{mm}$ 로 하였다. 그리고 포맥스와 아크릴의 색은 빛의 투과 및 반사를 방지하기 위해 검정색으로 하였다.

내부 구성 재료에는 슬릿을 이루는 양면 면도날, 회절격자, 광학용 거울 두 개가 있다. 양면 면도날은 세로로 반을 자른 뒤 슬릿의 세로 길이에 맞추어 가위로 잘라 조절하였고, 투명 아세테이트 필름으로 폭 1mm에 1,000개의 좁은 간격의 홈을 가지는 회절격자를 가로 22mm 세로 18mm 규격으로 하였다. 광학용 거울은 가로 30mm, 세로 28mm의 규격으로 하였다.

## (2) 간이분광기의 주요 부품

이 간이분광기의 핵심 구성 부품은 광학용 거울 두 개이다. 우선 거울을

사용한 목적과 거울 중에서 광학용 거울을 사용한 이유는 다음과 같다.

#### ① 거울 사용 목적

기존 간이분광기를 이용하여 원소의 선스펙트럼을 관찰할 때 가장 큰 문제점은 스펙트럼이 분광기 내부 측면에 허상으로 나타나는 것이다. 이로 인해 학생들이 스펙트럼을 찾는데 시간이 걸리거나, 스펙트럼을 찾는 과정에서 분광기가 흔들려 빛이 슬릿으로 들어오지 않아 관찰 결과를 올바르게 얻을 수 없었다. 이러한 문제점에 대한 해결점을 <그림Ⅱ-5>에서 보았던 선스펙트럼 형성과정에서 찾았다. 회절격자에 수직으로 입사하는 빛에 의해 생기는 두 개의 스펙트럼 허상은 좌우에 형성된다. 그러나 슬릿을 통과한 빛이 회절격자에 비스듬히 입사하면 허상의 스펙트럼은 회절격자 정면에서 관찰할 수 있게 된다. 즉 분광기 내부에서 빛을 반사시켜 회절격자에 비스듬히 입사되도록 하기 위해서는 거울이 필요하다. 또한, 스펙트럼의 색 순서를 고려하여 빛이 좌측에서 비스듬히 입사시키기 위해 거울을 두 개 사용하였다. 하나의 거울을 사용하면 스펙트럼의 좌우가 바뀌게 되고, 회절격자를 통해 슬릿을 통과한 빛이 직접 보이기 때문에 두 개의 거울을 사용하였다.

#### ② 광학용 거울을 사용한 이유

일반 거울을 사용할 경우 거울 표면에 따라 달라질 수 있지만, 반사율이 80% 중후반이라고 한다. 하지만 광학용 거울(전반사 거울)은 반사율이 94~99%까지 되므로 빛의 손실이 거의 없다. 또한, 일반 거울은 빛이 반사될 때 다음과 같은 경로를 가진다.

공기 → 유리 → 반사면 → 유리 → 공기

이러한 경로를 지난 빛에 의해 나타난 상은 고스트 현상으로 흐릿하게 이중으로 보이게 된다. 하지만, 광학용 거울을 사용하면 입사되는 빛이 유리를 통과하기 전에 금속 박막에 반사되므로 고스트 현상이 일어나지 않는다.

### (3) 간이분광기의 제작 과정

간이분광기의 제작 순서는 제작의 편의성을 위해 다음과 같이 정하였다.

#### ① 간이분광기 구성 재료 준비

앞에서 보았던 <그림Ⅳ-8>과 같이 간이분광기의 구성 재료를 준비한다.

#### ② 슬릿 제작

<그림Ⅳ-9>와 같이 슬릿을 제작한다.

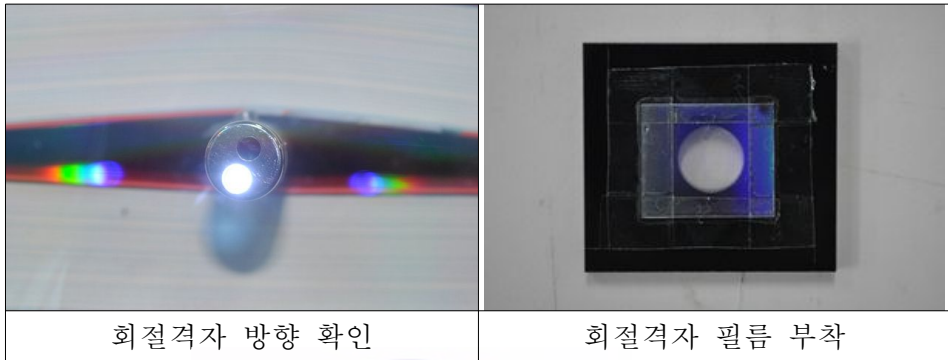


<그림Ⅳ-9> 슬릿 제작

양면 면도날을 세로로 자른 뒤 아크릴판 홈의 세로 규격에 맞추어 길이를 28mm로 자른 다음 날 부분을 마주보도록 아크릴 판에 부착한다. 이 때 면도날 슬릿의 간격은 0.8mm로 굵기를 동일하게 한다.

