



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

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

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 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](#)

전구의 전기적·광학적 특성에 대한 과학교육적 연구

김석주

2012년

석사학위논문

전구의 전기적·광학적 특성에 대한  
과학교육적 연구

A Study on the Electrical and Optical  
Characteristics of Light Bulbs in Aspect of  
Science Education

제주대학교 교육대학원

초등과학교육전공

김 석 주

2012년 8월





석사학위논문

전구의 전기적·광학적 특성에 대한  
과학교육적 연구

A Study on the Electrical and Optical  
Characteristics of Light Bulbs in Aspect of  
Science Education

제주대학교 교육대학원

초등과학교육전공

김 석 주

2012년 8월

전구의 전기적 · 광학적 특성에 대한  
과학교육적 연구

A Study on the Electrical and Optical  
Characteristics of Light Bulbs in Aspect of  
Science Education

지도교수 현 동 결

이 논문을 교육학 석사학위 논문으로 제출함

제주대학교 교육대학원

초등과학교육전공

김 석 주

2012년 5월

김 석 주의

교육학 석사학위 논문을 인준함

심사위원장 \_\_\_\_\_ 인

심사위원 \_\_\_\_\_ 인

심사위원 \_\_\_\_\_ 인

제주대학교 교육대학원

2012년 6월

# 목 차

국문 초록 .....	i
<b>I. 서론</b> .....	1
1. 연구의 필요성 및 목적 .....	1
2. 백열전구 .....	4
3. 전구와 관련된 과학과 교육과정에서 발생하는 문제들 .....	6
4. 전구 관련 오개념 .....	8
5. 연구 문제 .....	10
<b>II. 실험</b> .....	11
1. 시료 및 측정 기기 .....	11
2. 전기적 특성 실험 .....	11
3. 광학적 특성 실험 .....	14
<b>III. 결과 및 논의</b> .....	17
1. 전구의 전기적 특성 .....	17
2. 전구의 광학적 특성 .....	35
<b>IV. 결론</b> .....	58

참고 문헌 ..... 60

ABSTRACT ..... 63

## 표 목 차

〈표 III-1〉 각 규격별 전구들의 실온저항 측정값 .....	18
〈표 III-2〉 도해법과 옴의 법칙을 통해 구한 전구에 인가된 전압에 .....	25
따른 1.5 V - 0.3 A 4번 전구 저항	
〈표 III-3〉 도해법과 옴의 법칙을 통해 구한 전구에 인가된 전압에 .....	29
따른 3.5 V - 0.3 A 1번 전구 저항	
〈표 III-4〉 도해법과 옴의 법칙을 통해 구한 전구에 인가된 전압에 .....	33
따른 6 V - 0.15 A 7번 전구 저항	
〈표 III-5〉 각 규격별 전구의 점등점에서 인가한 전압 .....	35
〈표 III-6〉 각 규격별 전구의 점등점에서 전구에 흐르는 전류 .....	38
〈표 III-7〉 각 전구별 점등 임계전력 .....	42
〈표 III-8〉 1.5 V - 0.3 A 4번 전구에 인가한 전압에 따른 조도 .....	46
〈표 III-9〉 3.5 V - 0.3 A 1번 전구에 인가한 전압에 따른 조도 .....	50
〈표 III-10〉 6 V - 0.15 A 7번 전구에 인가한 전압에 따른 조도 .....	53

## 그림 목 차

[그림 I-1] 전구 구조 .....	4
[그림 II-1] 전구에 인가한 전압에 따른 전구에 흐르는 전류를 측정하기 위한 실험의 회로도	13
[그림 II-2] 전구에 인가된 전압에 따른 전구의 밝기를 측정하기 .....	15
위험 실험의 회로도	
[그림 III-1] 1.5 V - 0.3 A 전구들의 실온저항 .....	18
[그림 III-2] 3.5 V - 0.3 A 전구들의 실온저항 .....	19
[그림 III-3] 6 V - 0.15 A 전구들의 실온저항 .....	19
[그림 III-4] 1.5 V - 0.3 A 전구들에 정격전압 인가시 저항 .....	21
[그림 III-5] 3.5 V - 0.3 A 전구들에 정격전압 인가시 저항 .....	21
[그림 III-6] 6 V - 0.15 A 전구들에 정격전압 인가시 저항 .....	22
[그림 III-7] 1.5 V - 0.3 A 1번, 4번, 7번 전구 V-I 그래프 .....	23
[그림 III-8] 1.5 V - 0.3 A 4번 전구 V-I 그래프 .....	24
[그림 III-9] 저항이 28 Ω인 고정저항기 V-I 그래프 .....	24
[그림 III-10] 도해법과 옴의 법칙으로 구한 1.5 V - 0.3 A .....	26
4번 전구 저항 비교	
[그림 III-11] 3.5 V - 0.3 A 1번, 7번, 9번 전구의 V-I 그래프 .....	27
[그림 III-12] 3.5 V - 0.3 A 1번 전구 V-I 그래프 .....	28
[그림 III-13] 도해법과 옴의 법칙으로 구한 3.5 V - 0.3 A .....	30
1번 전구 저항 비교	
[그림 III-14] 6 V - 0.15 A 5번, 6번, 7번 전구의 V-I 그래프 .....	31
[그림 III-15] 6 V - 0.15 A 7번 전구 V-I 그래프 .....	32

[그림 III-16] 도해법과 옴의 법칙으로 구한 6 V - 0.15 A .....	34
7번 전구 저항 비교	
[그림 III-17] 1.5 V - 0.3 A 전구의 점등전 전압 .....	36
[그림 III-18] 3.5 V - 0.3 A 전구의 점등점 전압 .....	36
[그림 III-19] 6 V - 0.15 A 전구의 점등점 전압 .....	37
[그림 III-20] 각 전구별 점등점 전압 분포 .....	38
[그림 III-21] 1.5 V - 0.3 A 전구의 점등점 전류 .....	39
[그림 III-22] 3.5 V - 0.3 A 전구의 점등점 전류 .....	39
[그림 III-23] 6 V - 0.15 A 전구의 점등점 전류 .....	40
[그림 III-24] 각 전구별 점등점 전류 분포 .....	41
[그림 III-25] 1.5 V - 0.3 A 전구의 점등 임계전력 .....	42
[그림 III-26] 3.5 V - 0.3 A 전구의 점등 임계전력 .....	43
[그림 III-27] 6 V - 0.15 A 전구의 점등 임계전력 .....	43
[그림 III-28] 각 규격별 점등점 임계전력 분포 .....	44
[그림 III-29] 1.5 V - 0.3 A 1번, 4번, 7번 전구에 인가한 전압에 .....	46
따른 조도	
[그림 III-30] 1.5 V - 0.3 A 4번 전구에 인가한 전압에 따른 조도 .....	47
[그림 III-31] 1.5 V - 0.3 A 4번 전구에 흐르는 전류에 따른 조도 .....	48
[그림 III-32] 1.5 V - 0.3 A 4번 전구에 소모되는 전력에 따른 조도 .....	48
[그림 III-33] 3.5 V - 0.3 A 1번, 4번, 7번 전구에 인가한 전압에 .....	49
따른 조도	
[그림 III-34] 3.5 V - 0.3 A 1번 전구에 인가한 전압에 따른 조도 .....	50

[그림 III-35] 3.5 V - 0.3 A 1번 전구에 흐르는 전류에 따른 조도 .....	51
[그림 III-36] 3.5 V - 0.3 A 1번 전구에 소모되는 전력에 따른 조도 .....	52
[그림 III-37] 6 V - 0.15 A 5번, 6번, 7번 전구에 인가한 전압에 .....	53
따른 조도	
[그림 III-38] 6 V - 0.15 A 7번 전구에 인가한 전압에 따른 조도 .....	54
[그림 III-39] 6 V - 0.15 A 7번 전구에 흐르는 전류에 따른 조도 .....	55
[그림 III-40] 6 V - 0.15 A 7번 전구에 소모되는 전력에 따른 조도 .....	55
[그림 III-41] 각 규격별 대표 전구와 비슷한 임계전력을 갖는 전구들의 ...	56
임계전력 분포	

## 사 진 목 차

[사진 II-1] 전구의 상온저항을 구하기 위한 실험 .....	12
[사진 II-2] 전구에 인가한 전압에 따른 전구에 흐르는 전류 측정 실험	13
[사진 II-3] 전구에 인가한 전압에 따른 전구의 밝기를 측정하기 .....	15
위한 실험	

## 국 문 초 록

# 전구의 전기적·광학적 특성에 대한 과학교육적 연구

김 석 주

제주대학교 교육대학원 초등과학교육전공  
지도교수 현 동 결

본 연구는 초등학교 과학과 교육과정 전기 관련 실험수업에서 전구의 밝기가 같아야 하는 실험에서 밝기가 다르거나 한 쪽 전구에 불이 아예 들어오지 않는 것과 같은 예상과 다른 결과가 발생하는 문제들의 원인이나 이유들을 실험적으로 밝히는 것과 교사들에게 전구에 대한 배경적인 과학지식을 제공하는 것을 목적으로 하였다.

본 연구 결과는 다음과 같다.

첫째, 같은 규격의 전구들 일지라도 상온에서 저항, 전압 인가시 전구의 저항 다를 수 있다는 것이다. 전구 밝기를 결정하는 전력이 전구의 저항에 영향을 받기 때문에 저항이 다르면 또한 전구의 밝기도 달라질 수 있다.

둘째, 전구의 저항이 다름에 의하여 그 전류-전압 특성도 달라진다. 상온에서 저항이 같다고 하더라도 전압에 따른 전류 그래프가 다양하게 나왔고 전구가 옴의 법칙을 따르지 않는 비선형 소자임을 실험을 통해 보임과 동시에 전압에 따른 저항들을 도해법을 사용하여 측정하고 제시하였다.

셋째, 전구의 점등에는 어떤 임계전력이 필요하며, 임계전력 이하의 전류와 전압에서는 전구에 전류가 흐르거나 전압이 인가되더라도 점등되지 않는다는 것을 실험적으로 보였다. 따라서 전구를 직렬로 연결할 때 한 쪽 전구는 저항이 커서 전구에 임계전력보다 높은 전력이 소비되고 다른 쪽은 상대적으로 저항이 작아 전구가 소비하는 전력이 임계전력보다 낮다면 한 쪽만 불이 켜지는 현상이 일어나게 된다. 이는 전구의 저항 차이와 이로 인해 전구에서 소비되는 전력의 차이로 해석할 수 있다.

넷째, 전구의 밝기는 전력에 비례한다. 전구의 밝기는 전구에 흐르는 전류뿐만 아니라 전구의 저항, 전구에 인가되는 전압과 그로 인해 전구에서 소비되는 전력에 영향을 받는다는 것을 실험을 통해 검증하였는데 이는 전류나 전압이 전구의 밝기를 결정한다는 교사들의 오개념을 바로 잡아 줄 것이다.

다섯째, 전구들의 전기적, 광학적 특성은 같은 규격일지라도 다르다. 상온에서 저항이 일정하지 않았고, 점등되는 전압과 전류가 일정하지 않았다. 인가한 전압에 따른 전구에 흐르는 전류도 같은 규격 전구라 할지라도 조금씩 차이가 났다. 같은 규격에서 인가한 전압, 전구에 흐르는 전류에 따른 조도도 차이가 났다. 이러한 것이 원인이 되어 전구를 이용한 과학과 전기 관련 실험 수업에서 예상과 다른 문제들이 발생한다고 할 수 있겠다.

주요어 : 실험수업, 전구, 저항, 조도, 도해법, 임계 전력

# I. 서 론

## 1. 연구의 필요성 및 목적

빛을 내는 방법에는 물체에 열을 가하여 온도를 높이는 방법과 열을 가하지 않고 빛을 내는 방법의 두 가지가 있다. 전자는 온도복사라고 하고 후자를 루미네센스(luminescence)라 하며 냉광(冷光)이라고도 한다. 온도복사로 빛을 내는 대표적인 것이 백열전구이다(이육, 2002). 초등학교 전기 관련 단원에서 활용되는 꼬마 전구라고 부르는 전구도 텅스텐 필라멘트를 가열하여 열과 빛을 내는 일종의 백열전구이다.

전구는 과학교육에서 전기 관련한 중요한 개념들을 학습시키기 위해 전지와 함께 단순 전기회로를 구성하는 필수적인 전기소자이며, 전기에 대한 개념 교육은 초등학교 저학년에서 ‘전구에 불 켜기’에서부터 시작된다고 할 수 있다. 이러한 전구는 추상적이어서 이해하기가 어려운 전류, 전압, 저항, 전력, 전기에너지 등의 전기에 대한 기본적인 개념들과 법칙들을 현상적으로 구체화시키는 중요한 도구이며 수단으로 중요하게 활용되고 있다(현동걸과 박상우, 2012).

과학교육에서 전구는 전기 에너지를 빛이나 열에너지 형태의 에너지로 변환시키는 부하로서 그 본연의 기능과 전류의 흐름을 억제하는 저항체로서의 기능, 전구에 불이 켜짐과 불이 켜지지 않음의 구별을 통하여 전기회로가 닫힌 상태인가 열린 상태인가를 확인하거나, 물체가 도체인지와 부도체인지 구별하는 검류계의 기능, 전구의 밝기 차이를 현상중심으로 관찰함에 의하여 전기회로에 흐르는 전류의 크기를 어렵하게 하는 전류계의 기능으로도 매우 중요하게 활용되고 있다.

우리나라의 초등학교 전기 관련 교육 내용은 ‘전구와 전지’, ‘전기회로’, 그리고 ‘전류와 자기장’에 대한 것으로, 탐구중심의 제3차 과학과 교육과정이 실시된 이래 교육과정이 개편될 때마다 단원의 명칭을 다소 달리하지만 그 내용은 거의 변화가 없이 이어져 오고 있다. 또한 이에 대한 내용들은 각 과학과 교육과정의 3학년 이상에서 한 단원씩 설정하여 전기 관련 개념 지도의 연계성을 유지해 왔다.

그러나 교육과정의 개편에 관계없이 실험수업에서 전구에 관련하여 거의 같은 문제들이나 어려움들이 나타난다는 것이다. 박종욱과 김선자(1996)는 과학과 제5

차 교육과정의 전기 관련하여 전구의 밝기를 비교하는 실험수업에서 발생하는 문제들로 관찰되는 전구의 밝기의 차이가 예상과 다르게 ‘미세한 차이’, ‘불분명’, ‘전혀 다른 결과’ 등을 보고하였다. 정수현(2005)은 과학과 제7차 교육과정의 전기 관련 실험수업에서 발생하는 문제들을 박종욱과 김선자(1996)와 같은 방법으로 분석한 결과를 보고하였는데, 과학과 제7차 교육과정의 전기 관련 실험수업에서도 발생하는 문제들이 박종욱과 김선자(1996)가 보고한 결과 대체적으로 같은 유형이었다. 이미경(2007)은 전기회로에 직렬로 연결된 전구의 밝기가 예상과 다르게 차이가 나는 문제를 실험수업에서 교사들을 어렵게 하는 돌발 상황으로 지적하고 교사들의 대처방안을 조사한 바가 있다. 강진필(2004)은 이러한 전기 관련 실험수업에서 문제들의 원인으로 전구나 전지들의 기자재 불량으로 분석하였다.

과학교육이란 학생들의 과학지식, 탐구능력, 과학태도를 최대한 향상하도록 도와주는 활동이다. 효율적인 과학교육은 학생, 과학교사, 과학내용들 간의 의미있는 상호작용이 이루어질 때만이 가능하다. 이를 위하여 과학교사는 학습 주체인 학생에 대한 본질적인 이해뿐만 아니라 과학내용에 대한 올바른 지식이 갖추어져야 한다. 교사가 잘못된 개념을 가지고 있음으로 인해 교사와 학생들 간의 교수-학습 활동에 의하여 개념을 획득하는 과정에서 학생들의 오개념을 형성시킬 수도 있다(권재술과 김범기, 1993). 교사들과 초등학생들이 지니는 단순 전기회로에 대한 오개념에 대한 많은 연구들은 전구에 대해서도 적지 않은 오개념을 지니고 있음을 시사하고 있다(김찬호, 1993; 최은정 등, 2006).

과학과 교육과정에서는 너무 추상적이어서 이해하기가 어려운 전기에 대한 개념들을 현상적으로 지각할 수 있는 전구의 밝기를 매개로 구체적으로 학습하게 하는 것이 공통적이다. 그러나 이러한 매개가 또 다른 오해를 일으킬 수 있는 소지가 다분하다는 것이다. 초등학생들은 전구가 없이 전선으로만 전지의 양극과 음극을 연결한 전기회로에는 전류가 흐르지 않는다는 생각을 한다. 그 이유는 전구가 없기 때문이라는 생각 즉, 전구에 불이 켜지지 않으면 전기회로에 전류가 흐르지 않는다는 생각이 지배적이다(김진숙과 권성기, 2000; 박상우, 1991). 심지어는 초등교사들도 이러한 생각을 하고 있다는 보고가 있다(장병기와 신순임, 1998). 이러한 경향은 전기회로에서 전구에 불을 켜진다는 것을 관찰하기 때문에 눈으로 볼 수 있는 지각에 우위를 둔 사고에 기인하는 것이라고 할 수 있다. 이러

한 결과로부터 초등학생들은 기본적인 전기회로의 구성요소로 전지와 전구 및 전선이 서로 연결되어야 불이 켜진다고 이해하고 불이 켜져야 전류가 흐른다는 시각에 바탕을 둔 전류 개념을 가지고 있다고 하겠다(김진숙과 권성기, 2000).

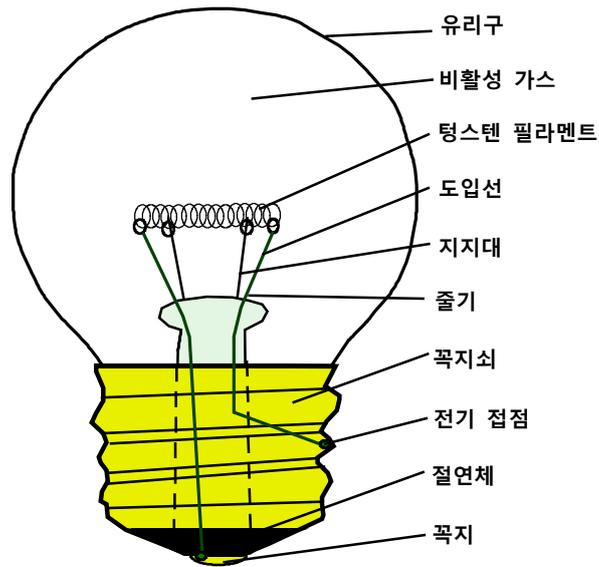
전구과 전선의 연결에서도 상당수의 초등학생들은 전구의 꼭지가 (+)극에 연결되어야 하고 꼭지쇠는 (-)극에 연결되어야 한다는 생각을 가지고 있으며, 전구의 꼭지와 꼭지쇠를 전선에 연결해야 한다는 생각보다 전구를 단순히 잇기만 하면 전구에 불이 켜진다고 생각하는 초등학생도 많다는 연구결과도 있다(김진숙과 권성기, 2000). 또한 초등교사들인 경우에도 전구의 꼭지와 꼭지쇠에 대한 인식이 부족하며 전구의 구조에 대한 이해 또한 부족하다는 보고도 있다(장병기와 신순임, 1998).

이와 같이 전구를 사용하는 전기회로 관련 실험에서 문제들이 발생하고 있는데 그 원인들은 전구에 대한 인식이나 과학적인 지식 부족에 기인하는 것들이다. 전구가 전지와 더불어 과학과 교육과정에서 전기에 관련된 기초적이면서도 중요한 개념을 학습하기 위하여 단순 전기회로를 구성하는데 필수적인 전기소자임에도 불구하고, 이들에 대한 과학교육적인 측면에서의 연구들은 소수에 불과하다(김병석과 홍석인, 2005; 현동걸, 2010; 현동걸과 박상우, 2012).

이 연구는 과학과 교육과정에서 다루어지는 전구에 대한 과학지식들과 교사나 학생들의 전구에 대한 인식들이 ‘과연 과학적인가?’, 그리고 전기 관련 실험수업에서 발생하여 교사들이나 학생들을 어렵게 하는 문제들의 원인들이 교사들이 주장해온 바와 같이 ‘전구의 불량인가?’ 에 초점을 맞추어 실험적인 방법으로 확인해 보는 것이다. 또 한편으로는 전구와 관련된 초등학교 과학실험수업에서 발생하는 문제들의 원인이나 이유를 이해할 수 있는 기초적인 자료와 교사들에게 필요한 전구에 대한 배경적인 과학지식을 제공하는데 그 목적이 있다.

## 2. 백열전구

백열전구는 흰 빛을 내는 전등을 말한다. 백열전구는 ‘온도복사’에 의하여 빛과 열을 발생시킨다. 모든 물질은 온도가 높아지면 빛과 열을 발생시킨다. 백열전구는 일반적으로 텅스텐 필라멘트를 사용한다. 텅스텐의 용융점은 은 3400 °C으로 금속 중에서 가장 높다. 텅스텐 필라멘트에 전압을 인가하여 전류가 흐르게 하면 필라멘트가 가열되면서 빛과 열이 발생되는데 약 3,000 °C의 고온으로 가열되면 온도복사에 의해 흰 빛을 발생시킨다. 하지만 효율은 매우 낮다. 발생하는 에너지 중 95%는 열로 방출되고 나머지 5% 정도만 빛으로 변환된다(Wikipedia).