### ③ 회절격자 필름 부착

<그림Ⅳ-10>과 같이 회절격자 필름을 붙여서 분광기의 앞면을 제작한다.

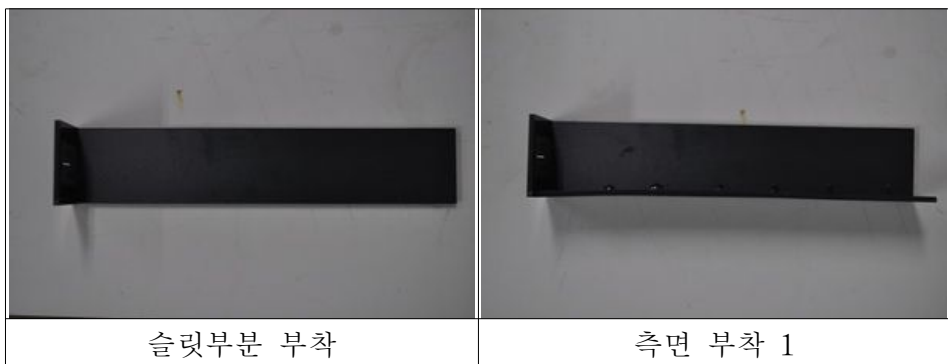


<그림Ⅳ-10> 회절격자 부분 제작

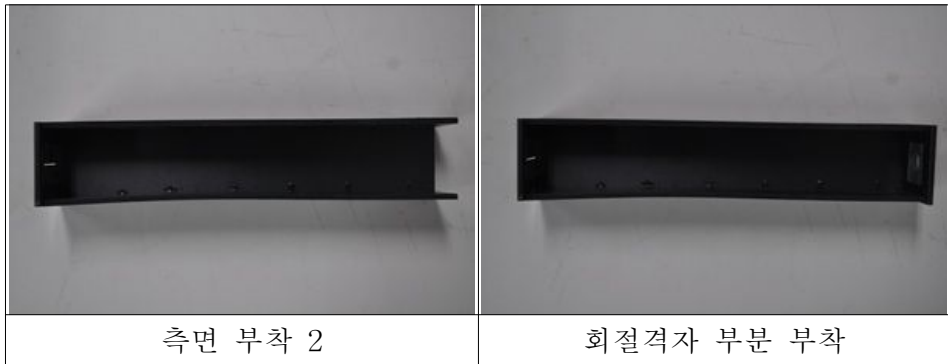
회절격자 필름이 편평하도록 아크릴에 부착한다. 이 때 격자 선이 세로가 되도록 부착하여야 하는데, 필름조각을 재단할 때 격자 선을 세로로 하여 직사각형 모양으로 자르면 된다. 격자 선이 세로가 되는 것을 확인하는 방법은 미니 LED 손전등을 필름에 비추었을 때 무지개의 스펙트럼이 좌우에 나타나는 방향으로 한다.

### ④ 분광기 상자 제작

<그림Ⅳ-11>과 같은 순서로 분광기 상자를 제작한다.







<그림 IV-11> 분광기 상자 제작

⑤ 광학용 거울 부착

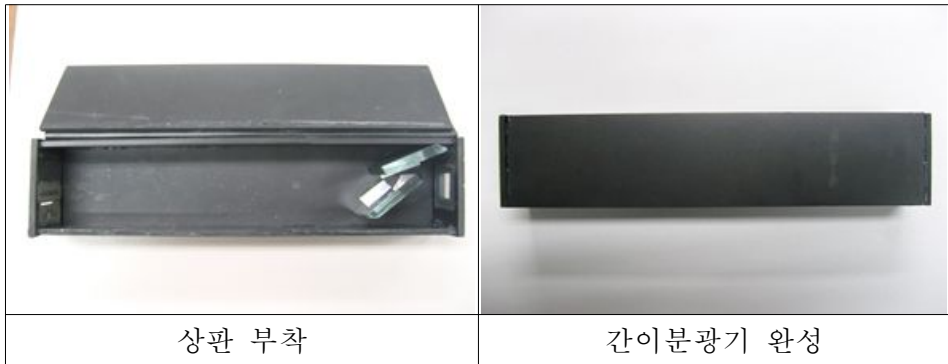
<그림 IV-12>와 같이 광학용 거울 두 개를 부착한다.