[그림 I-1] 전구 구조

[그림 I-1]는 백열전구의 구조를 보여주는 그림이다. 백열전구는 빛과 열을 발생시키는 텅스텐으로 이루어진 필라멘트, 필라멘트를 지탱하는 지지대, 이들을 밀

폐시키는 유리구, 그리고 유리구를 고정시키고 받쳐주는 꼭지쇠 등으로 구성된다. 접촉된 선과 2개의 기본 전도체가 필라멘트까지 전기적 연결을 한다. 백열전구는 보통 전구 바닥까지 연결되어진 줄기를 포함한다. 이는 가스와 공기가 부족한 전구 안으로 전기접점을 가능하게 해준다. 줄기에 박혀 있는 지지대가 필라멘트를 받쳐준다.

유리구는 필라멘트를 보호하는 동시에 이로부터 복사되는 빛을 효과적으로 투과시킬 수 있어야 한다. 전구용 유리는 보통 연화온도가 680 °C ~ 750 °C인 연질의 소다석회유리를 사용하지만 고출력이거나 옥외에서 사용되는 것은 연화온도가 770 °C ~ 920 °C로 높은 경질의 붕규산유리가 사용된다. 100 W 이하의 전구는 노출하여 사용하는 경우가 많아서 필라멘트의 고휘도로 인한 눈부심을 줄이기 위해 유리 내면에 백색 무기질의 실리콘(SiO<sub>2</sub>) 분말을 칠하여 휘도를 낮추고 있다(김병석, 2004).

필라멘트는 대기 중에서 바로 산화하기 때문에 유리전구로 감싼 후 내부를 진공으로 만들고 아르곤이나 질소, 크립톤가스 같은 비활성 가스를 주입한다. 이 가스는 필라멘트가 고온에서 증발하는 것을 방지하여 필라멘트가 고열에서 빛을 발하도록 해주며 동시에 오래 견딜 수 있도록 해준다. 고휘도를 유지하기 위해, 필라멘트는 일정한 길이를 가져야 하므로 코일의 형태로 제조되고, 주입가스의 냉각효과를 증화시켜 필라멘트의 발열온도를 높이며 그 효율성을 증대시킨다. 전체 출력이 작은 꼬마전구의 경우에는 낮은 효율을 갖기 때문에 코일을 이중나선 형식으로 만들어 효율을 높이도록 만든다.

꼭지쇠는 전구를 소켓에 끼워서 전기를 공급하기 위해 유리구 밑에 부착시킨 부분을 말한다. 황동이나 알루미늄을 사용한 폐놀계 합성수지를 주성분으로 하는 접착제로 유리구에 접착되어 있다.

도입선은 꼭지쇠로부터 유리구 내의 필라멘트에 전류를 도입시키기 위한 것으로, 줄기를 중심으로 위치에 따라 내부도입선, 봉찬부도입선, 외부 도입선으로 구분하며 각각 다른 재료로 이루어져 있다. 봉찬부도입선은 유리구 내에 전류를 도입하는 부분으로 납유리인 스템관과 펀칭 부위에 해당되는 도입선을 가리킨다(김병석, 2004).

### 3. 전구와 관련된 과학과 교육과정에서 발생하는 문제들

4학년 1학기 ‘전구의 불 켜기’단원에서 전구를 처음 도입한 7차 과학과 교육과정과 달리 2007 개정 과학과 교육과정에서는 전구와 관련된 내용이 5학년 1학기 ‘전기회로’단원에서 처음으로 소개되고 있다. 이때 학생들은 전기에 대하여 처음으로 공부 하게 된다(교과부, 2011a, 2011c, 2011e).

이 단원의 주요 학습 내용은 전지, 전선, 전구, 스위치 등을 이용하여 전구에 불이 켜지도록 전기회로를 꾸미고, 이와 관련하여 전기 회로도 및 전지와 전구의 연결 방법에 대한 것이다.

첫째, 전지와 전구를 전선으로 연결하여 전구에 불이 켜지는 조건을 찾아보고, ‘전류’라는 용어를 도입하며 전구에 불이 켜지는 경우에 전기회로에 전류가 흐르고 있음을 알게 하도록 구성되어 있다.

둘째, 전지와 전구를 직렬과 병렬로 연결하여 불을 켜 보는 활동을 통하여 전지와 전구의 연결 방법에 따라 전구의 밝기가 달라질 수 있음을 알게 하도록 구성되어 있다.

셋째, ‘전지, 전선, 전구 등을 연결하여 전구에 불 켜기’활동을 하여 전기 회로를 올바르게 연결하는 방법을 알도록 구성되어 있다.

6학년 1학기 ‘자기장’단원에서도 전구가 사용된다. 이 때 전구는 전류가 흐를 때 주변에 자기장이 생기는지 알아보는 실험에서 전기회로에 전류가 흐르는지를 확인하기 위해 사용되어진다(교과부, 2011b, 2011d, 2011f).

이와 같이 초등학교 과학과 전기관련 단원에서 전구는 전기관련 실험에서 보이지 않는 전류, 전압, 저항 등을 현상적으로 나타내는 중요한 도구로 활용되고 있다. 초등학교 5학년 1학기 과학과 교육과정에 회로에 전류가 흐르는 지를 알아보기 위하여 전지와 전구로 만들어진 회로 검사기를 사용하여 전류가 흐르는지 조사하는 내용이 제시되었다(교과부, 2011a, 2011c, 2011e). 추상적인 전류의 흐름을 현상적으로 이해하기 위해 이러한 경험은 중요하다고 할 수 있다. 하지만 전구를 사용하는 전기회로 관련 실험에서 여러 문제들이 발생할 수 있다. 앞 실험에서 전구에 불이 켜지지 않는다면 무조건 전류가 흐르지 않는다고 생각할 수 있는 오해

를 불리일으킬 소지가 충분히 있다(장병기·신순임, 1998). 또한 교과서에 두 개의 전구를 직렬, 병렬 연결시 전구의 밝기를 비교하여 전류의 크기를 비교하는 실험이 제시되었는데 교과서와 지도서에는 동일한 전구라는 전제에서 실험이 제시되어 있지만 두 개의 동일한 규격의 전구를 직렬로 연결하거나 병렬로 연결하였을 경우 두 전구의 밝기가 같다는 예상과는 다르게 두 전구의 밝기가 차이가 나타나, 한 전구에만 불이 켜지고 다른 한 전구에는 불이 안 켜지는 실제 실험수업에서 실험결과가 교과서와 지도서에 제시되어진 결과와 다르게 나오는 상황을 많은 교사들이 경험하고 있다(이미경, 2007). 또한 교사용 지도서에서는 전구의 저항의 차이로 인하여 실험 결과에 큰 차이가 나기에 전류계를 이용하여 전구 저항을 구해 동일한 전구를 준비하라고 제시되었다. 이는 교사들이 전압이 인가된 전구의 저항을 전류계로 직접 측정할 수 있다는 착각을 일으킬 수 있는 소지도 있다.

지금까지 과학과 교육과정 전구관련 실험에서 발생할 수 있는 문제들에 대한 연구들은 다음과 같다.

박종욱과 김선자(1996)는 ‘전기회로’단원에서 전구를 병렬로 연결 했을 때 밝기가 서로 다르거나, 전구 세 개 연결시 세 개중에 불이 들어오지 않는 것이 존재한다는 것과 같이 실험기구와 관련된 문제가 교사들에 의해서 지적되었지만, 전기관련 실험에서 충분히 일어날 수 있고, 교사가 세심하게 관찰하지 않으면 아동들에 의해서 이런 문제가 제기되어도 간과할 수 있으므로 특히 유의해야 한다고 하였다.

강진필(2004)은 초등학교 과학과 전기단원 실험 지도의 실태조사에서 4학년 ‘전구에 불 켜기’단원 ‘전구에 불 켜기’, ‘전기가 통하는 물질 찾아보기’ 주제에서 기자재 불량으로 잘못된 결과가 나온다는 응답이 가장 많았고, 5학년 ‘전기회로 꾸미기’단원에서 ‘전기회로를 보고 예상하고 확인하기’, ‘여러 가지 방법으로 전구 2개 연결하기’ 주제에서 기자재 불량 또는 성능 저하로 예상과 실험 결과에 차이가 있는 응답이 가장 많았다고 하였다.

김병석(2004)은 두 전구를 직렬로 연결하였을 때 한 쪽의 전구에는 불이 켜지고, 다른 쪽의 전구에는 불이 켜지지 않는 경우가 생기는데, 이는 사용한 두 전구가 새 것과 오래된 것이면 필라멘트의 초기저항이나 온도저항지수 등 물리적인

차이가 생겨 전구의 불 켜기를 했을 경우 밝기가 크게 다를 수 있다고 실험을 통해 제시하였다.

이미경(2007)은 과학실험시 '전구의 밝기가 차이가 나는 직렬전구'와 같은 돌발 상황이 발생했을 때 절반 이상의 교사들이 재료(전구)에 초점을 두고 재실험하는 경향이 강하였다고 말하고 있다. 즉 실험 재료, 기구가 잘못 되었기 때문이라고 생각하는 경우가 많았다고 하였다.

#### 4. 전구 관련 오개념

이승희(1997)는 초등학교 3학년을 대상으로 '전지와 전구'단원에서 제시된 회로요소들에 관한 학생들의 생각을 알아본 결과 전구의 필라멘트 굵기나 전구의 연결 방법에 상관없이 전구의 크기가 클수록 불이 밝다고 생각하고 전구 내부의 회로요소들과 내부구조와의 관계를 연결 짓지 못하였다고 하였다.

장병기와 신순임(1998)은 전기회로에서 전류의 흐름에 대하여 초등학교 교사의 이해 수준은 전반적으로 학생들의 수준과 크게 차이가 없는 것처럼 나타났다 말하였다. 특히, 전구를 활용한 전기회로에 일어나는 전기현상에 대해서는 잘 알고 있어도 실제로 그와 같은 현상을 전류의 흐름에 의해 명확하게 이해하고 있는 경우는 매우 드물었고 전구를 전기 저항에 의해서 생각하기보다는 에너지 소모나 전기의 소모 관점에서 생각하는 경향이 있어서 전류나 전압 또는 저항에 대한 기본적인 개념을 획득할 수 있는 경험을 제공하기 위해서는 전류계나 전압계를 사용하여 보이지 않는 전류나 전압을 측정해보고 그 결과를 구체적으로 따져보는 경험이 필요하다고 하였다.

김은숙, 심재규, 정요재, 장병기(1999)는 전기회로 이해에 따른 자연 교과서의 전기 단원을 분석한 결과 초등학교 6학년 학생들이 단순 전기회로에서 두 개의 전구가 직렬로 연결되어 있을 때 전류를 나누어 가진다고 생각하고 전구가 어두워지는 이유는 전지로부터 흘러나오는 전류의 양이 전구가 한 개 있을 때와 같지만 두 개의 전구가 절반씩 나누어 가진다고 생각하는 경우가 있다고 이야기하고 있다.

김진숙과 권성기(2000)는 초등학생들이 기본적인 전기 회로의 구성 요소로 전지와 전구 및 전선이 서로 연결되어야 불이 켜진다고 이해하면서 불이 켜져야 전류가 흐른다는 지각에 바탕을 둔 전류 개념을 가지고 있다고 하였다.

정미영, 김경숙, 권재술(2005)은 초등학교 5학년 학생들은 전구의 밝기를 결정하는 요인에 대해 다양한 생각을 가지고 있으며, 그 중 ‘전지와 전구의 연결방법과 상관없이 전지 수는 많고 전구 수가 적어야 전구가 밝다’는 비과학적 생각을 일관적으로 가지고 있는 학생이 많이 나타났다고 하였다.

김지선(2009)는 중학생들의 전기와 자기의 오개념 연구에서 저항이 다른 두 개의 전구를 직렬로 연결했을 때 전구의 밝기를 비교하는 경우, 저항을 직렬로 연결할 때 전류의 세기는 일정하고 저항이 큰 곳에 전압이 크게 걸린다는 점을 이해하지 못하였다. 학생들은 전구의 직렬연결회로에서 전류의 크기가 같으므로 전구의 밝기가 저항에 의존하는 것을 명확하게 인식하지 못하는 경우가 많았다고 말하였다.

최소영(2009)은 초등학교 4학년을 대상으로 전기에 대한 학습자 선개념 검사도구를 통한 분석 결과 전기를 빛이라고 생각하거나 전선을 빛이 이동하는 길로 설명하고 전구의 직렬 연결과 병렬 연결에 대해서는 에너지가 둘로 나뉘어져서 빛이 밝지 않을 것이라고 설명하는 경우가 있었다고 하였다.

박지현(2011)은 많은 초등학교 4학년 학생들이 전구의 밝기가 전지나 전구의 수와 가장 관련이 깊다고 응답하였고 그 뒤를 전지와 전구의 연결 방법과 관련이 있다고 응답하였으며 이는 배운지 1년이 넘는 5학년 학생들에게 같은 결과가 나와 4학년 학습과정이 학생들의 선개념을 완전하게 변화시키지 못하였다고 말하였다.

이상과 같이 여러 선행 연구에서 볼 때, 전구를 활용하는 전기회로관련 과학실험에서 여러 문제들이 발생하고 있고, 또한 학생들은 물론 초등교사들까지도 전구 관련 오개념을 지니고 있음을 알 수 있다.

## 5. 연구 문제

본 연구의 목적을 보다 효과적으로 달성하기 위하여 다음과 같은 연구 문제의 가설을 설정하고 실험을 통하여 검증할 것이다.

- 가. 같은 규격의 전구들 일지라도 그 저항이 다를 수 있다.
- 나. 전구의 저항이 다름에 의하여 그 전류-전압 특성도 달라진다.
- 다. 전구의 점등에는 어떤 임계전력이 필요하며, 임계전력 이하의 전류와 전압에서는 전구에 전류가 흐르거나 전압이 인가되더라도 점등되지 않는다.
- 라. 전구의 밝기는 전력에 비례한다.

이 연구에서는 과학과 실험수업에서 일반적으로 사용하며, 시중에서 어렵지 않게 구할 수 있는 1.5 V - 0.3 A, 3.5 V - 0.3 A, 6 V - 0.15 A 규격의 전구들에 대하여 전기적 특성 실험과 광학적 특성 실험을 행할 것이다. 실험적인 절차와 방법의 효율적인 면을 고려하여 가설 ‘가’항과 ‘나’항은 전구의 전기적 특성 실험에서, 그리고 ‘다’항과 ‘라’항은 전구의 광학적 특성 실험에서 다루어질 것이다.

## II. 실험

### 1. 시료 및 측정 기기

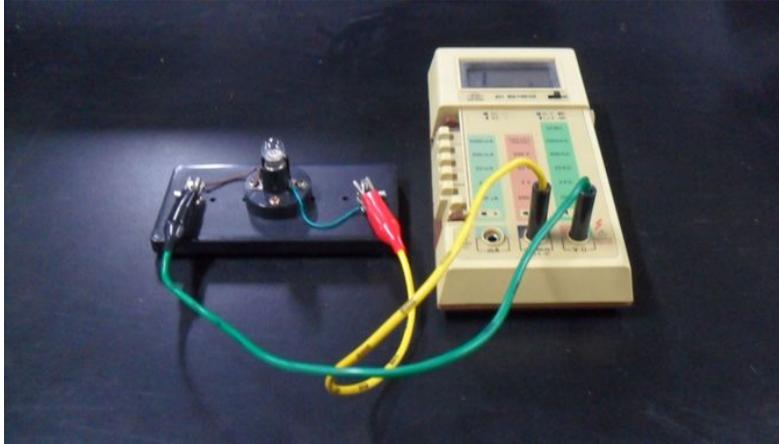
과학과 실험수업에서 전구의 밝기에 관련하여 예상과 다른 결과가 나오는 그 원인과 이유를 밝히기 위하여, 시중에서 구할 수 있는 1.5 V - 0.3 A, 3.5 V - 0.3 A, 6 V - 0.15 A 규격 전구들을 각각 50개씩 준비하였다. 그리고 각 규격별로 무작위로 각각 10개씩을 뽑아서 일련의 번호를 부여하고, 이들에 대하여 전기적 특성과 광학적 특성 실험을 실시하였다. 도선의 저항이 실험의 결과에 영향을 주는 것을 방지하기 위하여 도선의 길이가 최대한 짧은 집게전선을 사용하였고, 또한 이 연구의 모든 실험은 같은 집게 전선을 사용하여 변인을 통제하였다.

이 연구에서 사용한 직류전원공급장치는 UNICORN UP-3003T이며, 전류와 전압을 측정하기 위하여 MASTECH MAS838 Digital multimeter와 더불어 LG DM-432B Digital Multimeter를 사용하였다. 조도를 측정하기 위하여 MINOLTA CAMERA(100000lx)를 사용하였다.

### 2. 전기적 특성 실험

#### 가. 전구의 실온저항 측정

[사진 II-1]는 전구의 실온저항을 측정하는 모습이다. 전구의 실온저항을 측정하기 위해서는 회로연결이 되어 있으면 안된다. 전구를 전구소켓에만 연결을 하고 테스터기에 연결된 집게 전선을 이용하여, 무작위로 선택된 각 규격의 10개의 전구에 대하여 실온저항을 측정하였다. 측정 당시 실험실 온도는 20℃이었다.

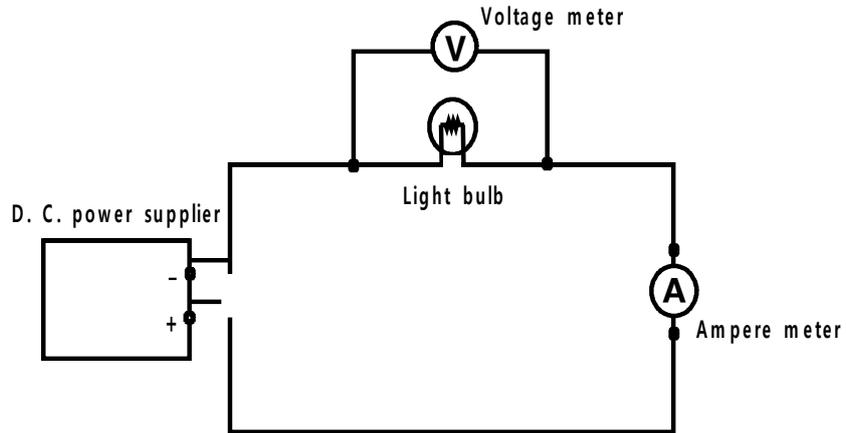


[사진 II-1] 전구의 실온저항을 구하기 위한 실험

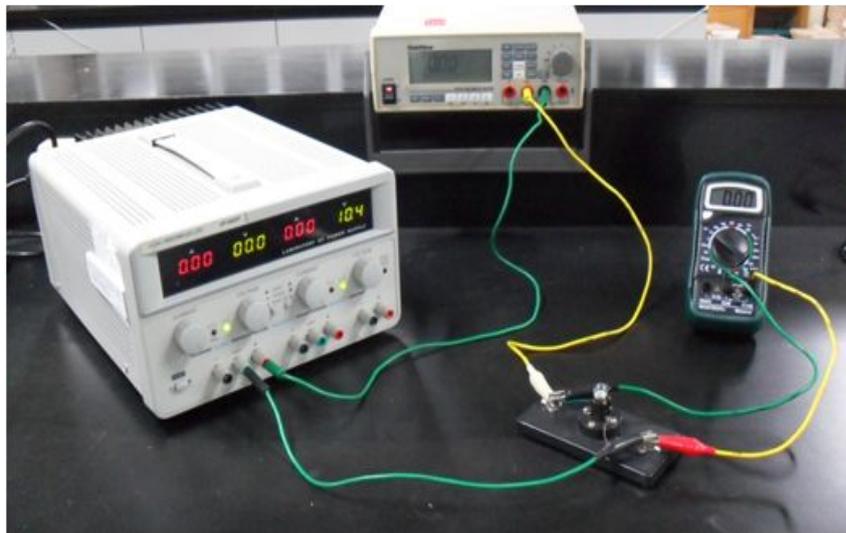
#### 나. 전구에 인가된 전압에 따른 전류에 흐르는 전류 측정

전구는 앞 실험에서 사용된 번호가 매겨진 전구들을 사용하였다. 집계전선은 새로 구입한 깨끗한 집계를 사용하였고, 도선의 길이를 최대한 짧게 하여 테스터기 측정한계보다 작은 저항을 갖도록 하여 사용하였다. [그림 II-1]와 [사진 II-2]는 각 전구에 인가된 전압에 따라 전구에 흐르는 전류를 측정하기 위한 회로도 및 실험장치이다. 예비 실험시 건전지를 사용하여 실험을 하였으나 건전지를 계속 사용함에 따라 전지 내부의 화학반응으로 인하여 내부저항이 변하고, 기전력이 조금씩 떨어지며, 전구에 높은 전압을 가하기 위해 전지를 직렬연결하면 내부저항이 증가하여 원하는 단자전압을 얻을 수 없었다. 따라서 일정하고 안정된 전압을 공급하기 위해 전원공급장치를 사용하였다. 전구소켓에 전구를 끼우고 전원공급장치와 집계전선을 이용하여 연결하였다. 전구에 흐르는 전류를 측정하기 위해 전기회로에 테스터기를 직렬로 연결하였고 전구에 인가되는 전압을 알기 위해 테스터기를 전구와 병렬로 연결하였다. 전원공급장치를 이용하여 전압을 0 V 부터 시작하여 0.1 V씩 증가시키며 1.5 V까지 전구에 흐르는 전류를 측정하였다. 이후부터는 0.5 V씩 증가시키며 전구에 흐르는 전류를 측정하였고 3 V이상 부터는 1 V씩 전압을 증가시키며 전구에 흐르는 전류를 측정하였다. 전류 측정시 측

정값이 조금씩 감소하는 현상이 있어서 값이 일정해질 때 까지 시간이 경과한 후 측정을 하였다.



[그림 II-1] 전구에 인가한 전압에 따른 전구에 흐르는 전류를 측정하기 위한 실험의 회로도



[사진 II-2] 전구에 인가한 전압에 따른 전구에 흐르는 전류 측정 실험장치

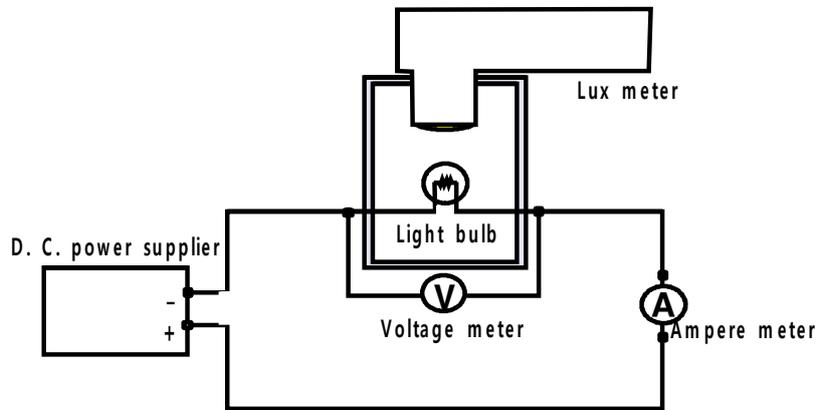
### 3. 광학적 특성 실험

#### 가. 전구의 점등점 전압과 전류 측정

전구는 앞 실험에서 사용된 번호가 매겨진 전구들을 사용하였다. 도선저항을 생각하여 집게전선은 새로 구입한 깨끗한 집게를 사용하였고, 도선의 길이를 최대한 짧게 하여 테스터기 측정한계보다 작은 저항을 갖도록 하여 사용하였다. 전구소켓에 전구를 끼워 전원공급장치와 집게전선을 이용하여 연결하였고, 전구에 흐르는 전류를 측정하기 위해 전기회로에 테스터기를 직렬로 연결하였으며, 전구에 인가되는 전압을 알기 위해 테스터기를 전구와 병렬로 연결하였다. 전원공급장치를 이용하여 전압을 0 V부터 시작하여 0.1 V씩 증가시키며 전구에 불이 켜지는지를 확인하였다. 전구에 불이 최초로 점등될 때 전압과 전류를 측정하였고 전압을 0.1 V씩 증가시키는 도중에 점등이 되는 경우는 0.1 V를 다 증가시켰을 때 전압과 전류를 측정하였다. 전류 측정시 측정값이 조금씩 감소하는 현상이 있어서 값이 일정해질 때 까지 시간이 경과한 후 측정을 하였다.

#### 나. 전구에 인가된 전압에 따른 전구의 조도 측정

[그림 II-2]과 [사진 II-3]은 전구에 인가된 전압에서 따른 전구의 밝기를 측정하기 위한 회로도 및 실험장치이다.



[그림 II-2] 전구에 인가된 전압에 따른 전구의 밝기를 측정하기 위한 실험의 회로도



[사진 II-3] 전구에 인가된 전압에 따른 전구의 밝기를 측정하기 위한 실험

전구의 밝기를 측정하기 위하여 조도계를 사용하였으며 정확한 조도를 측정하기 위해서는 주변 빛의 간섭이 있으면 안 되기 때문에 빛의 간섭을 최소화하기 위해서 간이 암상자를 만들었다. 암상자 안의 조도가 0 lx인 것을 확인하고 실험

을 하였다. 조도계와 전구의 거리는 1 cm 두었다. 안전한 전원공급을 위해 전원공급장치를 이용하여 전압을 0 V부터 시작하여 0.1 V씩 증가시키며 1.5 V까지 조도를 측정하였다. 이후부터는 0.5 V씩 증가시키며 측정하였고 3 V 이상 부터는 1 V씩 전압을 증가시키며 조도를 측정하였다. 전구의 과부하를 막기 위해 각 전구의 정격전압까지만 측정하였다. 조도 측정시 측정값이 조금씩 변하는데 일정해질 때까지 시간이 경과한 후 조도를 측정 하였다.

### Ⅲ. 결과 및 논의

#### 1. 전구의 전기적 특성

##### 가. 전구의 실온저항

전기 관련 실험수업에서 전지나 전구의 직렬과 병렬연결의 현상적인 특징을 이해하기 위하여 전구들의 밝기를 비교하기 위해서는 실험에 사용되는 되는 전구들의 전기·광학적인 특징들이 동일하다는 것이 전제되어야 한다는 것이며, 이것은 또한 탐구과정의 변인통제에 해당하는 중요한 탐구기능의 요소이다. 보다 실제적으로는 이것은 전구들이 같은 전압-전류 특성을 가져야 한다는 것으로, 정격전압과 정격전력이 같은 전구들을 사용하여 실험을 해야 한다는 것이다.

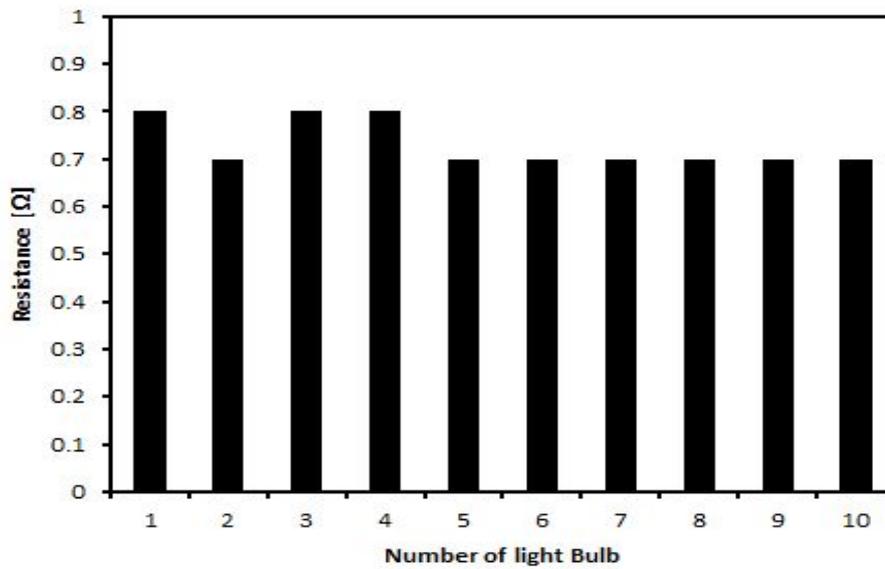
전지나 전기회로 관련 전구의 밝기를 비교하는 실험수업에서 변인통제상 동일한 규격의 전구를 사용하는 것을 원칙으로 하고 있음에도 불구하고, 예상하는 실험결과와는 다르게 전기회로에 직렬과 병렬로 연결된 같은 규격의 전구들의 밝기가 다르거나, 점등되지 않는 전구도 관찰된다는 것이다(강진필, 2004; 박종욱과 김선자, 1998; 이미경; 2007). 현장의 교사들은 이러한 예상되는 결과와 다른 불일치 현상에 대한 문제들의 원인이나 이유로 ‘전구들의 상태가 불량하다’는 것으로 말한다.

이 연구는 ‘전구들의 상태가 불량하다’는 것을 실험에 사용하는 전구들이 동일한 규격, 즉 정격전압과 정격전류가 동일한 규격으로 표시되었음에도 불구하고 전구들의 제작되어지는 공정상의 문제들로 인하여 전구들이 제품규격과는 다를 수 있다는 견지에서 시작된다. 공정상의 문제들로 인한 전구의 저항값이 다를 수 있기 때문이다. 이를 확인하기 위하여 1.5 V - 0.3 A, 3.5 V - 0.3 A, 6 V - 0.15 A 규격의 전구들을 무작위로 10개씩 택하여 실온저항을 측정하였다. 그 결과는 <표 Ⅲ-1>과 같다.

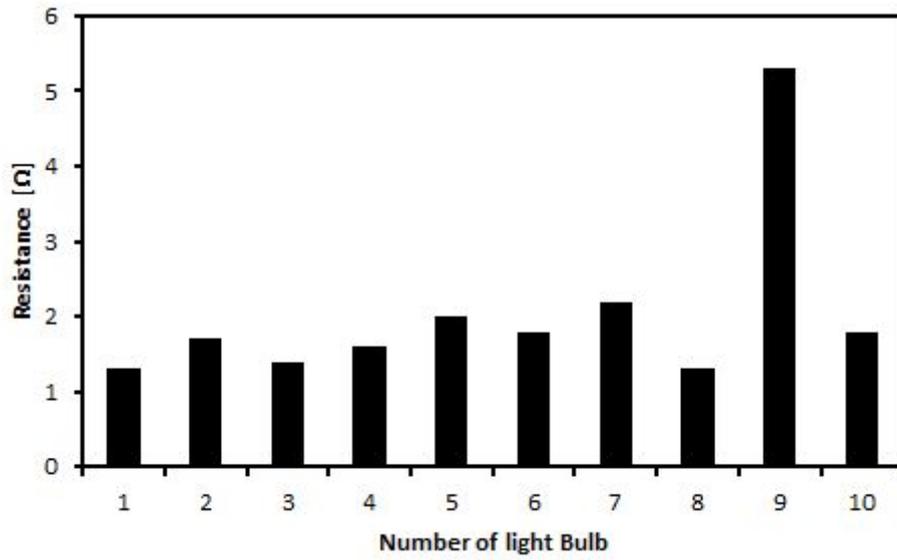
<표 III-1> 각 규격별 전구들의 실온저항 측정값

전구번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.5 V - 0.3 A 전구 저항( $\Omega$ )	0.8	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
3.5 V - 0.3 A 전구 저항( $\Omega$ )	1.3	1.7	1.4	1.6	2	1.8	2.2	1.3	5.3	1.8
6 V - 0.15 A 전구 저항( $\Omega$ )	4.3	4.6	4.3	19.5	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3

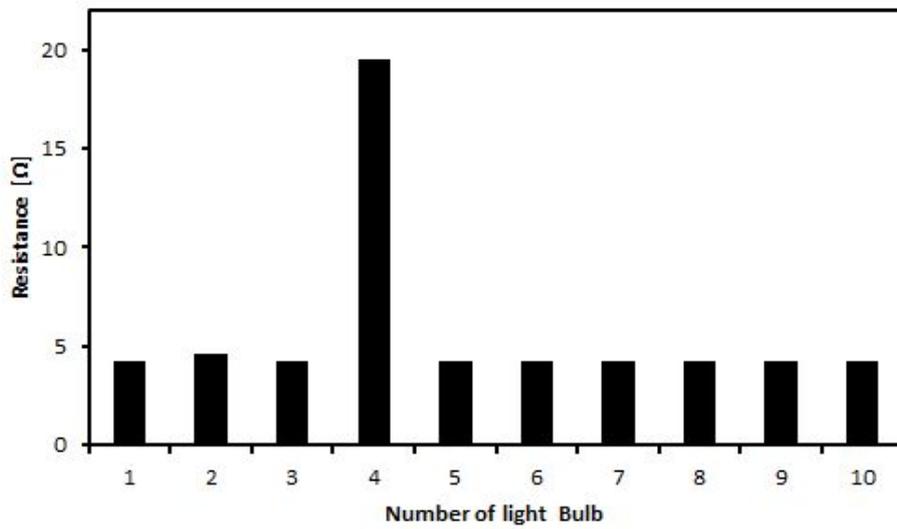
[그림 III-1], [그림 III-2], [그림 III-3]은 각 규격별 전구들의 실온저항을 그래프로 나타낸 것이다.



[그림 III-1] 1.5 V - 0.3 A 전구들의 실온저항



[그림 III-2] 3.5 V - 0.3 A 전구들의 실온저항



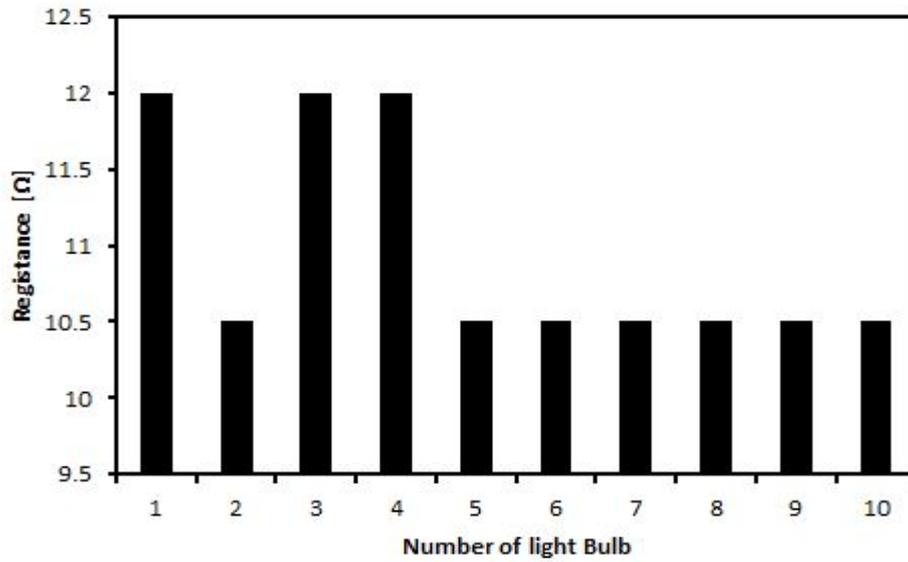
[그림 III-3] 6 V - 0.15 A 전구들의 실온저항

1.5 V - 0.3 A 전구의 실온저항은 1, 3, 4번 전구는 0.8  $\Omega$ 이고 나머지 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10번 전구는 0.7  $\Omega$ 이다. 3.5 V - 0.3 A 전구의 실온저항은 1, 8번 전구는 1.3  $\Omega$ 이고 3번 전구는 1.4  $\Omega$ , 4번 전구는 1.6  $\Omega$ , 2번 전구는 1.7  $\Omega$ , 6, 10번 전구는 1.8  $\Omega$ 이며 5번 전구는 2  $\Omega$ , 7번 전구는 2.2  $\Omega$ 이다. 3.5 V - 0.3 A 전구의 실온저항은 다양한 값으로 1.3  $\Omega$  ~ 2.2  $\Omega$  범위 내에서 존재한다. 6 V - 0.15 A 전구의 실온저항은 1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10번 전구가 4.3  $\Omega$ 이고 2번 전구의 저항이 4.6  $\Omega$ 이며 4번 전구의 저항이 19.5  $\Omega$ 으로 측정되었다.

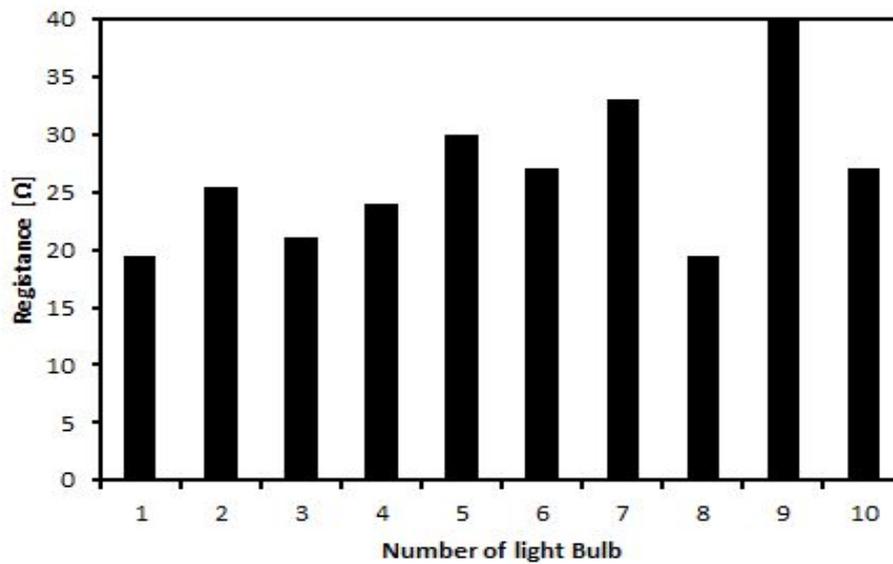
이를 통해 각 전구마다 규격이 같다고 하더라도 실온저항이 일정하지 않고 다양하다는 것을 알 수 있다. 전구 밝기를 결정하는 전력은 전구의 저항에 의해 결정되며, 전구의 저항이 클수록 전압이 크게 걸리기 때문에 전력소모가 많아져 전구의 밝기가 더 밝다(최은정 등, 2006). 따라서 전구의 실온저항이 다르다면 전구의 밝기 또한 다를 것이다.

전구의 실온저항이란 실온  $T_0=293$  K에서 전구에 전압을 인가하지 않았을 때 전구의 저항을 말한다. 텅스텐과 같은 금속 전도체의 저항은 온도에 의존한다. 텅스텐의 저항은 온도  $T$ 의 1.2의 거듭제곱에 비례하는 것으로 알려져 있으며, 텅스텐 필라멘트의 온도  $T=3000$  K에서는 텅스텐 필라멘트의 저항은 실온저항의 약 15배가 된다(DeNardo, 2002; Prasad and Mascarenhas, 1978; Zanetti, 1985). 텅스텐 필라멘트가 온도  $T=3000$  K로 가열되었을 때 흰색의 빛을 발생시킨다. 그리고 일반적으로 전구가 그 정격전압에서 흰색 빛을 발생하도록 제조되고 있음을 고려할 때, 전구의 실온저항은 전구에 정격전압을 인가할 경우 점등상태의 전구의 저항을 예상할 수 있는 유용한 정보가 된다는 것이다(현동걸과 박상우, 2012).

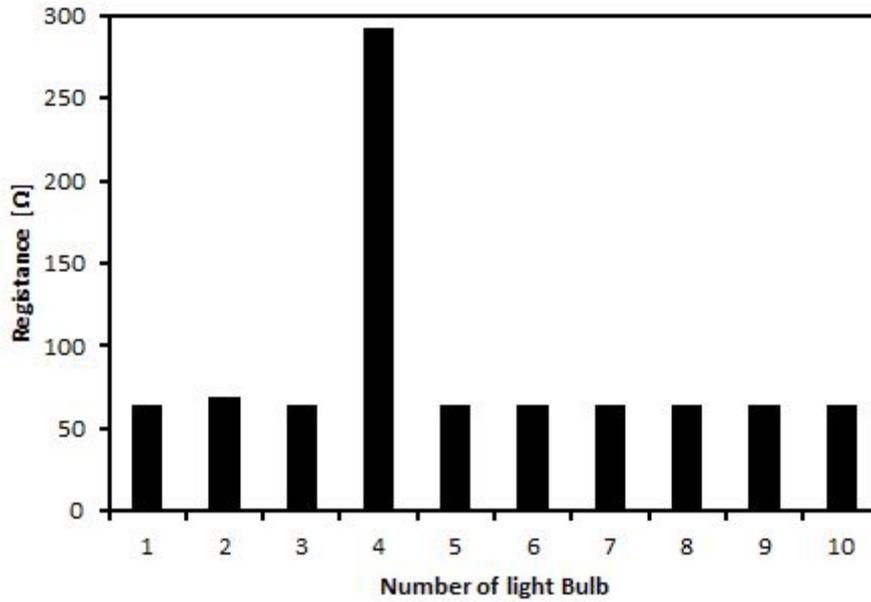
[그림 III-4], [그림 III-5], [그림 III-6]은 각 규격별 전구들에 정격전압 인가시 전구의 저항을 나타내고 있다.