<그림 IV-12> 광학용 거울 부착

⑥ 간이분광기 완성

마지막으로 <그림 IV-13>과 같이 분광기 상자의 상판을 붙이고, 검정색 절연테이프로 모서리 부분을 마감한다. 이는 모서리 부분으로 조금의 빛이 들어가더라도 스펙트럼 관찰에 혼란이 있기 때문이다.



<그림Ⅳ-13> 간이분광기 제작 완성

#### 4. 개발한 간이분광기의 적용 및 결과 분석

개발한 간이분광기의 성능을 선스펙트럼 광원장치를 이용하여 확인한 후 학생들에게 원소의 선스펙트럼을 관찰하게 하였다. 그 결과는 다음과 같다.

##### 1) 간이분광기 성능 확인

선스펙트럼 광원장치를 이용하여 개발한 간이분광기의 성능을 확인하였다.


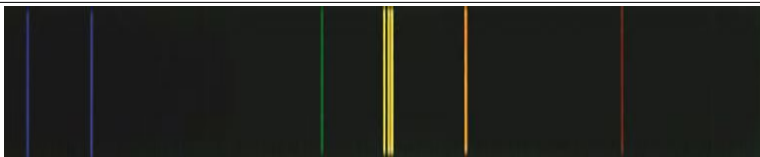

<그림Ⅳ-14>는 실험에 사용한 선스펙트럼 광원장치이다.



<그림Ⅳ-14> 선스펙트럼 광원장치

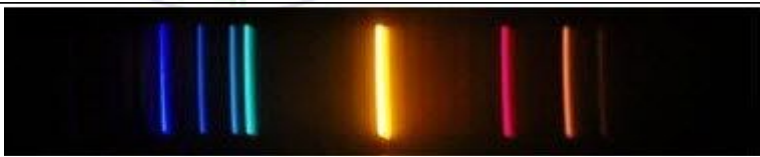

<그림Ⅳ-14>의 선스펙트럼 광원장치는 He, Hg, Ne 원소의 방전광이 나오며 이를 개발한 간이분광기를 이용하여 선스펙트럼을 관찰하였다.

<그림Ⅳ-15>는 He, Hg, Ne의 선스펙트럼이다.

원소	선스펙트럼
He	
Hg	
Ne	

<그림Ⅳ-15> He, Hg, Ne의 선스펙트럼

<그림Ⅳ-16>는 He, Hg, Ne 원소의 선스펙트럼 관찰 결과이다.

원소	선스펙트럼
He	
Hg	
Ne	

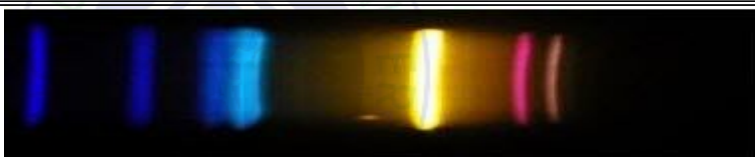


<그림Ⅳ-16> He, Hg, Ne의 선스펙트럼 관찰 결과

3종류 원소의 선스펙트럼이 선명하게 나타났다. 또한, 이 선스펙트럼은 분광기의 내부 정면에 나타났기 때문에 디지털카메라를 이용하여 촬영할 수 있었다.


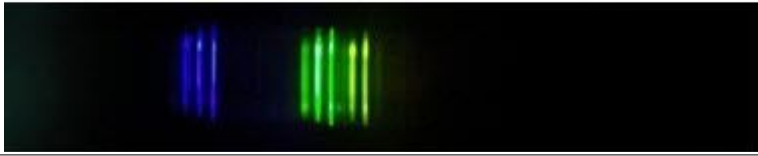
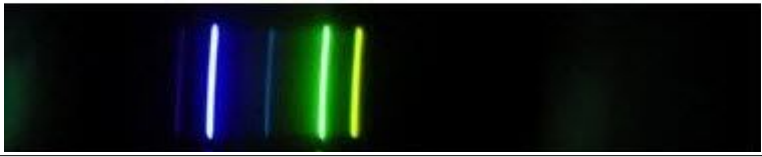
<그림Ⅳ-16>의 선스펙트럼은 디지털카메라로 촬영한 사진에서 선스펙트럼 부분만 잘라 나타낸 것이다. 실제 눈으로 관찰한 것보다 사진으로 나타난 선스펙트럼은 좀 더 희미하였고, 선의 개수가 적었다.

개발한 간이분광기의 성능을 비교하기 위해 시판되는 직시분광기와 일반 거울을 부착한 간이분광기를 이용하여 He, Hg, Ne의 선스펙트럼을 관찰하였다.

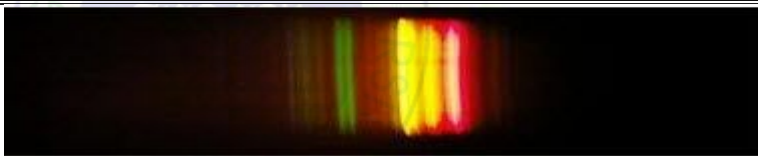


분광기의 종류에 따른 He의 선스펙트럼 결과는 <그림Ⅳ-17>, Hg의 선스펙트럼 결과는 <그림Ⅳ-18>, Ne의 선스펙트럼 결과는 <그림Ⅳ-19>과 같다.

원소 분광기	He
직시 분광기	
일반 거울 분광기	
광학용 거울 분광기	

<그림Ⅳ-17> 분광기의 종류에 따른 He의 선스펙트럼 관찰 결과

원소 분광기	Hg
직시 분광기	
일반 거울 분광기	
광학용 거울 분광기	

<그림 IV-18> 분광기의 종류에 따른 Hg의 선스펙트럼 관찰 결과

원소 분광기	Ne
직시 분광기	
일반 거울 분광기	
광학용 거울 분광기	

<그림 IV-19> 분광기의 종류에 따른 Ne의 선스펙트럼 관찰 결과

공통적으로 직시분광기를 이용하여 관찰한 원소의 선스펙트럼은 빛의 양이 많아 밝게 보였지만, 선이 명확하지 못하고 뿌옇게 퍼져 보였다. 또한, 일반 거울을 부착하여 제작한 간이분광기는 고스트 현상이 나타났다. 광학용 거울을 부착하여 제작한 간이분광기는 선이 선명하고, 고스트 현상이 없었다.

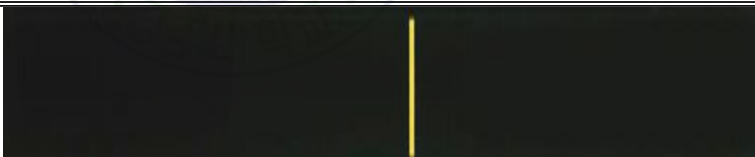
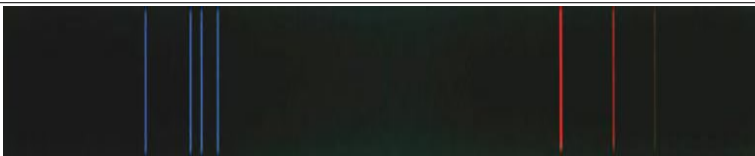
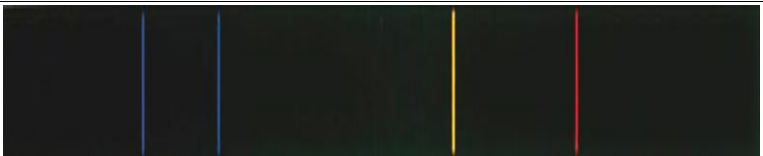
## 2) 간이분광기 실험 적용

학생들에게 이 연구에서 제작한 간이분광기를 이용하여 원소의 선스펙트럼을 관찰하도록 하였다.

- 실험 장치 : S사의 불꽃반응 실험장치
- 시료 공급 원리 : 진동자를 이용한 가습
- 시료 : NaCl, SrCl<sub>2</sub>, LiCl
- 스펙트럼 관찰 : 제작한 간이분광기

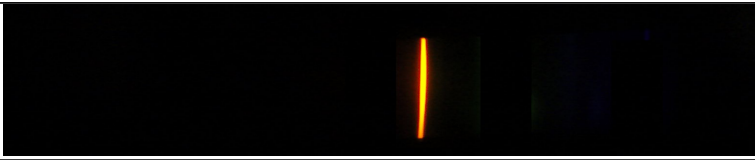
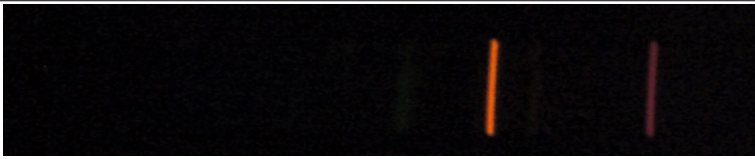
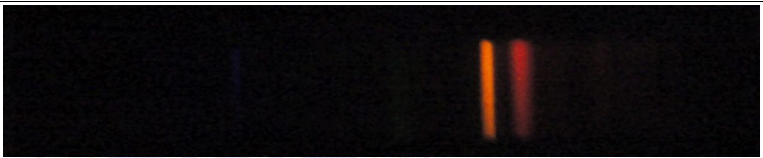
학생들에게 적용한 불꽃반응 실험장치는 진동자를 이용한 가습 원리로 증기화된 원소가 포켓 토치의 불꽃에 지속적으로 공급되었기 때문에 동일한 불꽃색이 오랫동안 유지 되었다.