[그림 III-4] 1.5 V - 0.3 A 전구들에 정격전압 인가시 저항



[그림 III-5] 3.5 V - 0.3 A 전구들에 정격전압 인가시 저항



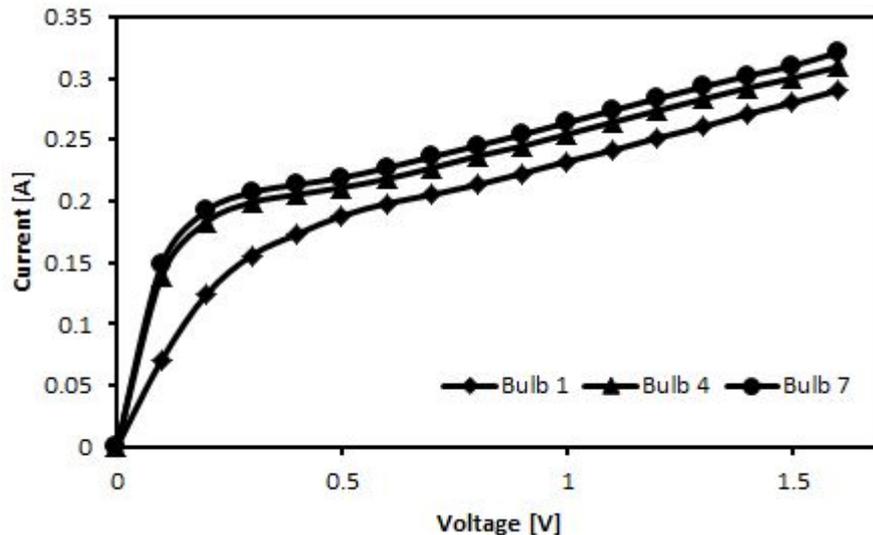
[그림 III-6] 6 V - 0.15 A 전구들에 정격전압 인가시 저항

이를 통해 실온에서 전구의 저항 차이가 클수록 전구에 정격전압 인가시 전구의 저항 차이가 더 커져 전구의 밝기 차이 또한 크게 나기 때문에 학교 현장에서 전구를 활용한 과학실험에서 같은 규격의 전구를 사용할지라도 전구의 밝기 차이가 있을 수 있다는 것을 짐작할 수 있다.

## 나. 전구의 전류-전압 특성과 저항

### 1) 1.5 V - 0.3 A 전구

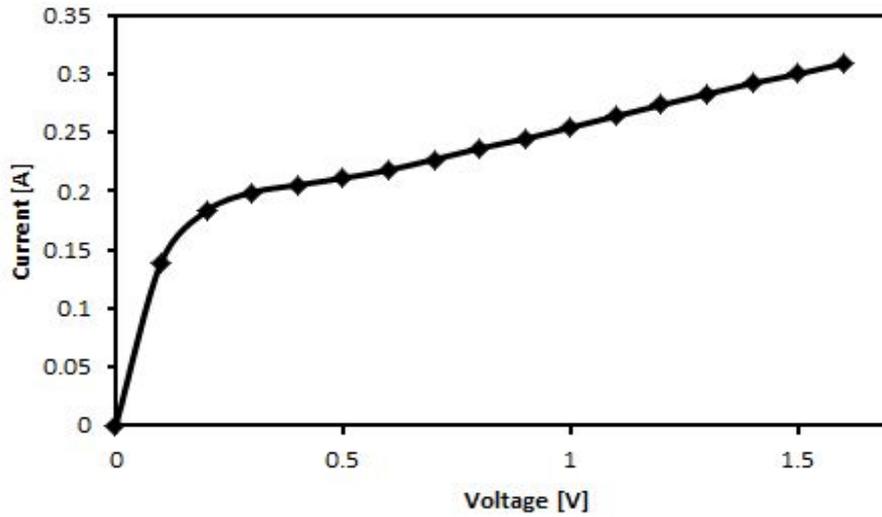
1.5 V - 0.3 A 전구들의 각 인가한 전압에 따른 전구에 흐르는 전류량을 측정하였다. 이 중에서 정격전압 1.5 V를 전구에 인가했을 때 전구에 흐르는 전류가 가장 적은 1번 전구, 정격규격인 0.3 A에 근접하게 흐르는 4번 전구, 전류가 가장 많이 흐르는 7번 전구의 전압에 따른 전류 특성을 그래프로 나타내면 [그림 III-7]과 같다.



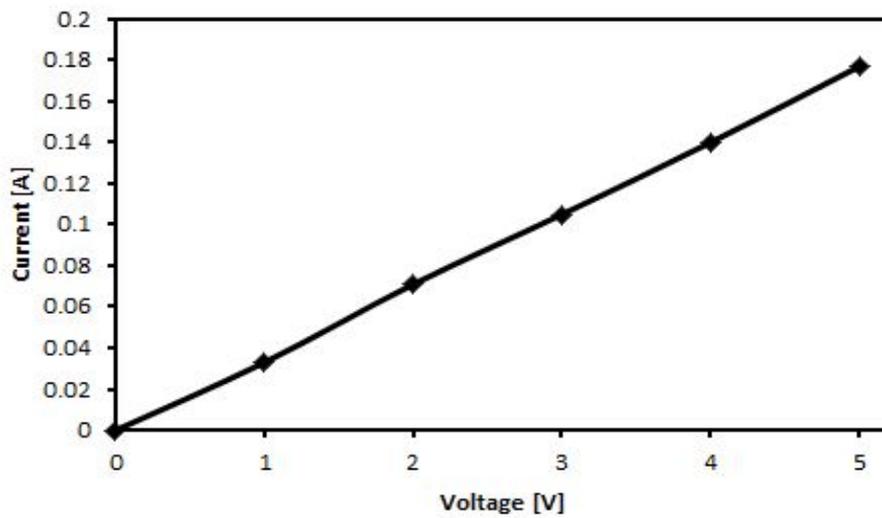
[그림 III-7] 1.5 V - 0.3 A 1번, 4번, 7번 전구의 V-I 그래프

각 전구들의 V-I 그래프가 형태가 비슷하지만 각각 조금씩 다른 수치들을 보이고 있다. 같은 규격의 전구일지라도 전압과 전류 특성이 다르다는 것을 알 수 있다. 구체적으로 분석하기에 앞서 모든 전구들의 결과에 대해 논의하기에는 무리가 있기 때문에 가장 대표할 수 있는 전구를 선택해야 할 필요성이 있다. 실험한 전구들의 정격규격이 1.5 V - 0.3 A이므로 전구에 1.5 V 전압을 인가했을 때 0.3 A 전류가 흐르는 전구를 선택하면 이 전구들의 대표성을 갖는다고 생각할 수 있겠다. 4번 전구가 1.5 V 전압을 인가했을 때 전류가 0.3 A 흐르기 때문에 1.5 V -

0.3 A 전구들의 대표성을 띤다고 할 수 있겠고 이 전구의 결과를 갖고 논의하겠다.



[그림 III-8] 1.5 V - 0.3 A 4번 전구 V-I 그래프



[그림 III-9] 저항이 28 Ω인 고정저항기 V-I 그래프

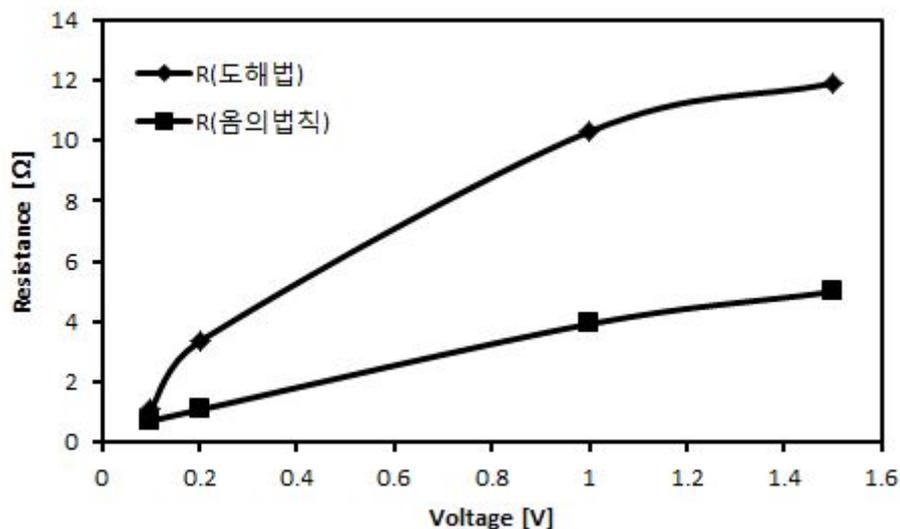
[그림 III-8]의 그래프를 보면 전구에 인가한 전압이 0 V부터 0.1 V까지는 전구에 흐르는 전류가 급격히 증가하였고, 0.1 V부터 0.4 V까지는 서서히 증가하였으며, 그 이후부터는 인가된 전압에 따라 비슷한 비율로 증가하는 것을 보여주고 있다. 옴의 법칙에 의하면 전구에 흐르는 전류는 인가되어지는 전압에 정비례하여 증가한다. 그래프로 나타내면 [그림 III-9]와 같다. 만약 전구가 옴의 법칙에 따른다면 전구에 인가되는 전압에 따른 전구에 흐르는 전류를 나타내는 그래프는 직선인 선형 그래프로 나타내야하지만 [그림 III-6]의 그래프는 직선이 아닌 비선형 그래프를 이루고 있다. 이를 통해 1.5 V - 0.3 A 전구가 옴의 법칙에 따르지 않고 있다고 할 수 있다. 이런 전구를 비선형 소자라고 하고 옴의 법칙을 따르는 니크롬선, 탄소저항기 등을 선형 소자라고 부른다(현동걸과 박상우, 2012). 이런 전구의 비선형 소자의 특징이 전구의 저항과 관련이 있는지를 알아보기 위하여 전구에 전압 인가시 저항이 어떻게 되고 있는지를 알아볼 필요가 있다. 전구가 옴의 법칙을 따르지 않기 때문에 옴의 법칙으로 저항을 구할 수가 없다. 이런 옴의 법칙에 따르지 않는 전구의 저항을 구하기 위해서 비선형 소자의 저항을 현동걸이 제안한 도해법에 따라 구하였다(현동걸과 박상우, 2012). 그리고 도해법으로 구한 저항과 학교에서 일반적으로 사용하는 옴의 법칙을 이용해 구한 저항을 비교해보는 것도 의미가 있다.

<표 III-2> 도해법과 옴의 법칙을 통해 구한 전구에 인가된 전압에 따른 1.5 V - 0.3 A 4번 전구 저항

전압(V)	0.1	0.2	1	1.4	1.5
R(도해법)( $\Omega$ )	1.09	3.35	10.31	11.60	11.90
R(옴의 법칙)( $\Omega$ )	0.72	1.09	3.93	4.79	5.00
저항차( $\Omega$ )	0.37	2.26	6.38	6.81	6.91

<표 III-2>는 전구에 인가한 전압에 따른 저항을 도해법과 옴의 법칙으로 구한 값을 나타낸다. 전구에 0.1 V 전압을 인가하였을 때 전구의 저항을 옴의 법칙에 따라서 구한다면 약 0.72  $\Omega$  이 나온다. 도해법으로 0.1 V 전압을 인가하였을 때 전

구의 저항을 구해보면 약 1.09  $\Omega$ 으로 도해법을 통해 얻은 저항이 옴의 법칙으로 얻은 저항보다 약 0.37  $\Omega$  크다. 전구에 0.2 V 전압을 가했을 때 옴의 법칙으로 구한 전구의 저항은 약 1.09  $\Omega$ 이고 도해법으로 구한 전구의 저항은 약 3.35  $\Omega$ 이다. 도해법으로 구한 저항이 옴의 법칙으로 구한 저항보다 약 2.26  $\Omega$ 이 크다. 전구에 0.1 V 전압을 가했을 때보다 0.2 V 전압을 가했을 때 도해법으로 구한 저항과 옴의 법칙으로 구한 저항의 차가 크다. 전구에 정격 전압인 1.5 V 전압을 인가했을 때 도해법으로 구한 전구의 저항은 약 11.91  $\Omega$ 이고, 옴의 법칙으로 구한 전구의 저항은 약 5.00  $\Omega$ 으로 도해법으로 구한 저항이 옴의 법칙으로 구한 저항보다 약 6.91  $\Omega$ 이 크다. 이를 통해 정격 전압 내에서 전구에 인가한 전압이 커질수록 전구의 저항이 커지고, 도해법으로 구한 저항과 옴의 법칙으로 구한 저항의 차이가 커진다는 것을 알 수 있다. [그림 III-10]은 도해법과 옴의 법칙으로 구한 1.5 V - 0.3 A 4번 전구의 저항을 비교한 그래프이다.



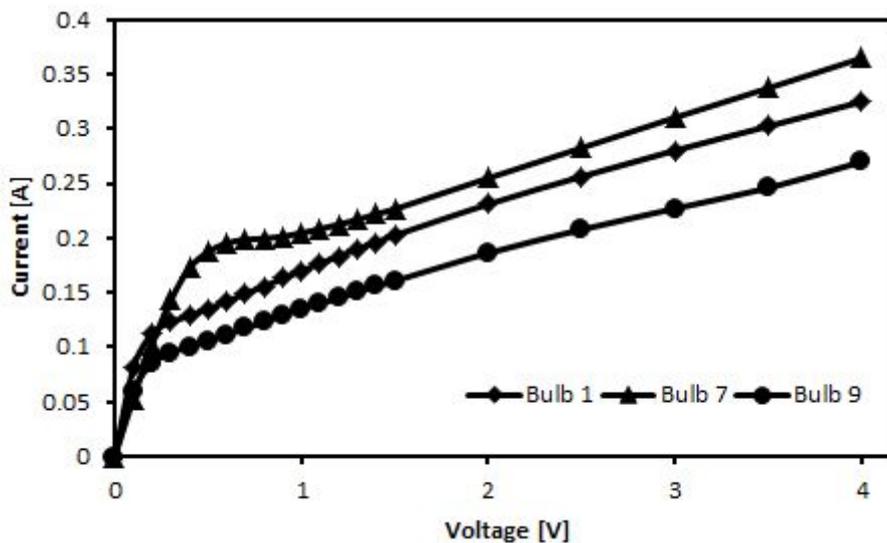
[그림 III-10] 도해법과 옴의 법칙으로 구한 1.5 V - 0.3 A 4번 전구 저항 비교

전구에 정격 전압인 1.5 V를 인가했을 때 도해법과 옴의 법칙으로 구한 두 개의 저항이 각각 실온 저항보다 약 14.9배, 약 6.2배가 나왔다. 선행 연구에서 보면 정

격전압을 인가한 전구의 저항이 실온저항보다 약 15배가 되는 것으로 제시되어졌다(현동걸과 박상우, 2012). 도해법으로 구한 저항은 선행연구에서 제시된 비율에 근사하지만 옴의 법칙을 통해 구한 저항은 선행연구에 제시된 비율보다 한참 밑도는 수치이다. 이것을 보더라도 1.5 V - 0.3 A 전구는 옴의 법칙에 따르지 않는다는 것을 알 수 있다. 또한 전구의 저항이 일정하지 않고 전구에 전압을 인가할수록 저항이 커진다는 것을 통해 전구의 저항에 의해 전구의 전압과 전류 특성이 일정하지 않고 달라진다는 것을 짐작할 수 있다.

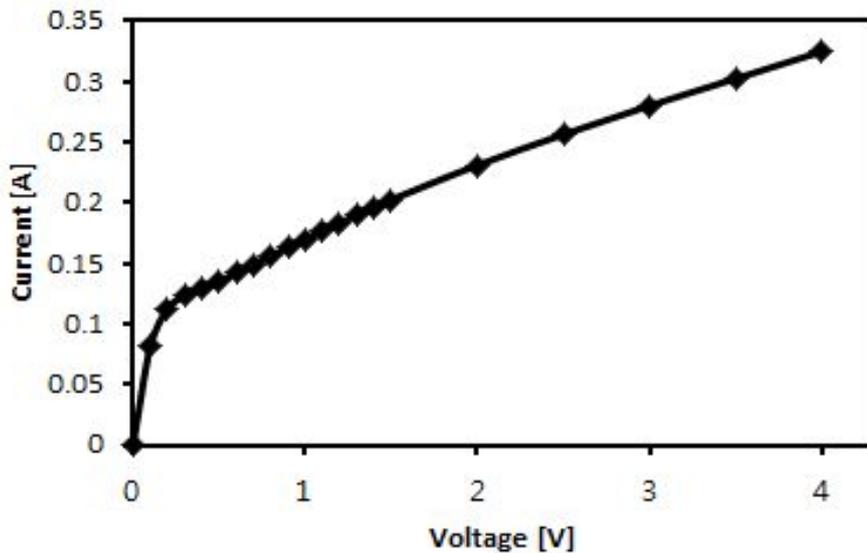
## 2) 3.5 V - 0.3 A 전구

3.5 V - 0.3 A 전구들의 각 부하 전압에 따른 전구에 흐르는 전류량을 측정하였다. 이 중에서 정격전압 3.5 V를 전구에 인가했을 때 전구에 흐르는 전류가 가장 적은 9번 전구, 정격규격인 0.3 A에 근접하게 흐르는 1번 전구, 전류가 가장 많이 흐르는 7번 전구의 전압에 따른 전류 특성을 그래프로 나타내면 [그림 III-11]과 같다.



[그림 III-11] 3.5 V - 0.3 A 1번, 7번, 9번 전구의 V-I 그래프

3.5 V - 0.3 A 전구들은 같은 규격이라고 할지라도 전압과 전류 특성이 다르다는 것을 알 수 있다. 1.5 V - 0.3 A 전구와 같이 3.5 V - 0.3 A 전구들의 모든 데이터를 갖고 분석하기에는 무리가 있기 때문에 실험한 전구들의 정격규격인 3.5 V - 0.3 A에 가장 근사한 값을 갖는 전구를 선택하여 분석하였다. 1번 전구가 3.5 V를 전구에 인가했을 때 전구에 흐르는 전류가 0.30 A로 정격규격에 가장 근사한 측정치가 나왔기 때문에 나머지 전구들의 대표성을 갖는다고 할 수 있고 결과분석을 신뢰할 수 있을 것이다. 따라서 이 전구의 결과를 갖고 논의하겠다. [그림 III-12]은 3.5 V - 0.3 A 1번 전구의 V-I 그래프이다.



[그림 III-12] 3.5 V - 0.3 A 1번 전구 V-I 그래프

[그림 III-12]의 그래프를 보면 전구에 인가한 전압이 0 V부터 0.1 V까지는 전구에 흐르는 전류가 급격히 증가하였고, 0.1 V부터 0.3 V까지는 서서히 증가하였으며 그 이후부터는 인가된 전압에 따라 비슷한 비율로 증가하고 있다. 3.5 V - 0.3 A 전구에 가해지는 전압에 따른 전구에 흐르는 전류를 나타내는 그래프는 비선형 그래프를 이루고 있다. 이는 옴의 법칙에 따르는 그래프 [그림 III-9]와 다른

형태를 이루고 있기 때문에 3.5 V - 0.3 A 전구 또한 1.5 V - 0.3 A 전구와 마찬가지로 옴의 법칙에 따르지 않는다는 것을 알 수 있다.

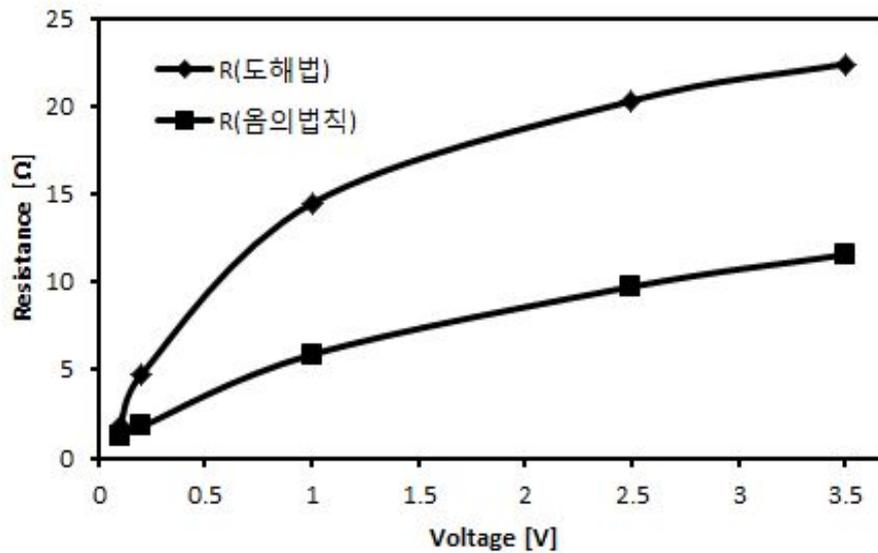
이런 전구의 비선형 소자의 특징이 전구의 저항과 관련이 있는지를 알아보기 위하여 전구에 전압 인가시 저항이 어떻게 되고 있는지를 알아볼 필요가 있다. 3.5 V - 0.3 A 전구가 옴의 법칙을 따르지 않기 때문에 옴의 법칙으로 저항을 구할 수가 없다. 이런 옴의 법칙에 따르지 않는 전구의 저항을 구하기 위해서 비선형 소자의 저항을 도해법(현동걸과 박상우, 2012)을 이용하여 구해보았고 옴의 법칙으로 구한 저항과 비교해 보았다.