<그림IV-20>은 Na, Sr, Li 원소의 선스펙트럼이다.

원소	선스펙트럼
Na	
Sr	
Li	

<그림IV-20> Na, Sr, Li의 선스펙트럼

<그림Ⅳ-21>은 제작한 간이분광기를 이용하여 관찰한 원소의 선스펙트럼이다.

원소	선스펙트럼
Na	
Sr	
Li	

<그림Ⅳ-21> NaCl, SrCl<sub>2</sub>, LiCl의 선스펙트럼 관찰 결과

실제 간이분광기를 통하여 눈으로 관찰한 선스펙트럼보다 사진으로 찍었을 때 선의 개수가 적게 나타났다. 이는 선명한 사진을 위해 카메라의 셔터스피드를 빠르게 조절한 관계로 카메라로 들어오는 빛의 세기가 약했기 때문으로 판단된다.

### 3) 간이분광기 실험 결과 분석

이 연구에서 제작한 간이분광기를 이용하여 원소의 선스펙트럼 관찰 실험을 실시한 후 제출한 학생들의 보고서를 분석하였다.

<그림Ⅳ-22>는 학생 보고서의 결과 부분이다.



### 🔍 탐구결과 정리

1. 관찰한 선스펙트럼을 여러 색의 사인펜으로 그려보자.

원소	불꽃색	선스펙트럼
나트륨	노란색	
스트론튬	붉은색	
리튬	붉은색	

2. 간이 분광기를 이용하여 햇빛을 관찰하고, 관찰한 스펙트럼을 그려보자.



<그림 IV-22> 원소의 선스펙트럼 관찰 보고서 결과

학생 보고서는 여러 가지 색의 사인펜으로 선스펙트럼을 그렸기 때문에 학생 수준에서 실제 관찰한 내용을 정확하게 표현하지 못할 수 있다. 그래서 좀 더 정확한 결과를 얻기 위해 인터뷰를 통해 이를 확인하여 【표-8】과 같이 분석하였다.

【표-8】 시료별 불꽃색의 선스펙트럼을 관찰한 학생 수

시료	선스펙트럼 확인 여부	
	확인한 학생 수	확인 못한 학생 수
NaCl	15	0
SrCl <sub>2</sub>	14	1
LiCl	12	3

NaCl의 경우 모든 학생이 선스펙트럼을 관찰하였다. SrCl<sub>2</sub>과 LiCl의 경우 선스펙트럼을 확인하지 못한 학생이 있으나 많은 학생들이 확인하였고, 이 중

상대적으로 선스펙트럼이 선명한  $\text{SrCl}_2$ 을 1명의 학생을 제외하고는 모두 관찰하였다.

불꽃색이 붉은색으로 비슷한  $\text{SrCl}_2$ 과  $\text{LiCl}$ 의 선스펙트럼을 정확하게 관찰하여 구분할 수 있는지를 알아보기 위해 선의 색과 개수를 확인하여 【표-9】 , 【표-10】 과 같이 분석하였다.

【표-9】  $\text{SrCl}_2$ 와  $\text{LiCl}$ 의 선스펙트럼 선의 색 관찰 학생 수

선의 색 \ 시료	$\text{SrCl}_2$	$\text{LiCl}$
빨강색	13	12
다홍색	9	8
주황색	12	9
파랑색	3	0
보라색	0	0

【표-10】  $\text{SrCl}_2$ 와  $\text{LiCl}$ 의 선스펙트럼 선의 개수 관찰 학생 수

선의 개수 \ 시료	$\text{SrCl}_2$	$\text{LiCl}$
5	5	0
4	7	0
3	1	5
2	0	7
1	0	0
0	1	3

$\text{SrCl}_2$ 와  $\text{LiCl}$ 의 선스펙트럼 선의 색 관찰 결과의 경우 학생마다 같은 색의 스펙트럼 선을 보더라도 표현을 다르게 하였다. 특히 주황색과 빨강색, 다

홍색을 잘 구분하지 못하였다. 하지만, 쉽게 선스펙트럼을 찾아 관찰하였다.

이러한 결과를 통해 제작한 간이분광기를 이용하여 모든 학생들이 NaCl의 선스펙트럼을 관찰하였으며, 대부분의 학생들이  $\text{SrCl}_2$ 과 LiCl의 선스펙트럼이 다르다는 것을 확인하였다.

#### 4) 간이분광기의 경제성

이 연구에서 제작한 간이분광기와 기존 간이분광기의 활용 측면에서의 경제성을 고려해보았다.

본 연구 과정에서 제작한 간이분광기의 핵심 재료인 광학용 거울은 폐사무기기(복사기, 레이저 프린터, 복합기 등)의 부품을 재활용할 수 있다. 따라서 학교에서 수업시간에 간이분광기를 제작하고자 할 때, 재활용 광학용 거울을 사용한다면 시중에서 구입할 수 있는 직시분광기보다 경제적이며 선명한 선스펙트럼을 확인할 수 있다. 한 학급 40명을 기준으로 제작비용을 산정한다면 【표-11】과 같다.

【표-11】 폐 사무기기 거울을 활용한 간이분광기 제작비용

재료명	비용	합 계
포맥스	15,000원	82,000원 (개당 2,050원)
그레이팅지	65,000원	
광학용 거울	무료	
접착제	2,000원	

## V. 결론 및 제언

### 1. 결론

2009 개정 교육과정 중학교 2학년 과학 교과서의 불꽃반응 실험과 간이분광기를 이용한 원소의 선스펙트럼 관찰 실험에서 문제점이 발견되어, 9종 과학 교과서를 분석하고 교과서 내용과 동일한 실험 결과를 얻을 수 있도록 실험 기구를 개선하기 위한 연구를 수행하였다.

7종 교과서(A, B, D, E, F, G, I)에서 제시한 불꽃반응 실험장치는 니크롬선이나 백금 선을 사용하여 시료를 공급하기 때문에 불꽃색이 섞일 수 있으며, 불꽃반응 시간이 짧아 간이분광기를 이용한 원소의 선스펙트럼 관찰에 어려움이 있었다.

서산시 소재 A중학교 영재학급 1학년 15명 학생을 대상으로 교과서에서 제시한 불꽃반응 실험을 수행한 결과 Na 원소의 불꽃색을 주황색으로 인식한 학생이 66.7%로 노란색(6.7%)보다 많았으며, K와 Sr 원소에 대한 불꽃색 확인에서도 주황색으로 인식한 학생의 비율이 높게 나타났다. 이는 노란색의 불꽃색이 니크롬선의 가열에 의한 주황색의 불꽃색과 섞여 버렸기 때문이었다. 또한, 간이분광기를 이용한 원소의 선스펙트럼 관찰 실험을 수행한 결과 모든 학생들이 선스펙트럼을 관찰하지 못하였다. 이는 학생들이 현미경이나 망원경을 보는 방법으로 간이분광기를 보았기 때문으로 파악되었다. 따라서 사용방법이 간단하며 원소의 선스펙트럼을 쉽게 찾을 수 있도록 간이분광기를 다음과 같이 개선하였다.

첫째, 개선한 간이분광기는 포맥스 재질로 가로40mm, 세로 200mm, 높이 36mm의 직육면체로 하였고, 슬릿은 양면 면도날의 날 부분을 마주보도록 하여 0.8mm 간격으로 제작하였고, 회절격자는 1mm에 1,000개의 홈을 가지는 투명 아세테이트 필름으로 하였다.

둘째, 간이분광기 내부에 광학용 거울을 두 개 부착하였다. 이 두 개의 거울은 슬릿을 통과한 빛을 반사시켜 회절격자에 비스듬히 입사되도록 함으로써

간이분광기 내부의 정면에서 스펙트럼이 형성되도록 하였다. 또한, 일반 거울에서 생기는 고스트 현상이 광학용 거울에서는 나타나지 않으므로 밝고 선명한 스펙트럼을 얻을 수 있도록 하였다.

이렇게 개선한 간이분광기의 성능을 확인하기 위해 선스펙트럼 광원장치를 이용하여 He, Hg, Ne의 방전광을 관찰하였으며, 그 결과 선명한 선스펙트럼을 분광기의 정면에서 관찰할 수 있었다. 또한, 직시분광기 및 일반 거울을 부착하여 제작한 간이분광기와 성능을 비교한 결과 직시 분광기는 프리즘을 사용하였기 때문에 스펙트럼이 밝지만 선명하지 못하였고, 일반 거울을 부착한 간이분광기는 고스트 현상으로 선이 여러 개로 겹쳐 보였다. 하지만, 광학용 거울을 부착하여 개선한 간이분광기는 선명한 스펙트럼을 얻을 수 있었다.