<표 III-3> 도해법과 옴의 법칙을 통해 구한 전구에 인가된 전압에 따른 3.5 V - 0.3 A 1번 전구 저항

전압(V)	0.1	0.2	1	2.5	3.5
R(도해법)(Ω)	1.78	4.75	14.49	20.33	22.37
R(옴의 법칙)(Ω)	1.23	1.78	5.89	9.75	11.57
저항차(Ω)	0.55	2.97	8.60	10.58	10.81

<표 III-3>는 3.5 V - 0.3 A 전구에 인가한 전압에 따른 도해법과 옴의 법칙으로 구한 저항을 나타낸다. 전구에 0.1 V 전압을 인가하였을 때 전구의 저항을 옴의 법칙에 따라서 구한다면 약 1.23 Ω이 나온다. 도해법으로 0.1 V 전압을 인가하였을 때 전구의 저항을 구해보면 약 1.78 Ω으로 도해법을 통해 얻은 저항이 옴의 법칙으로 얻은 저항보다 약 0.55 크다. 전구에 0.2 V 전압을 인가했을 때 옴의 법칙으로 구한 전구의 저항은 약 1.78 Ω이고 도해법으로 구한 전구의 저항은 약 4.75 Ω이다. 도해법으로 구한 저항이 옴의 법칙으로 구한 저항보다 약 2.97 Ω이 크다. 전구에 0.1 V 전압을 가했을 때보다 0.2 V 전압을 가했을 때 도해법으로 구한 저항과 옴의 법칙으로 구한 저항이 차이가 크다. 전구에 정격 전압인 3.5 V를 인가했을 때 도해법으로 구한 전구의 저항은 약 22.37 Ω이고, 옴의 법칙으로 구한 전구의 저항은 약 11.57 Ω으로 도해법으로 구한 저항이 옴의 법칙으로 구한 저항보다 약 10.81 Ω크다. 이를 통해서 3.5 V - 0.3 A 전구에 가한 전압이 커질수록 도해법으로 구한 저항과 옴의 법칙으로 구한 저항의 차가 점점 커진다는 것을 알 수 있

다. [그림 III-13]은 3.5 V - 0.3 A 전구에 인가한 전압에 따른 도해법과 옴의 법칙으로 구한 저항을 그래프로 나타낸 것이다.



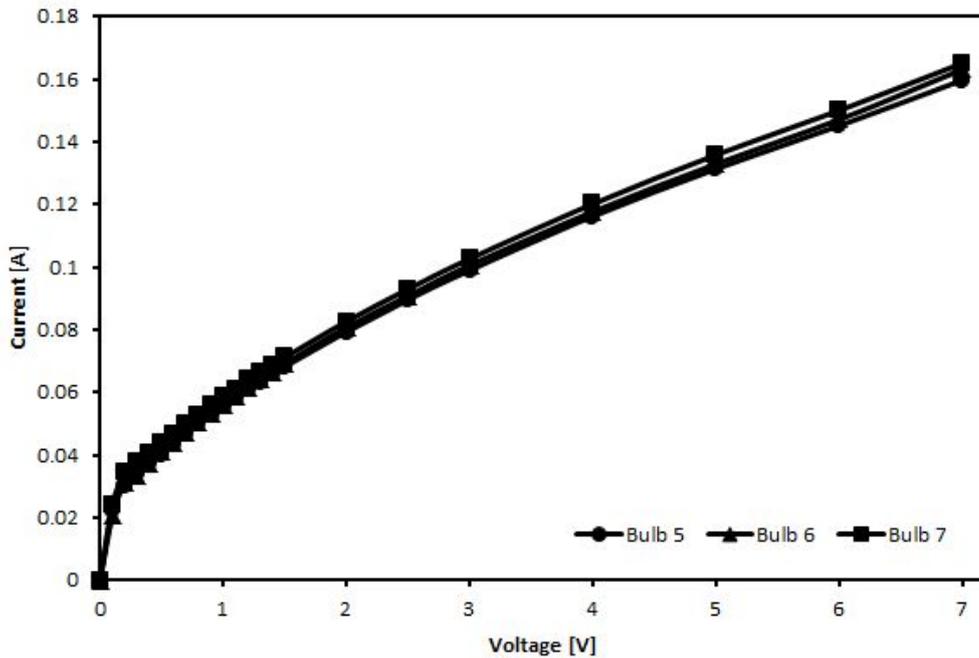
[그림 III-13] 도해법과 옴의 법칙으로 구한 3.5 V - 0.3 A 1번 전구 저항 비교

전구에 정격전압인 3.5 V를 인가했을 때 도해법과 옴의 법칙으로 구한 두 개의 저항이 각각 실온저항보다 약 17.2배, 약 8.9배가 나왔다. 현동걸과 박상우(2012)는 정격전압에서 저항과 실온저항 비율이 약 15배 정도 나온다고 했는데 도해법으로 구한 저항과 실온저항 비율이 근사하게 들어가지만 옴의 법칙을 통해 구한 저항과 실온에서 저항 비율이 선행연구에 제시된 저항범위에 한참 밑도는 수치가 나온다. 이것을 통해서도 3.5 V - 0.3 A 전구는 옴의 법칙에 따르지 않는다는 것을 알 수 있다. 또한 전구의 저항이 일정하지 않고 전구에 인가한 전압을 커질수록 전구의 저항이 커지는 것을 통해 전구의 저항에 의해 전구의 전압과 전류 특성이 일정하지 않고 달라진다는 것을 알 수 있다.

### 3) 6 V - 0.15 A 전구

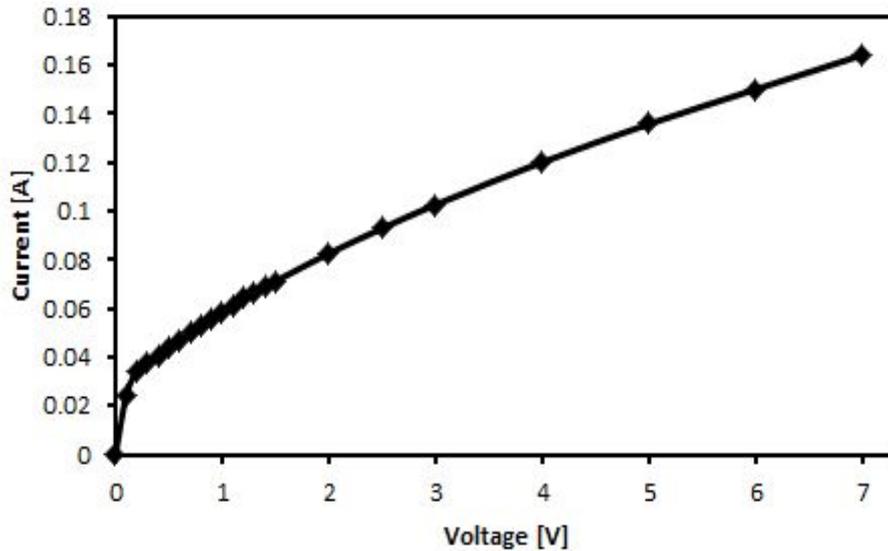
6 V - 0.15 A 전구들의 각 전구에 인가한 전압에 따른 전구에 흐르는 전류를

측정하였다. 이 중에서 정격전압 6 V를 전구에 인가했을 때 전구에 흐르는 전류가 가장 적은 5번 전구, 정격규격인 0.15 A에 근접하게 흐르는 7번 전구, 5번 전구에 흐르는 전류와 7번 전구에 흐르는 전류의 중간 정도가 전구에 흐르는 6번 전구의 전압에 따른 전류 특성을 그래프로 나타내면 [그림 III-14]와 같다.



[그림 III-14] 6 V - 0.15 A 5번, 6번, 7번 전구의 V-I 그래프

6 V - 0.15 A 전구들은 같은 규격이라 할지라도 그 전구의 전압과 전류 특성이 다르다는 것을 알 수 있다. 1.5 V - 0.3 A, 3.5 V - 0.3 A 전구와 같이 6 V - 0.15 A 전구들의 모든 데이터를 갖고 분석하기에는 무리가 있기 때문에 실험한 전구들의 정격규격인 6 V - 0.15 A에 가장 근사한 값을 갖는 전구를 선택하여 분석하였다. 7번 전구가 6 V를 전구에 인가했을 때 전구에 흐르는 전류가 0.150 A로 정격규격에 가장 근사한 측정치가 나왔기 때문에 나머지 전구들의 대표성을 갖는다고 할 수 있고 이 전구의 결과를 갖고 논의하겠다. [그림 III-15]은 6 V - 0.15 A 7번 전구의 V-I 그래프이다.



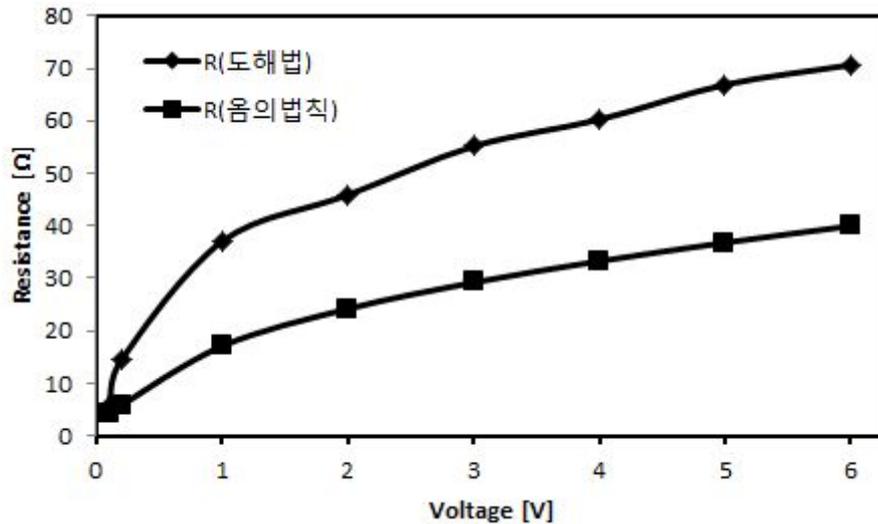
[그림 III-15] 6 V - 0.15 A 7번 전구 V-I 그래프

[그림 III-15] 그래프를 보면 전구에 인가한 전압이 0 V부터 0.1 V까지는 전구에 흐르는 전류가 급격히 증가하였고, 0.1 V부터 0.2 V까지는 서서히 증가하였으며 그 이후부터는 인가된 전압에 따라 비슷한 비율로 증가하는 것을 보여주고 있다. 6 V - 0.15 A 전구에 가해지는 전압에 따른 전구에 흐르는 전류를 나타내는 그래프는 비선형 그래프를 이루고 있다. 이는 옴의 법칙에 따르는 그래프 [그림 III-9]의 그래프와 다른 형태를 이루고 있기 때문에 6V - 0.15 A 전구는 옴의 법칙에 따르지 않는다고 말할 수 있다. 이런 전구의 비선형 소자의 특징이 전구의 저항과 관련이 있는지를 알아보기 위하여 전구에 전압 인가시 저항이 어떻게 되고 있는지를 알아볼 필요가 있다. 6 V - 0.15 A 전구가 옴의 법칙을 따르지 않기 때문에 옴의 법칙으로 저항을 구할 수가 없다. 이런 옴의 법칙에 따르지 않는 전구의 저항을 도해법(현동걸과 박상우, 2012)으로 구하고 옴의 법칙으로 구한 저항과 비교해 보았다.

<표 III-4> 도해법과 옴의 법칙을 통해 구한 전구에 인가된 전압에 따른 6 V - 0.15 A 전구 저항

전압(V)	0.1	0.2	1	2	3	4	5	6
R(도해법)(Ω)	5.82	14.46	37.04	45.87	55.15	60.24	66.89	70.67
R(옴의 법칙)(Ω)	4.14	5.82	17.09	24.18	29.21	33.28	36.79	39.97
저항차(Ω)	1.68	8.63	19.94	21.68	25.93	26.96	30.09	30.69

<표 III-4>는 6 V - 0.15 A 전구에 인가한 전압에 따른 옴의 법칙과 도해법으로 구한 저항을 나타낸다. 전구에 0.1 V 전압을 인가하였을 때 전구의 저항을 옴의 법칙에 따라서 구한다면 약 4.14 Ω이 나온다. 도해법으로 0.1 V 전압을 인가하였을 때 전구의 저항을 구해보면 약 5.82 Ω으로 도해법을 통해 얻은 저항이 옴의 법칙으로 얻은 저항보다 약 1.68 Ω 크다. 전구에 0.2 V 전압을 인가했을 때 옴의 법칙으로 구한 전구의 저항은 약 5.82 Ω이고 도해법으로 구한 전구의 저항은 약 14.46 Ω이다. 도해법으로 구한 저항이 옴의 법칙으로 구한 저항보다 약 8.63 Ω이 크다. 전구에 0.1 V 전압을 인가했을 때보다 0.2 V 전압을 인가했을 때 도해법으로 구한 저항과 옴의 법칙으로 구한 저항이 차이가 크다. 6 V - 0.15 A 전구에 정격 전압인 6 V 전압을 가했을 때 도해법으로 구한 전구의 저항은 약 70.67 Ω이고, 옴의 법칙으로 구한 전구의 저항은 약 39.97 Ω으로 도해법으로 구한 저항이 옴의 법칙으로 구한 저항보다 약 30.69 Ω 크다. 이를 통해 정격전압 내에서 전구에 가한 전압이 커질수록 전구의 저항이 커지고, 도해법으로 구한 저항과 옴의 법칙으로 구한 저항의 차이가 커진다는 것을 알 수 있다. [그림 III-16]는 6 V - 0.15 A 전구에 인가한 전압에 따른 도해법과 옴의 법칙으로 구한 저항을 나타낸 그래프이다.



[그림 III-16] 도해법과 옴의 법칙으로 구한 6 V - 0.15 A 7번 전구의 저항 비교

전구에 정격전압인 6 V를 인가했을 때 도해법과 옴의 법칙으로 구한 두 개의 저항이 각각 실온저항보다 약 16.4배, 약 9.3배가 나왔다. 선행연구(현동걸과 박상우, 2012)에 의하면, 정격전압에서 저항이 실온저항보다 약 15배정도 나오는데 도해법으로 구한 저항과 실온에서 저항 비율이 근사하지만 옴의 법칙을 통해 구한 저항과 실온에서 저항 비율은 한참 밑도는 수치로 나온다. 이것을 통해서도 6V - 0.15 A 전구는 옴의 법칙에 따르지 않는다는 것을 알 수 있다. 또한 전구의 저항이 일정하지 않고 전구에 인가한 전압을 커질수록 전구의 저항이 커진다는 것을 통해 변하는 전구의 저항에 의해 전구의 전압과 전류 특성이 일정하지 않고 달라진다는 것을 짐작할 수 있다.

지금까지 세 가지 규격 전구의 전압과 전류의 특성을 알아보았다. 세 가지 규격 전구 모두 전압-전류 그래프가 옴의 법칙에 따라 직선을 이루는 다른 선형소자들과 차이가 나는 비선형 소자의 특징을 갖고 있는 것을 통해 학교에서 사용하는 전구들은 옴의 법칙에 따르지 않는 비선형소자라는 것을 알 수 있다. 실온에서 저항이 일정하지 않고 인가한 전압에 따라 변하기 때문에 그로 인해 전압과 전류 특성 또한 일정하지 않고 다양하여 학교현장에서 전구를 활용하여 실험을 할 때 똑같은 밝기가 나와야 한다는 예상과 다른 결과가 나온다고 할 수 있겠다.

## 2. 전구의 광학적 특성

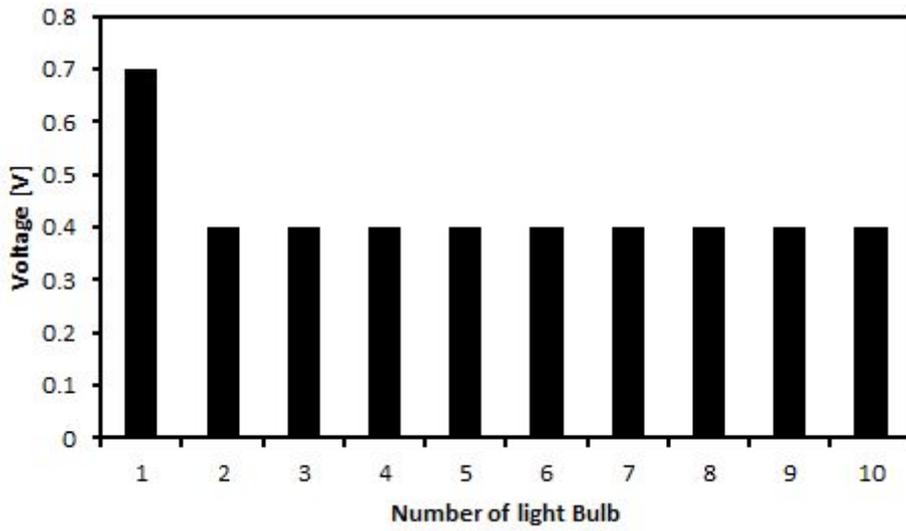
### 가. 전구의 점등점 전압과 전류

실제 실험수업에서 전기적·광학적 특성이 같다는 전제조건에 맞게 전구를 사용하고 있음에도 불구하고, 전구들의 밝기가 같을 것이라는 예상과는 다르게 전구 직렬·병렬연결에서 전구들의 밝기가 다르거나, 점등되지 않는 전구가 관찰된다(강진필, 2004; 박종욱과 김선자, 1998; 이미경; 2007). 이런 경우 학생들이 전구가 점등 되지 않았으니 전구에 전류가 흐르지 않는다는 오개념을 갖을수 있다(김진숙과 권성기, 2000; 박상우, 1991). 이는 전기회로에서 전구에 불을 켜진다는 것을 관찰하기 때문에 눈으로 볼 수 있는 시각에 우위를 둔 사고에 기인한다고 할 수 있다(김진숙과 권성기, 2000). 한 쪽 전구에 불이 켜지지 않은 이유를 본 연구에서는 ‘전구가 점등되기 위해서는 어떤 임계 전력이 있어야 한다’고 가설을 세웠다. 이를 확인하기 위하여 전구의 전기적 특성을 알아보는 실험에서 사용한 1.5 V - 0.3 A, 3.5 V - 0.3 A, 6 V - 0.15 A 규격의 전구들을 이용하여 각 규격별 전구에 처음으로 불이 켜지는 점등점에서 전구에 인가한 전압, 전구에 흐르는 전류, 전구에서 소비하는 전력을 알아보았다. 먼저 점등점에서 전구에 인가한 전압을 측정하였다. 그 결과는 <표 III-5>과 같다.

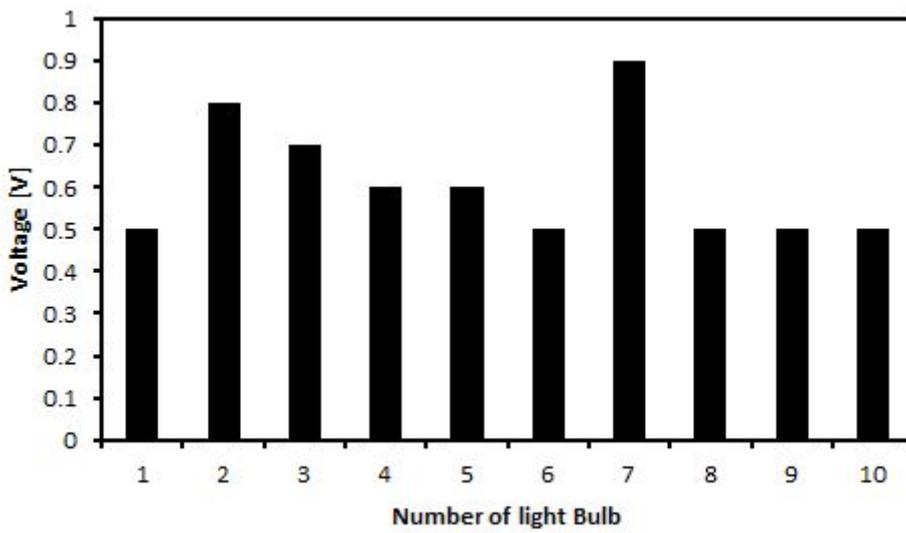
<표 III-5> 각 규격별 전구의 점등점에서 인가한 전압

전구번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.5 V - 0.3 A 전구 전압(V)	0.7	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
3.5 V - 0.3 A 전구 전압(V)	0.5	0.8	0.7	0.6	0.6	0.5	0.9	0.5	0.5	0.5
6 V - 0.15 A 전구 전압(V)	0.6	0.7	0.6	0.9	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6

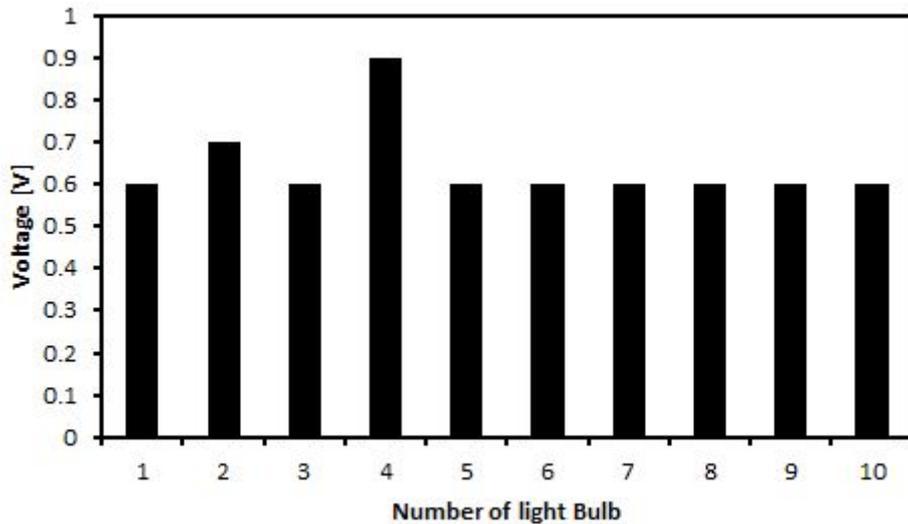
[그림 III-17], [그림 III-18], [그림 III-19]는 각 규격별 전구의 점등점 전압을 나타낸 그래프이다.