이렇게 개선한 간이분광기와 초음파 진동자를 이용한 가습 원리로 시료를 공급하는 S사의 불꽃반응 실험장치를 이용하여 학생들에게 Na, Sr, Li 원소의 선스펙트럼 관찰 실험을 실시한 결과 Na 원소의 선스펙트럼은 모든 학생이 관찰할 수 있었고, 일부 학생을 제외한 대부분의 학생들이 Sr과 Li 원소의 선스펙트럼이 다르다는 것을 확인할 수 있었다.

## 2. 제언

이 연구는 중학교 2학년 과학 교과서에서 제시한 불꽃반응 실험 중 간이분광기를 이용한 선스펙트럼 관찰 실험을 개선한 것으로, 사용의 편리성 및 안전성과 재현성 있는 탐구 실험이 가능하므로 실제 수업에 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 본 연구를 진행하면서 나타난 몇 가지 문제점을 바탕으로 다음과 같은 제언을 한다.

첫째, 연구에 사용한 간이분광기를 제작하는 과정에서 광학용 거울을 정밀하게 조절하는 부분이 고된 작업이었다. 두 개의 거울이 어떤 각도로 각각 배치되느냐에 따라 스펙트럼의 위치가 달라지기 때문에, 거울 배치의 규격화에 대한 연구가 계속되어야 한다.

둘째, 중학교 과학 수업에 적용하는 기구이므로 정밀성과 정확성의 확보가 미비하였다. 원소의 선스펙트럼에서 선의 색과 개수를 확인하여 교과서에서 제시한 것과 비교하는 수준으로는 만족하지만, 선의 간격까지 정확하게 맞추기는 어려운 점이 있었다. 이러한 점을 해결하기 위해 간이분광기의 크기와 연동하여 회절격자 선의 조밀도에 따른 분해능에 대하여 더 연구할 필요가 있다.

## 참 고 문 헌

- 1) 교육과학기술부(2011), 과학과 교육과정, 교육과학기술부 고시 제2011-361호.
- 2) 김영애(2005), 중학교 3학년 불꽃반응 실험 장치의 개선 연구, 한국교육원대학교 석사학위 논문.
- 3) 김영애, 이은경, 강성주(2005), 중학교 과학 교과서 불꽃반응 실험에서 선스펙트럼 관찰의 문제점 분석 및 개선 연구, 대한화학회지, 49(6).
- 4) 김종택, 김영수(1981), 불꽃반응 및 스펙트럼 관찰 기구 개발, 27회 전국과학전람회.
- 5) 김준태(2007), 어떻게 하면 원자의 불꽃반응 스펙트럼을 잘 관찰할 수 있을까?, 53회 전국과학전람회.
- 6) 김형곤, 신수민(2004), 초음파를 이용한 불꽃반응 연속 관찰장치 개발, 50회 전국과학전람회.
- 7) 민정숙(2009), 중등학교 과학과 ‘불꽃반응 실험’ 및 ‘샤를의 법칙 실험’에 대한 분석과 개선 방안 연구, 서울대학교 석사학위 논문.
- 8) 박동조(2000), 중학교 과학 교과서 중 원소의 불꽃반응과 확산실험의 분석 및 개선에 관한 연구, 한국교육원대학교 석사학위 논문.
- 9) 박천석, 박대식(1988), 연속 불꽃색 반응장치를 활용한 스펙트럼 촬영장치의 개발에 관한연구, 34회 전국과학전람회.
- 10) 박희송, 정대영, 신학수, 김재혁, 허성일, 조성이, 유종남, 이홍우, 김진영, 이성작, 최병수, 강석철, 오성환(2012), 중학교 과학2, (주)교학사.
- 11) 신영준, 진만식, 한문정, 이기영, 정은영, 강진철, 강석진, 손정우, 배영혜, 이봉우, 임희연, 하은선(2012), 중학교 과학2, (주)천재교과서.
- 12) 심중섭, 김현정(2006), 컴퓨터와 연결된 저렴한 손쉬운 교육용 분광기 제작, 52회 전국과학전람회.
- 13) 오수민, 박종원(2004), 손쉬운 분광기 제작을 통한 원소 스펙트럼의 정밀 분석, 50회 전국과학전람회.
- 14) 이규석, 김성진, 김태일, 안형수, 박가영, 최미화, 김홍석, 김혜경, 권효식, 박현영, 이재면, 오현선, 조현재, 윤현조, 정홍채, 이진우, 류형근, 최근수, 문무현, 오민재(2012), 중학교 과학2, (주)미래엔.



- 15) 이면우, 장병기, 류상호, 조용근, 노석구, 이재호, 장철한, 이병룡, 강희정, 한은경, 이성진, 김연귀, 이유진(2012), 중학교 과학2, (주)천재교육.
- 16) 이문원, 권석민, 김광수, 이효녕, 채광표, 곽영직, 강충호, 하윤경, 조은미, 조향숙, 권용주, 이일선, 김대준(2012), 중학교 과학2, (주)금성출판사.
- 17) 이상인, 조봉제, 전병희, 남경식, 황성용, 김영호, 어진영, 노동규, 김규태, 백승용, 김찬우, 김영귀, 박래원, 신석주, 권오성(2012), 중학교 과학2, (주)지학사.
- 18) 이진승, 감상협, 김호련, 김호성, 박권태, 박명숙, 박소영, 박연옥, 배미정, 송성재, 이세현, 임혁, 정대홍, 홍준의(2012), 중학교 과학2, (주)두산동아.
- 19) 임태훈, 노석호, 백종민, 이복영, 강대훈, 장효순, 김주성, 이용철, 황인신, 고현덕, 신미영(2012), 중학교 과학2, (주)비상교육.
- 20) 전재완(1994), 연속불꽃반응장치를 이용한 선스펙트럼의 TV화상분석, 40회 전국과학전람회.
- 21) 정시용, 전익환(1982), 불꽃반응실험장치, 28회 전국과학전람회.
- 22) 현종오, 김형석, 윤혜경, 강태욱, 최우석, 한인옥, 박미연, 김경숙, 지재화, 김병인, 김미경, 손연아, 이태원, 조현수, 박창용, 윤명섭, 이정은(2012), 중학교 과학2, (주)좋은책 신사고.
- 23) 홍장표(1981), 원소 불꽃반응 및 스펙트럼 관찰기, 27회 전국과학전람회.
- 24) Kristin A. Johnson & Rodney Schreiner(2001), A Dramatic Flame Test Demonstration, Journal of Chemical Education, 78.

## ABSTRACT

### A Study on Improvement of the Simple Spectroscope for Line Spectrum Observation on Flame Reaction Experiments of Science Textbooks in Middle School

HEON MOCK HA

*Department of Chemistry Education  
Graduate School of Education,  
Kongju National University,  
Gongju, Korea*

(Supervised by Professor HAI IL RYU)

The aim of this study is to find an improving way to get the same results of the flame reaction experiments using a simple spectroscope, analyzing a line spectrum as the contents of the middle school second grade science textbook.

As a result of analyzing the flame reaction experiments and a line spectrum observation experiments using a simple spectroscope provided by middle school second grade science textbook based on the 2009 revised

national curriculum, it is hard to observe a line spectrum by a simple spectrum as a short combustion and to identify the color of the flame.

No students participated in the experiments can observe the line spectrum as applying the results of the line spectrum observation experiments of atoms using a simple spectroscope and flame reaction experiments based on the textbook.

Students didn't know about forming the virtual images of the atoms line spectrum in the inner side of the simple spectroscope, so they couldn't observe the spectrums as they saw through a microscope and a telescope. To solve this problem, the simple spectroscope was made using a total reflection mirror.

The simple spectroscope was composed with 0.8mm spaced slits by cutting the both-sided blades, 1,000 transparent films with thin grooves using for diffraction gratings, and two pieces of total reflection mirrors.

Since two pieces of total reflection mirrors can let the light passing through the slits reflected and incidented aslant to the grooves, the line spectrum of the atom can be formed in the middle of the simple spectroscope. I could videotaped the formed line spectrum with a camera. Because the total reflection mirrors have high reflexivity and no ghost phenomena, I could get clear and vivid images of the line spectrum.

After I observed through the simple spectroscope with a discharge light of the atoms of He, Hg and Ne, I could get much clearer line spectrum than the direct vision spectrometer equipped by prism, and make certain there were no ghost phenomena appeared in a simple spectroscope using normal mirrors.

As applying the line spectrum observation experiments of Na, Sr, Li using the simple spectroscope made by flame reaction equipments provided

a sample ore continuously by the principle of humidification using ultrasonic oscillator to the students, I've got the same results of the atom line spectrum as those in the textbook.

---

\* A thesis submitted to the committee of Graduate School of Education, Kongju National University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Education Conferred in February 2014.