[그림 III-17] 1.5 V - 0.3 A 전구의 점등점 전압

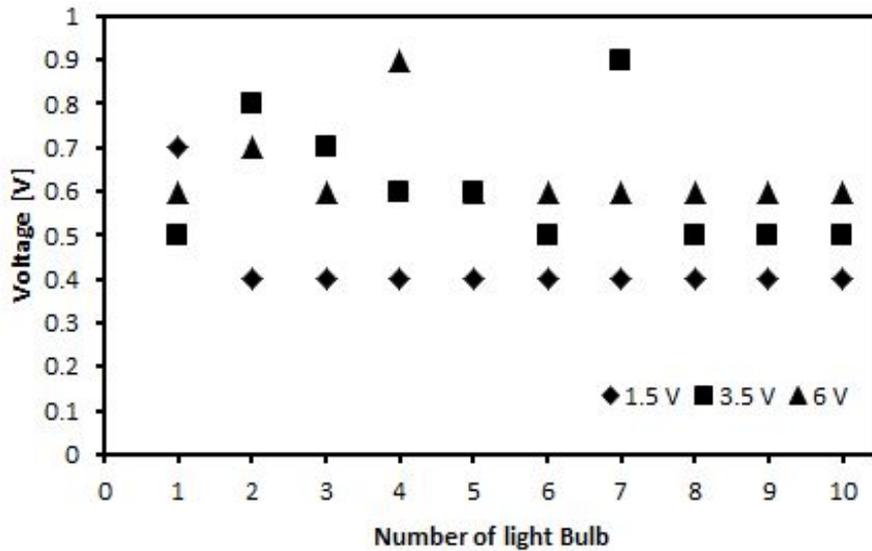


[그림 III-18] 3.5 V - 0.3 A 전구의 점등점 전압



[그림 III-19] 6 V - 0.15 A 전구의 점등점 전압

1.5 V - 0.3 A 전구들의 점등시 전압을 보면 1번 전구는 0.7V에서 전구가 점등이 되고 나머지 전구들은 0.4 V에서 전구에 점등이 일어난다. 3.5 V - 0.3 A 전구들은 1, 6, 8, 9, 10번 전구는 0.5 V에서 전구에 점등이 일어나고 4, 5번 전구는 0.6 V, 3번 전구는 0.7 V, 2번 전구는 0.8 V, 7번 전구는 0.9 V에서 전구가 점등 되었다. 6 V - 0.15 A 전구는 1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10번 전구에서 전구에 0.6 V전압을 인가할 때 전구에 점등이 되었고 2번 전구는 0.7 V, 4번 전구는 0.9 V를 전구에 인가할 때 전구가 점등이 되었다. 빈도수로 보았을 때 1.5 V - 0.3 A 전구는 0.4 V일 때 가장 많이 점등이 되었고 3.5 V - 0.3 A 전구는 0.5 V에서 가장 많이 점등되었으며, 6 V - 0.15 A 전구는 0.6 V에서 가장 많이 점등되었다.



[그림 III-20] 각 전구별 점등점 전압 분포

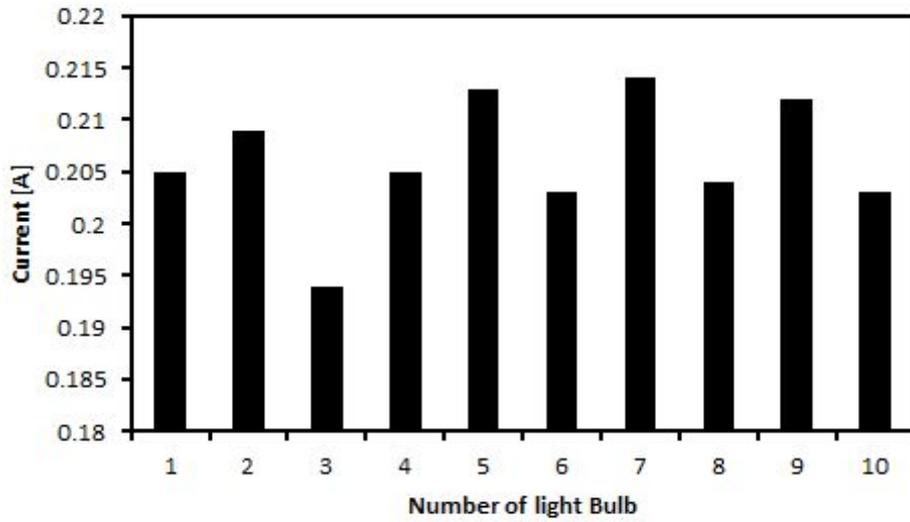
[그림 III-20]는 각 규격별 점등점에서 전구에 인가된 전압을 나타낸 그래프이다. 대체로 1.5 V - 0.3 A 전구의 점등점 전압이 가장 낮고 6 V - 0.15 A 전구의 점등점 전압이 가장 높다. 정격전압에 따라 점등시 전구에 인가되는 전압이 차이가 났다. 정격전압이 낮은 전구 일수록 점등시 상대적으로 낮은 전압을 인가해도 되지만 정격전압이 높은 전구일수록 점등시 상대적으로 높은 전압을 인가해야 한다.

각 규격별 전구의 점등점에서 전구에 흐르는 전류는 <표 III-6>와 같다.

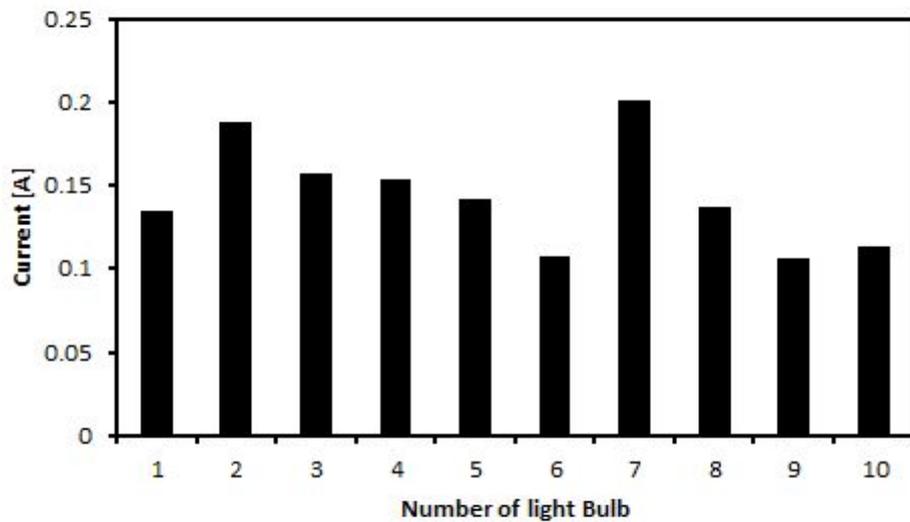
<표 III-6> 각 규격별 전구의 점등점에서 전구에 흐르는 전류

전구번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.5 V - 0.3 A 전구 전류(A)	0.21	0.21	0.19	0.21	0.21	0.20	0.21	0.20	0.21	0.20
3.5 V - 0.3 A 전구 전류(A)	0.14	0.19	0.16	0.15	0.14	0.11	0.20	0.13	0.11	0.11
6 V - 0.15 A 전구 전류(A)	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05

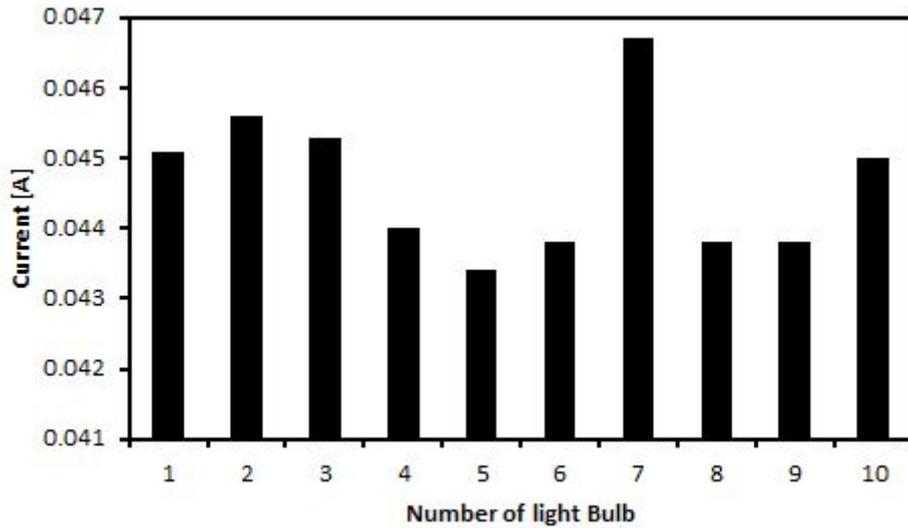
[그림 III-21], [그림 III-22], [그림 III-23]는 각 규격별 전구의 점등점에서 전구에 흐르는 전류를 나타낸 그래프이다.



[그림 III-21] 1.5 V - 0.3 A 전구의 점등점 전류

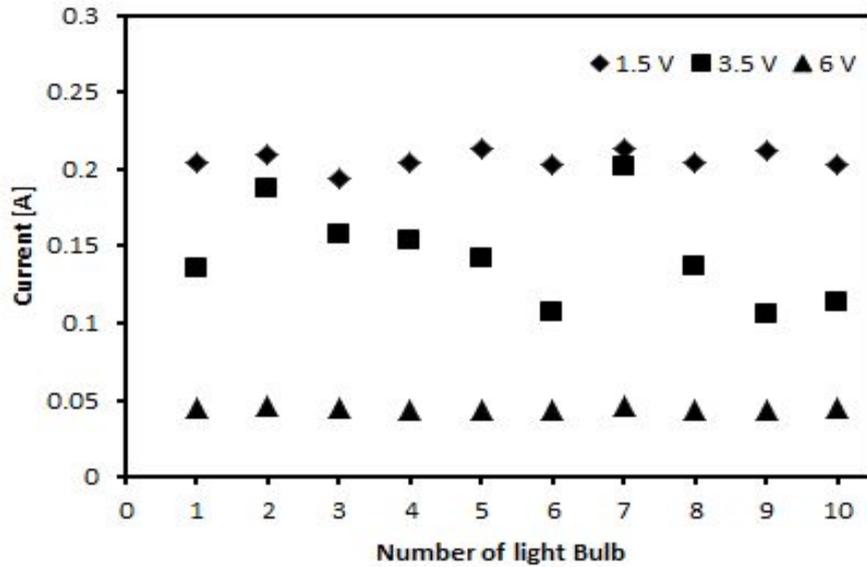


[그림 III-22] 3.5 V - 0.3 A 전구의 점등점 전류



[그림 III-23] 6 V - 0.15 A 전구의 점등점 전류

1.5 V - 0.3 A 전구들의 점등시 전구에 흐르는 전류를 보면 3번 전구가 0.194 A가 흘러 가장 적게 흘렀고 7번 전구가 0.214 A로 가장 많이 흘렀다. 가장 적게 흐른 전구와 가장 많이 흐른 전구의 전류 차이가 0.020 A이었다. 3.5 V - 0.3 A 전구들의 점등시 전구에 흐르는 전류를 보면 9번 전구가 0.106 A가 흘러 가장 적게 흘렀고 7번 전구가 0.202 A로 가장 많이 흘렀다. 점등시 전구에 흐르는 전류 차이가 가장 적게 전구에 흐르는 전류의 약 2배가 될정도 차이가 많이 났다. 6 V - 0.15 A 전구들의 점등시 전구에 흐르는 전류를 보면 5번 전구가 0.043 A로 가장 적게 흘렀고 7번 전구가 0.047A로 가장 많이 전류가 흘렀다. 점등시 전구에 흐르는 차이가 0.004 A로 작은 차이를 보였다.



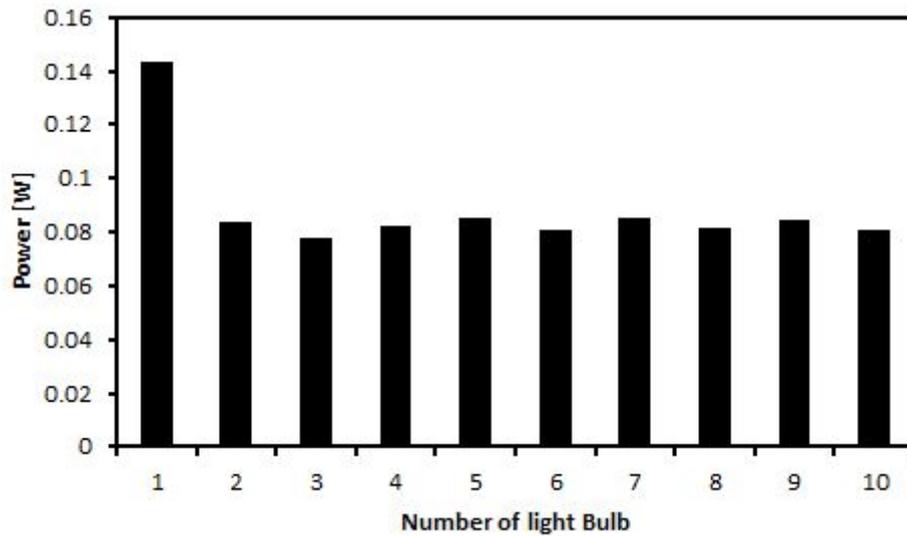
[그림 III-24] 각 전구별 점등점 전류 분포

[그림 III-24]는 각 규격별 점등점에서 전구에 흐르는 전류를 나타낸 그래프이다. 대체로 1.5 V - 0.3 A 전구들이 점등될 때 전구에 흐르는 전류가 가장 많았고 6 V - 0.15 A 전구들이 점등될 때 전구에 흐르는 전류가 가장 적었다. 정격전압에 따라 점등시 전구에 흐르는 전류량이 차이가 났다. 정격전압이 높은 전구일수록 점등시 전구에 상대적으로 적은 전류가 흘러도 되지만 정격전압이 낮은 전구일수록 점등시 전구에 상대적으로 많은 전류가 흘러야 한다.

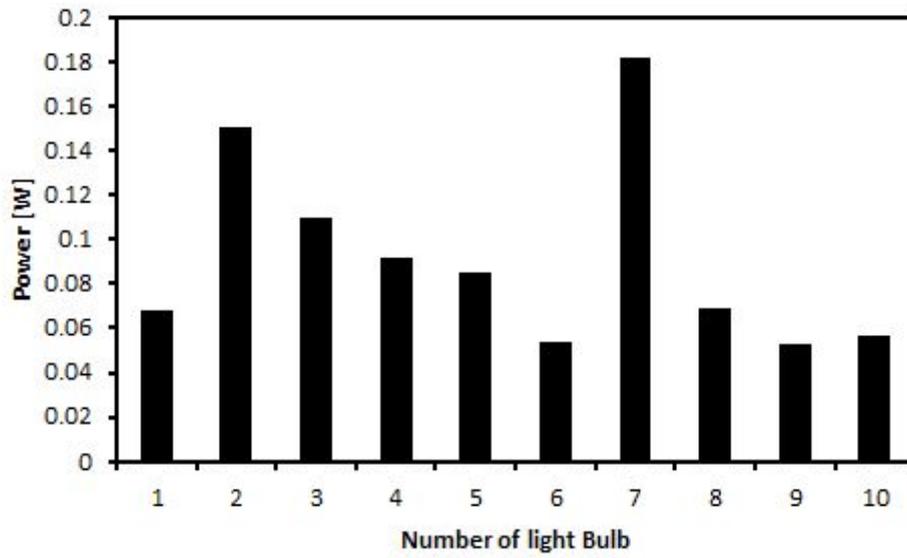
본연구의 서론에서 전구의 점등에는 어떤 임계 전력이 필요할 것이라고 가설을 설정하였기에 이 가설을 검증하기 위하여 앞에서 측정한 전압과 전류를 이용해 각 전구의 점등점에서 소비하는 전력을 구하여 비교해 보았다. <표 III-6>는 각 전구별 점등점에서 소비하는 전력을 나타낸 표이고 [그림 III-25], [그림 III-26], [그림 III-27]은 각 규격별 점등점에서 소비하는 전력을 그래프로 나타낸 것이다.

<표 III-7> 각 전구별 점등 임계 전력

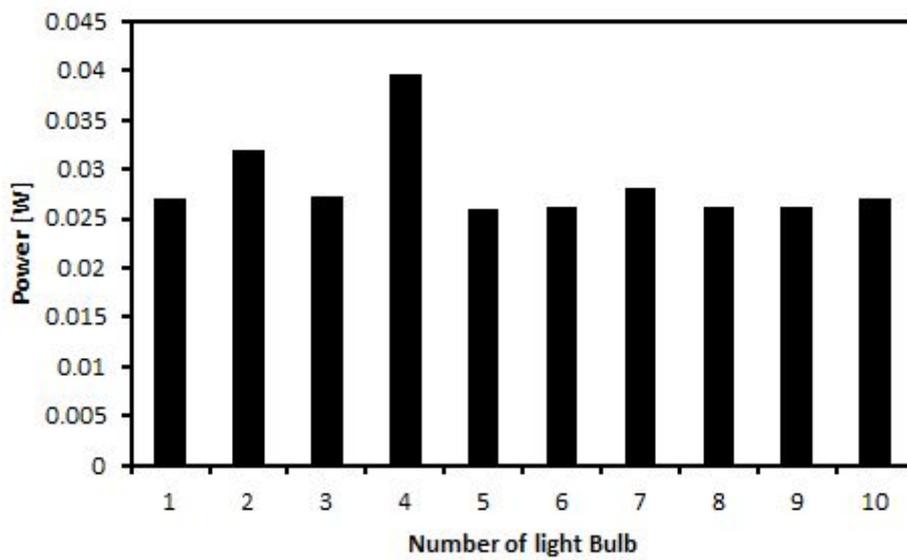
전구번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.5 V - 0.3 A 전구 전력(W)	0.144	0.084	0.078	0.082	0.085	0.081	0.086	0.082	0.085	0.081
3.5 V - 0.3 A 전구 전력(W)	0.068	0.150	0.110	0.092	0.085	0.054	0.181	0.069	0.053	0.057
6 V - 0.15 A 전구 전력(W)	0.027	0.032	0.027	0.040	0.026	0.026	0.028	0.026	0.026	0.027



[그림 III-25] 1.5 V - 0.3 A 전구의 점등 임계 전력

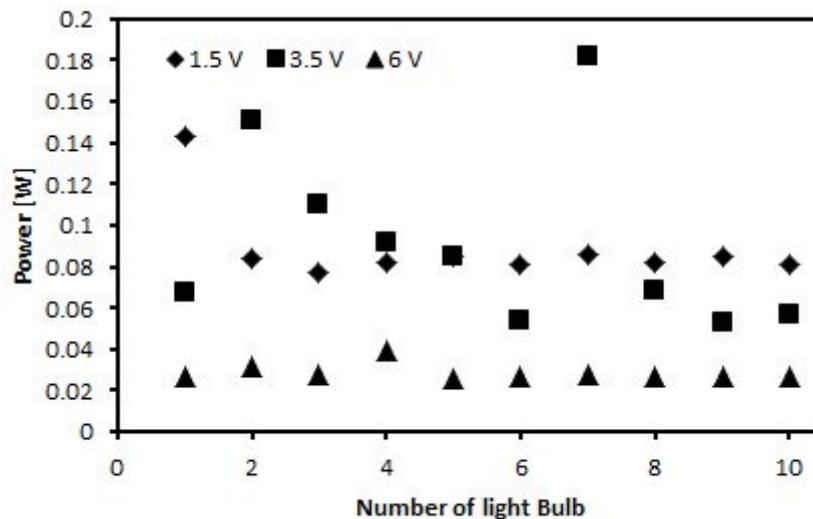


[그림 III-26] 3.5 V - 0.3 A 전구의 점등 임계전력



[그림 III-27] 6 V - 0.15 A 전구의 점등 임계전력

각 규격별 전구가 점등되기 위하여 필요한 임계전력을 보면 1.5 V - 0.3A 전구들은 0.078 W부터 0.144 W까지 전력이 필요하며, 3.5 V - 0.3 A 전구들은 0.053 W부터 0.181 W까지 전력이 필요하며, 6 V - 0.15 A 전구들은 0.026 W부터 0.040 W까지 전력이 필요하다. 각 전구마다 점등되기 위해서 어떤 임계 전력이 필요하다는 것을 알 수 있다.



[그림 III-28] 각 규격별 점등 임계전력 분포

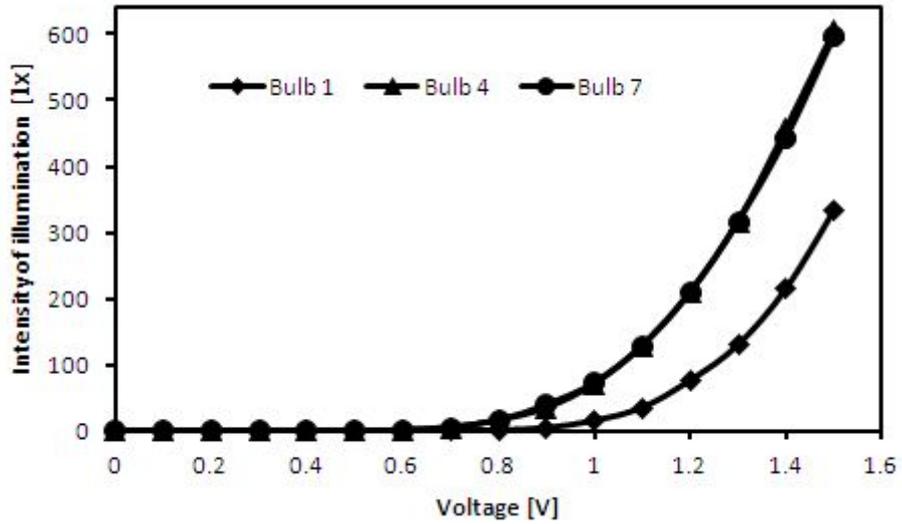
[그림 III-28]은 각 규격별 점등시 임계전력 분포를 나타낸 것이다. 세 가지 규격 전구 중에서 6 V - 0.15 A 전구들이 가장 적은 전력을 소비하고 전구를 점등시킬 수 있다는 것을 알 수 있다. 3.5 V - 0.3 A 전구가 가장 다양한 범위에 전구가 점등되는 임계전력들을 갖고 있는데 3.5 V - 0.3 A 전구의 실온에서 저항이 다양하게 분포되어 있는 것과 관련해서 전구의 저항이 전구의 전압과 전류 특성이 달라짐에 영향을 미친다는 앞서의 논의 결과에 의거해 전구의 임계전력이 다양하다는 것에도 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 같은 규격이라고 할지라도 전구가 점등되는 임계전력이 다르기에 학교현장에 전구의 직렬연결 관련 실험에서 한 쪽 전구에는 전구에서 소비하는 전력이 점등 임계전력에 도달하여 불이 켜지지만 다른 쪽에서는 전구에서 소비하는 전력이 임계전력에 도달하지 못하여 전

구에 불이 켜지지 않아 어려움 겪게 되는 경우가 생길 수 있게 된다. 앞에서 전구는 비선형소자로 인가한 전압에 따라 저항이 변하면서 전류가 전압에 정비례하여 증가하지는 않지만 전구에 흐르는 전류가 증가한다는 것을 논의하였다. 임계점에서 전력을 전구에 인가한 전압과 전구에 흐르는 전류를 통해 구하였기 때문에 전구가 점등되는 임계전력 이하에서 전구에 불이 켜지지 않았지만 전구에 전류가 흐르고 있고 전구에 전압이 인가되고 있음을 알 수 있다. 즉, 임계점 이하의 전류와 전압에서는 전구에 전류가 흐르거나 전압이 인가되더라도 전구가 점등되지 않는다는 것을 알 수 있다. 따라서 전구의 직렬연결회로에서 한 쪽 전구에만 불이 켜지고 다른 쪽 전구에 불이 켜지지 않는다고 해서 전구에 전류가 흐르지 않는 것이 아니라 전구에 전류가 흘러 전구에서 전력이 소비되고 있지만 점등에 필요한 임계전력에 미치지 않았기 때문에 전구에 불이 켜지지 않는다고 할 수 있겠다.

#### 나. 전구에 인가된 전압에 따른 전구의 조도

##### 1) 1.5 V - 0.3 A 전구

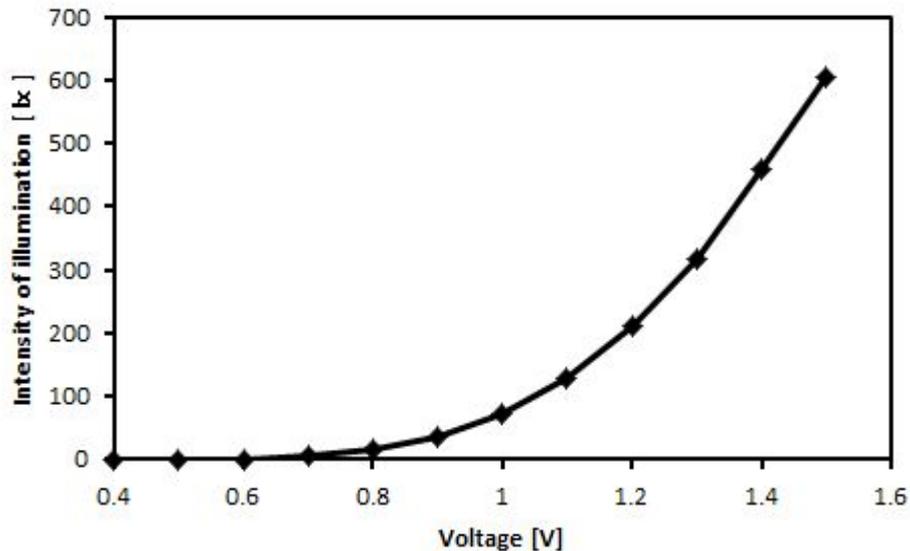
1.5 V - 0.3 A 전구들에 인가한 전압에 따른 조도를 측정하였다. 1.5 V - 0.3 A 전구의 전기적 특성에서 다루었던 1번, 4번, 7번 전구에 인가한 전압에 따른 조도 그래프는 [그림 III-29]와 같다. 4번, 7번 전구의 조도는 비슷하게 나왔지만 1번 전구의 조도는 나머지 전구의 조도와 많은 차이를 보였다. 이를 통해 같은 1.5 V - 0.3 A 규격일지라도 전압에 따라 밝기가 다를 수 있다는 것을 알 수 있다. 이 중에 정격전압인 1.5 V를 전구에 인가했을 때 전구에 흐르는 전류가 약 0.3 A로 정격규격에 가장 근접하게 측정이 되었던 4번 전구의 결과를 갖고 논의하겠다.



[그림 III-29] 1.5 V - 0.3 A 1번, 4번, 7번 전구에 인가한 전압에 따른 조도

<표 III-8> 1.5 V - 0.3 A 4번 전구에 인가한 전압에 따른 조도

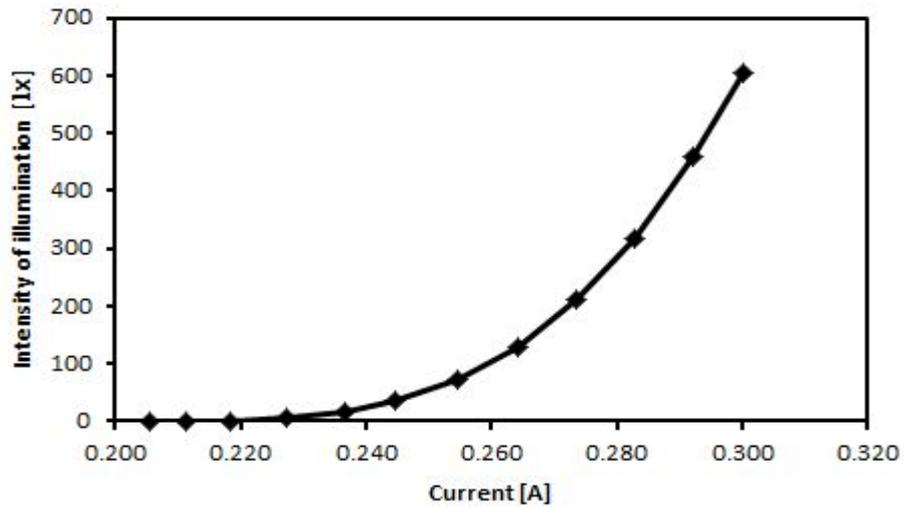
전압(V)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
조도(lx)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.14	1.00	5.06
전압(V)	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
조도(lx)	16.10	35.00	71.30	129.00	210.00	317.00	458.00	606.00



[그림 III-30] 1.5 V - 0.3 A 4번 전구에 인가한 전압에 따른 조도

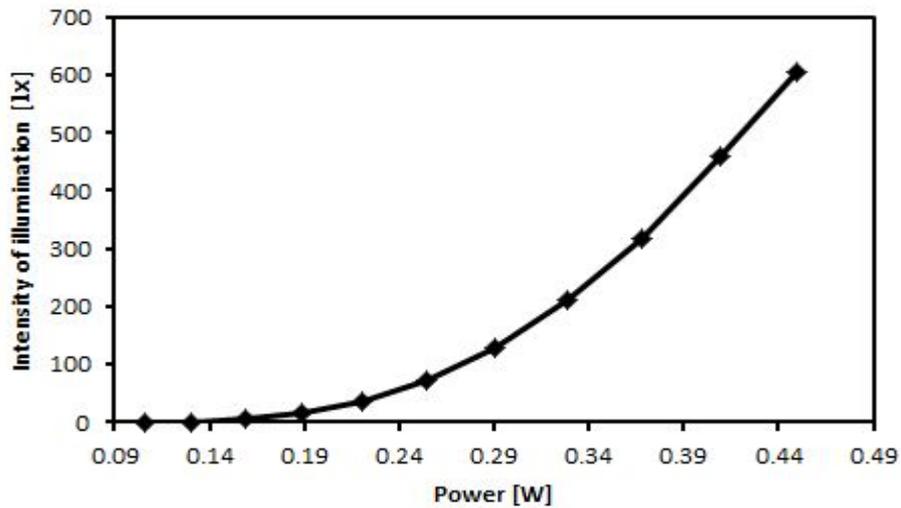
<표 III-8>은 1.5 V - 0.3 A 4번 전구에 인가된 전압에 따른 조도를 나타내고 있다. 전구에 인가된 전압이 0.4 V일 때 조도가 0.01 lx로 전구에 점등이 시작되었고, 인가된 전압이 0.5 V 일 때 측정된 조도가 0.14 lx로 0.13 lx 증가하였다. 인가된 전압이 0.6 V 일 때 측정된 조도는 1lx로 0.86 lx 증가하였다. 전구에 인가된 전압이 증가할수록 증가하는 조도도 커진다. [그림 III-30]는 4번 전구에 인가된 전압에 따른 조도 그래프이다. 그래프의 기울기가 점점 커짐을 통해 전압이 커질수록 증가하는 조도도 커진다는 것을 알 수 있다. 인가하는 전압에 따라 조도도 증가하는 하지만 전압-조도 그래프가 비선형이므로 전구에 인가하는 전압과 그로 인해 증가하는 조도는 서로 정비례관계는 성립하지 않는다.

[그림 III-31]은 1.5 V - 0.3 A 4번 전구에 흐르는 전류에 따른 조도 그래프이다. 약 0.2 A까지는 조도가 0 lx이고, 약 0.2 A ~ 0.25 A사이에서 조도가 완만하게 증가하였으며 0.25 A ~ 0.3 A에서 조도가 급격하게 증가하였다. 그래프의 기울기가 점점 커지는 것을 통해 전구에 흐르는 전류가 많아질수록 조도는 비례하여 증가하지만 정비례 관계는 아니라는 것을 알 수 있다.



[그림 III-31] 1.5 V - 0.3 A 4번 전구에 흐르는 전류에 따른 조도

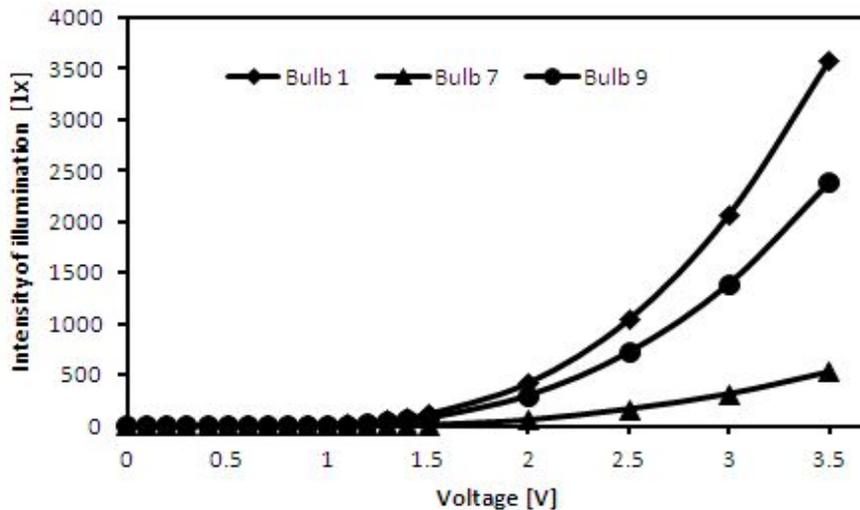
전구의 밝기를 결정하는 전력과 조도와의 관계를 그래프로 나타내면 [그림 III-32]과 같다. 처음에는 완만히 증가하다가 점차 증가하는 조도가 커지고 있다. 1.5 V - 0.3 A 전구는 전력과 조도와의 관계도 앞에서 논의한 전압, 전류와 마찬가지로 비례하기는 하지만 정비례관계는 성립하지 않는다.



[그림 III-32] 1.5 V - 0.3 A 4번 전구에 소모되는 전력에 따른 조도

2) 3.5 V - 0.3 A 전구

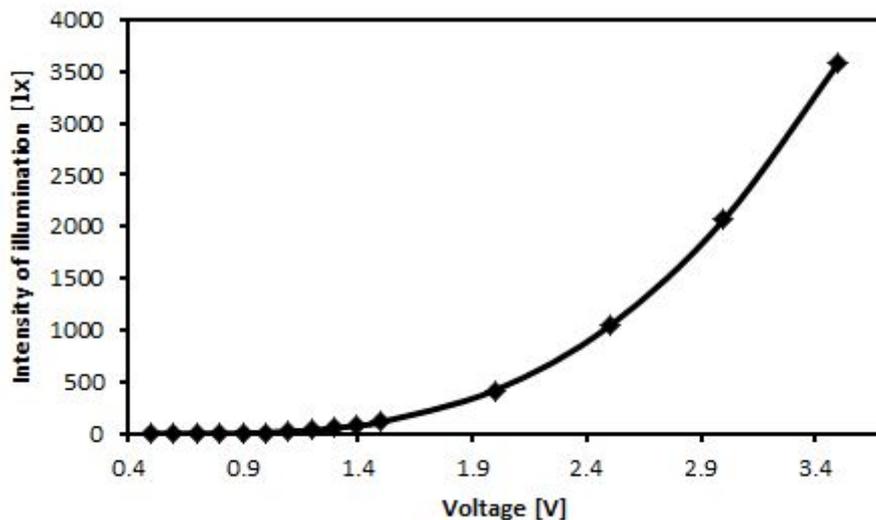
3.5 V - 0.3 A 전구들의 인가한 전압에 따른 조도를 측정하였다. 3.5 V - 0.3 A 전구의 전기적 특성에서 다루었던 1번, 7번, 9번 전구에 인가한 전압에 따른 조도 그래프는 [그림 III-33]과 같다. 세 전구 모두 조도가 많이 차이 나는 것을 알 수 있다. 전압에 따른 조도가 다양하게 나오는 것을 통해 1.5 V - 0.3 A 전구들과 마찬가지로 3.5 V - 0.3 A 전구들 또한 같은 규격일지라도 전구의 밝기가 다를 수 있음을 알 수 있다. 이 중에 정격전압인 3.5 V를 전구에 인가했을 때 전구에 흐르는 전류가 약 0.302 A로 정격규격에 가장 근접하게 측정이 되었던 1번 전구의 결과를 갖고 논의하겠다.



[그림 III-33] 3.5 V - 0.3 A 1번, 7번, 9번 전구에 인가한 전압에 따른 조도

<표 III-9> 3.5 V - 0.3 A 1번 전구에 인가한 전압에 따른 조도

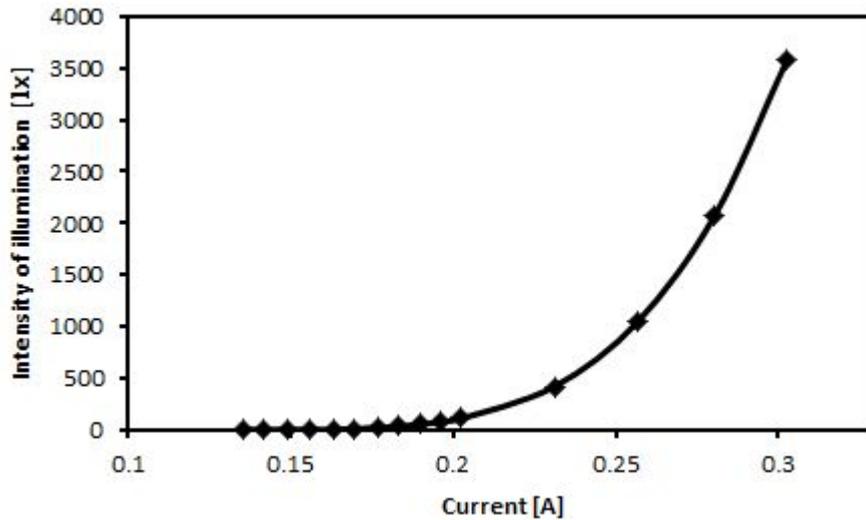
전압(V)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
조도(lx)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.18	0.86
전압(V)	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
조도(lx)	2.41	6.10	11.30	21.10	33.60	54.10	77.80	112.00
전압(V)	2	2.5	3	3.5				
조도(lx)	419.00	1040.00	2070.00	3580.00				



[그림 III-34] 3.5 V - 0.3 A 전구 1번에 인가한 전압에 따른 조도

<표 III-9>은 3.5 V - 0.3 A 1번 전구에 인가된 전압에 따른 조도를 나타낸다. 전구에 인가된 전압이 0.5 V일 때 조도가 0.02 lx이었고, 인가된 전압이 0.6 V 일 때 측정된 조도는 0.18 lx로 0.16 lx 증가하였다. 인가된 전압이 0.7 V 일 때 측정된 조도가 0.86 lx로 0.70 lx 증가하였다. [그림 III-34]은 전구의 인가된 전압에 따른 조도 그래프이다. 그래프의 기울기 점점 커짐을 알 수 있다. 이는 전압이 커질수록 증가하는 조도도 커진다는 것을 의미한다. 그래프가 비선형이므로 3.5 V -

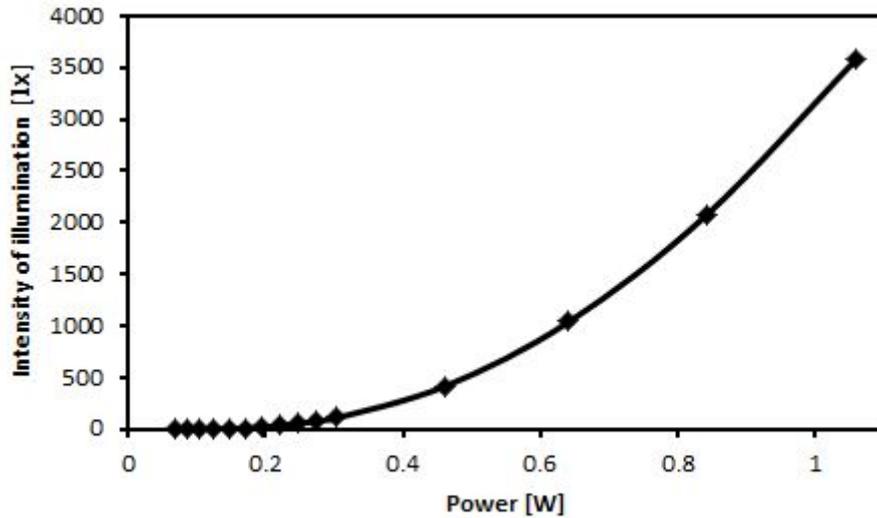
0.3 A 전구에 인가하는 전압과 그로 인해 증가하는 조도는 서로 정비례관계가 성립하지 않음을 알 수 있다.



[그림 III-35] 3.5 V - 0.3 A 1번 전구에 흐르는 전류에 따른 조도

[그림 III-35]은 3.5 V - 0.3 A 전구에 흐르는 전류에 따른 조도 그래프이다. 약 0.13 A까지는 조도가 0 lx이고, 약 0.13 A ~ 0.22 A사이에는 조도가 완만하게 증가하였으며 0.22 A ~ 0.3 A에서 조도가 급격하게 증가하였다. 3.5 V - 0.3A 전구에 흐르는 전류가 많아질수록 조도가 비례하여 증가하지만 정비례관계는 아니다.

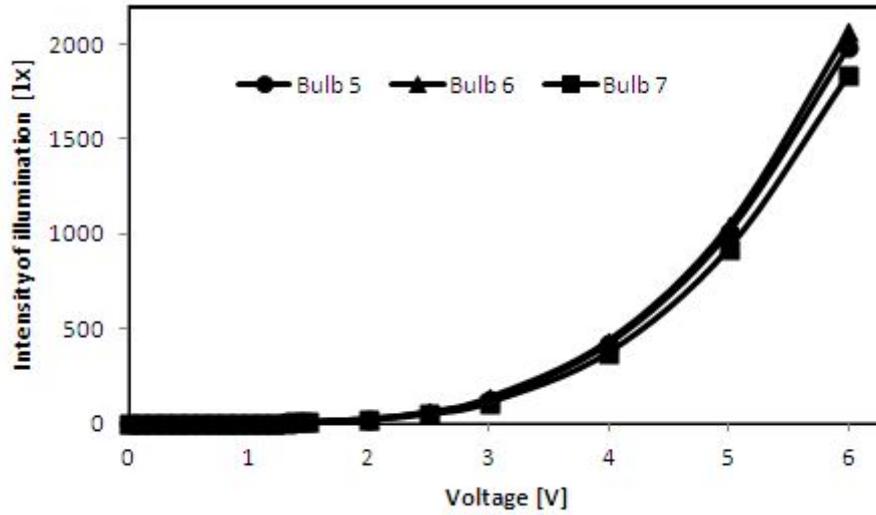
전구의 밝기를 결정하는 전력과 조도와의 관계 그래프로 나타내 보면 [그림 IV-34]와 같다. 처음에는 완만히 증가하다가 점차 증가하는 조도가 커지고 있다. 3.5 V - 0.3 A 전구의 전력과 조도와의 관계는 앞에서 논의한 전압, 전류와 마찬가지로 비례하기는 하지만 정비례관계는 성립하지 않는다.



[그림 III-36] 3.5 V - 0.3 A 1번 전구가 소모하는 전력에 따른 조도

### 3) 6 V - 0.15 A 전구

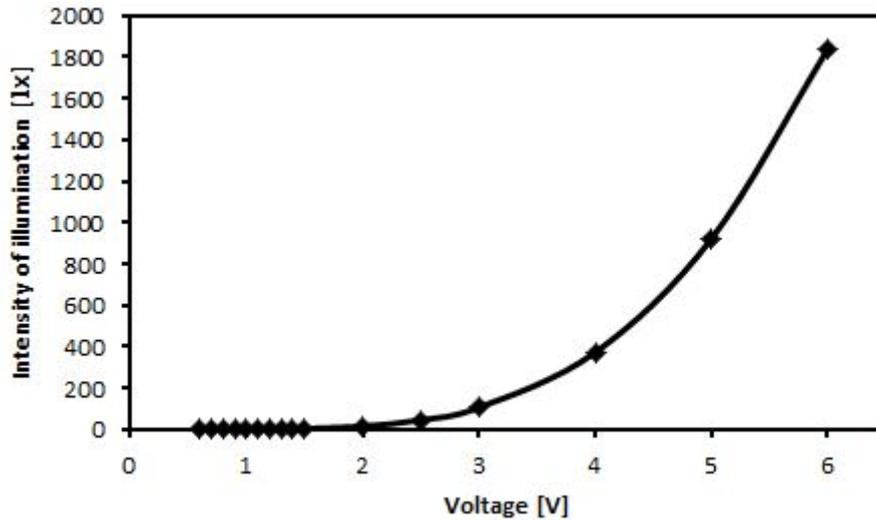
6 V - 0.15 A 전구들의 각 부하 전압에 따른 조도를 측정하였다. 6 V - 0.15 A 전구의 전기적 특성에서 다루었던 5번, 6번, 7번 전구에 인가한 전압에 따른 조도 그래프는 [그림 III-37]과 같다. 5번, 6번 전구의 조도는 비슷하게 나왔지만 7번 전구의 조도는 나머지 전구의 조도와 차이를 보였다. 이를 통해 앞서 1.5 V - 0.3 A, 3.5 V - 0.3 A 전구들과 마찬가지로 같은 6 V - 0.15 A 규격일지라도 전구의 밝기가 다를 수 있음을 알 수 있다. 이 중에 정격전압인 6 V를 전구에 인가했을 때 전구에 흐르는 전류가 약 0.150 A로 정격규격에 가장 근접하게 측정이 되었던 7번 전구의 결과를 갖고 논의하겠다.



[그림 III-37] 6 V - 0.15 A 5번, 6번, 7번 전구에 인가한 전압에 따른 조도

<표 III-10> 6 V - 0.15 A 7번 전구에 인가한 전압에 따른 조도

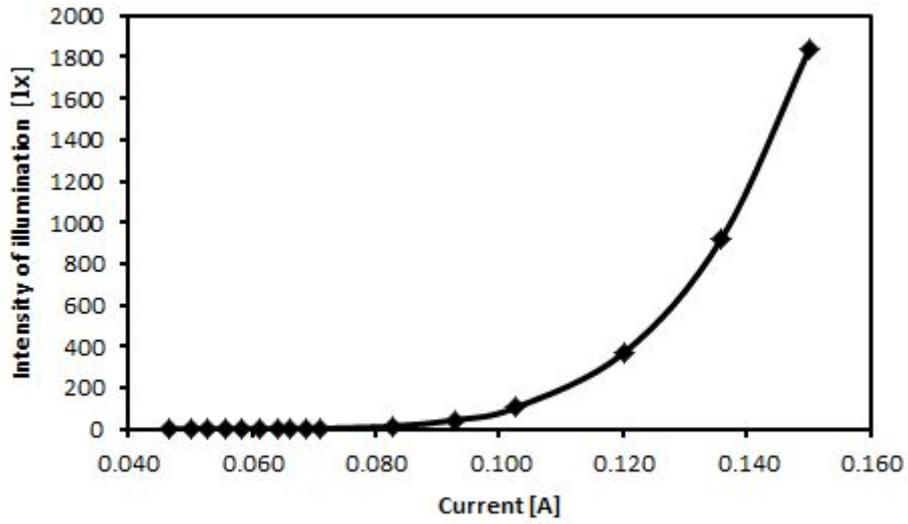
전압(V)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
조도(lx)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02
전압(V)	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
조도(lx)	0.05	0.12	0.25	0.48	0.91	1.37	2.15	3.23
전압(V)	2	2.5	3	4	5	6		
조도(lx)	15.20	45.10	106.00	372.00	922.00	1840.00		



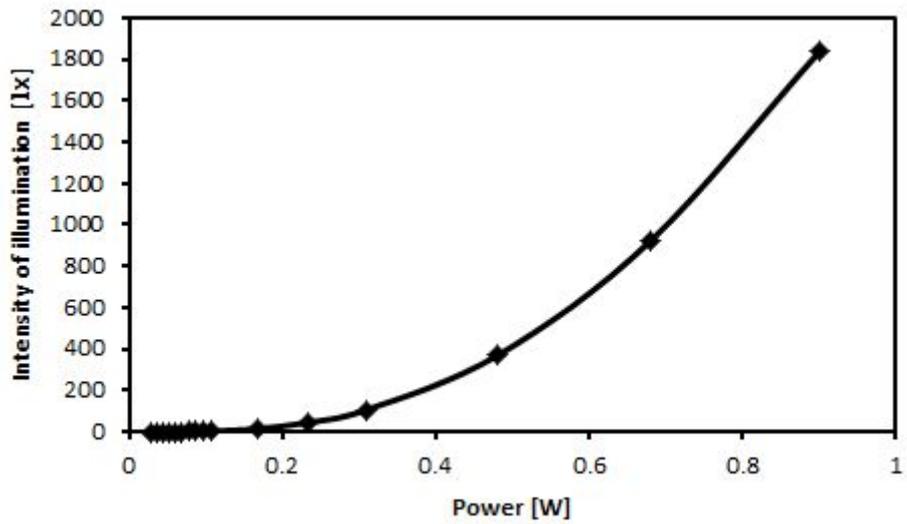
[그림 III-38] 6 V - 0.15 A 7번 전구에 인가한 전압에 따른 조도

<표 III-10>는 6 V - 0.15 A 7번 전구에 인가된 전압에 따른 조도를 나타낸다. 전구에 인가된 전압이 0.6 V - 0.15 A일 때 조도는 0.01 lx 이었고, 인가된 전압이 0.7 V 일 때 측정된 조도가 0.02 lx로 0.01 lx 증가하였다. 인가된 전압이 0.8 V 일 때 측정된 조도는 0.05 lx로 0.03 lx 증가하였다. [그림 III-38]은 전구의 인가된 전압에 따른 조도 그래프이다. 그래프의 기울기가 점점 커짐을 통해 전구에 인가하는 전압이 커질수록 증가하는 조도도 커진다는 것을 알 수 있다. 6 V - 0.15 A 그래프가 비선형이고 기울기가 점점 커지고 있으므로 전구에 인가하는 전압과 그로 인해 증가하는 조도와는 비례하긴 하지만 정비례관계는 성립하지 않는다.

[그림 III-39]은 6 V - 0.15 A 7번 전구에 흐르는 전류에 따른 조도 그래프이다. 약 0.08 A까지는 조도가 0 lx이고, 약 0.08 A ~ 0.12 A사이에는 조도가 완만하게 증가하였으며 0.12 A ~ 0.15 A에서 조도가 급격하게 증가하였다. 6 V - 0.15 A 전구에 흐르는 전류가 많아질수록 조도가 비례하여 증가하지만 정비례관계는 아니다.



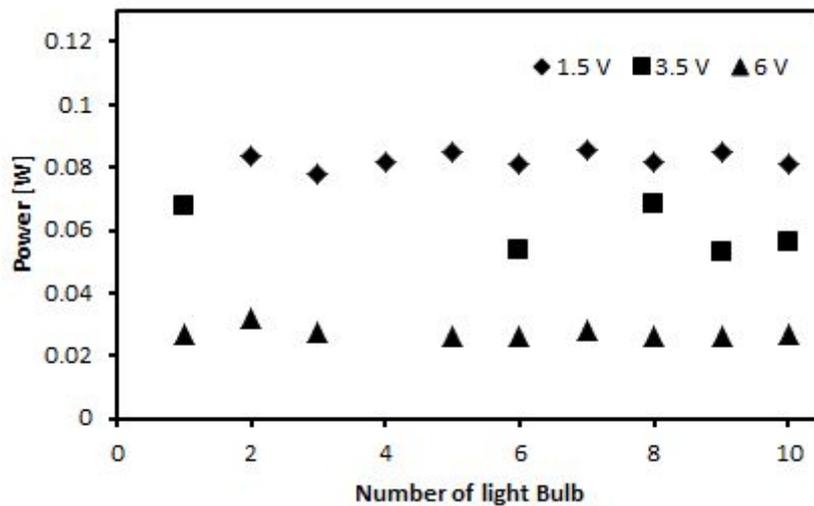
[그림 III-39] 6 V - 0.15 A 7번 전구에 흐르는 전류에 따른 조도



[그림 III-40] 6 V - 0.15 A 7번 전구가 소모하는 전력에 따른 조도

전구의 밝기를 결정하는 전력과 조도와의 관계 그래프는 [그림 III-40]과 같다. 처음에는 완만히 증가하다가 점차 증가하는 조도가 커지고 있다. 3.5 V - 0.3 A 전구의 전력과 조도와의 관계는 앞에서 논의한 전압, 전류와 마찬가지로 비례하기는 하지만 정비례관계는 성립하지 않는다.

이상 전구들의 광학적 특성을 정리해 보면 각 규격의 전구가 점등되기 위해서는 어떤 임계전력 이상을 필요로 한다. 규격별 전구마다 점등시 소비되는 전력이 조금씩 다른데 각 규격마다 대표성을 띠는 전구와 비슷한 임계전력을 나타내는 전구들과 그 전구들의 임계전력은 [그림 III-41]과 같다.



[그림 III-41] 각 규격별 대표 전구와 비슷한 임계전력을 갖는 전구들의 임계전력 분포

6 V - 0.15 A 전구가 점등되기 위해서 가장 적은 임계전력이 필요하고 1.5 V - 0.3 A 전구가 점등되기 위해서 가장 많은 임계전력을 필요로 한다. 임계전력 이하의 전류와 전압에서는 전구에 전류가 흐르거나 전압이 인가되더라도 점등되지 않을 수 있다. 전구의 직렬연결에서 한 전구에만 불이 켜지고 다른 전구에 불이 켜지지 않는다고 해서 불이 켜지지 않는 전구에 전류가 흐르지 않거나 전압이 인가되지 않는 것이 아니라 임계전력에 미치지 못하여 점등이 안 된 것이라 생각할

수 있다.

전구의 밝기는 전구가 소비하는 전력에 비례하여 증가하였다. 전구가 소비하는 전력은 전구에 인가한 전압과 전구에 흐르는 전류를 통하여 구하였는데 전압과 전류는 전구의 저항에 영향을 받기 때문에 전력 또한 저항에 영향을 받게 된다. 앞에서 같은 규격일지라도 실온저항과 전구에 전압 인가시 저항이 변하는 것에 대해 논의하였다. 따라서 같은 규격의 두 개의 전구를 직렬로 연결 하였을 때 두 전구에는 같은 전류가 흐르지만 두 전구의 저항 차이로 인해 전압과 전류 특성이 달라져 각 전구에 걸리는 전압이 다르게 된다. 따라서 전구에서 소비되는 전력이 차이가 나게 된다. 그리고 같은 규격의 두 개의 전구를 병렬로 연결 하였을 때 두 전구에 걸리는 전압은 같지만 전구의 저항 차이로 인한 전압과 전류 특성이 달라져 각 전구에 흐르는 전류가 다르게 되고 이로 인해 전구에서 소비되는 전력이 차이가 나게 된다. 전구의 저항 차이로 전구에서 소비하는 전력이 차이가 나고 소비하는 전력과 전구의 밝기는 비례하기 때문에 전구의 빛의 밝기가 같아야 하는 같은 규격 전구의 직렬, 병렬연결 실험에서 교과서에 제시된 결과와 다르게 나오는 경우가 생기게 되는 것이다.

## IV. 결론

초등학교 과학과 교육과정 전기관련 단원에서 사용하는 전구와 관련하여 실험 수업에서 발생하는 문제들의 원인이나 이유들을 실험적으로 밝히고 교사들에게 필요한 전구에 대한 배경적인 과학지식을 제공하는 것이 이 연구의 실질적인 목적이었다. 그리고 이 연구의 목적을 효율적으로 달성하기 위하여, 과학과 교육과정에서 다루어지는 전구에 대한 과학지식들과 교사나 학생들의 전구에 대한 인식들이 ‘과연 과학적인가?’, 그리고 전기 관련 실험수업에서 발생하여 교사들이나 학생들을 어렵게 하는 문제들의 원인들이 교사들이 주장해온 바와 같이 ‘전구의 불량인가? 에 초점을 맞추어, ‘같은 규격의 전구들 일지라도 그 저항이 다를 수 있다’, ‘전구의 저항이 달라짐에 의하여 그 전류-전압 특성도 달라진다’, ‘전구의 점등에는 어떤 임계전력이 필요하며, 임계전력 이하의 전류와 전압에서는 전구에 전류가 흐르거나 전압이 인가되더라도 점등되지 않는다’, 그리고 ‘전구의 밝기는 전력에 비례한다’ 라는 가설을 설정하여 실험적으로 검증하는 절차를 통해 전구와 관련된 초등학교 과학실험수업에서 발생하는 문제들의 원인이나 이유를 이해할 수 있는 기초적인 자료와 교사들에게 필요한 전구에 대한 배경적인 과학지식을 제공하는데 그 목적이 있다.

이 연구의 결론은 다음과 같다.

첫째, 같은 규격의 전구일지라도 실온에서 저항, 전압 인가시 전구의 저항 다를 수 있다는 것이다. 전구 밝기를 결정하는 전력이 전구의 저항에 영향을 받기 때문에 저항이 달라진다면 또한 전구의 밝기도 달라질 수 있다.

둘째, 전구의 저항이 달라짐에 의하여 그 전류-전압 특성도 달라진다. 실온에서 저항이 같다고 하더라도 전압에 따른 전류 그래프가 다양하게 나왔고 전구가 옴의 법칙을 따르지 않는 비선형 소자임을 실험을 통해 보임과 동시에 전압에 따른 저항들을 도해법(현동걸과 박상우, 2012)을 사용하여 측정하고 제시하였다.

셋째, 전구의 점등에는 어떤 임계전력이 필요하며, 임계전력 이하의 전류와 전압에서는 전구에 전류가 흐르거나 전압이 인가되더라도 점등되지 않는다는 것을 실험적으로 보였다. 따라서 전구를 직렬로 연결할 때 한 쪽 전구는 저항이 커서 전구에 임계전력보다 높은 전력이 소비되고 다른 쪽은 상대적으로 저항이 작아

전구가 소비하는 전력이 임계전력보다 낮다면 한 쪽만 불이 켜지는 현상이 일어나게 된다. 이는 전구의 저항 차이와 이로 인해 전구에서 소비되는 전력의 차이로 해석할 수 있다.

넷째, 전구의 밝기는 전력에 비례한다. 전구의 밝기는 전구에 흐르는 전류뿐만 아니라 전구의 저항, 전구에 인가되는 전압과 그로 인해 전구에서 소비되는 전력에 영향을 받는다는 것을 실험을 통해 검증하였는데 이는 전류만이 전구의 밝기를 결정한다는 교사들의 오개념(최은정 등, 2006)을 바로 잡아 줄 것이다.

본 연구를 토대로 전구를 활용한 과학실험과 관련하여 제언을 하고자 한다.

전구를 사용하는 전기회로 관련 실험을 할 경우 전구를 비롯한 실험 기구를 선택하는데 있어서 신경을 써야 한다. 전지의 내부저항과 기전력을 생각하여 가능한 새 건전지를 사용해야하고 도선과 전지 끼우개 상태도 확인해야 한다(김현수, 2002). 5학년 1학기 과학과 교사용 지도서에서 전구는 전류계를 이용하여 저항을 미리 확인하고 동일한 것으로 준비해서 실험해야 전구의 밝기를 바르게 비교할 수 있다고 했다(교과부, 2011e). 앞에서 논의 했다시피 전구는 옴의 법칙을 따르지 않기 때문에 전류계를 통해 저항을 구하게 되면 실제 저항보다 낮은 저항을 구하게 되어 교사로 하여금 잘못된 실험 결과를 갖고 학생들을 지도하게 되는 경우가 생기게 된다. 이에 전구를 선택함에 있어서 정격전압 일 때 저항을 도해법(현동걸과 박상우, 2012)이나 전구의 온도(김병석, 2004)를 통해 구해서 같은 저항을 갖는 전구를 선택해야 하지만 이게 어렵다면 최소한 테스터기를 활용하여 실온 저항이 같은 동일한 전구를 선택해야 한다. 여기에 앞에 논의한바와 같이 실온에서 저항이 같은 전구일지라도 전압과 전류 특성이 다르고 조도 또한 같지 않음을 교사가 인식하여 사전 실험을 통해 가능한 비슷한 밝기를 내는 전구를 준비해야 실제 전기관련 실험수업시 발생할 수 있는 문제들을 사전에 방지할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- 강진필. (2004). **초등학교 과학과 전기단원 실험 지도의 실태조사**. 한국교원대학교 교육대학원.
- 교과부. (2011a). **초등학교 과학 5-1**. 서울: 금성출판사.
- 교과부. (2011b). **초등학교 과학 6-1**. 서울: 금성출판사.
- 교과부. (2011c). **초등학교 실험관찰 5-1**. 서울: 금성출판사.
- 교과부. (2011d). **초등학교 실험관찰 6-1**. 서울: 금성출판사.
- 교과부. (2011e). **초등학교 교사용 지도서 과학 5-1**. 서울: 금성출판사.
- 교과부. (2011f). **초등학교 교사용 지도서 과학 6-1**. 서울: 금성출판사.
- 권재술, 김범기. (1993). **과학 오개념 편람**. 한국교원대학교 물리교육연구실.
- 김병석. (2004). **전구의 밝기에 관한 이론적·실험적 연구**. 경인교육대학교 교육대학원.
- 김병석, 홍석인. (2005). **꼬마전구의 밝기 측정 및 이론적 이해**. **새물리**, 60(5), 296-302.
- 김상옥, 최병문, 김윤걸, 조선형. (1981). **초등 과학 실험상의 문제점에 관한 연구**. **과학교육**, 6, 1-37.
- 김윤걸, 김상옥, 최병문. (1986). **초등과학 실험방법의 개발 연구**. **과학과 수학 교육**, 10, 1-26.
- 김은숙, 심재규, 정요재, 장병기. (1999). **초등학생의 전기회로 이해에 따른 자연 교과서 전기 단원에 대한 분석과 제안**. **한국과학교육학회지**, 19, 570-584.
- 김익균. (1997). **꼬마전구 실험에서 자신의 생각과 불일치하는 실험결과에 대한 대학생들의 반응**. **물리교육**, 15(2), 88-99.
- 김지선. (2009). **중학생들의 전기와 자기의 오개념 연구**. 순천대학교 교육대학원.
- 김진숙, 권성기. (2000). **초등과학교육**, 19(2), 1-13.
- 김찬호. (1993). **초등학교 교사의 전류 개념**. 한국교원대학교 교육대학원.
- 김현수. (2002). **내부 저항의 효과를 고려한 병렬연결된 건전지의 전자전압**.

- 인천교육대학교 교육대학원.
- 박상우. (1991). **초등학생의 전류에 대한 기초개념 조사**. 서울대학교 대학원.
- 박종욱, 김선자. (1996). 초등학교 교사들이 자연과 실험수업에서 겪는 문제. **한국초등과학교육학회**, 263-282.
- 박지현. (2011). **인지갈등을 유발하는 과학 글쓰기 활동이 초등학생의 전기 회로 개념변화와 과학성취도에 미치는 영향**. 대구교육대학교 교육대학원.
- 유성이, 백성혜. (2000). 입자와 에너지 관점에서 분석한 초등학교 중학교 전류와 전지 단원의 문제점. **한국과학교육학회지**, 20(3), 432-442.
- 이미경. (2007). **초등학교 과학실험 수업의 돌발 상황에 대한 교사들의 인식과 대처방안 조사**. 대구교육대학교 교육대학원.
- 이승희. (1997). **초등학교 3학년의 전지와 전구 단원에 제시된 회로요소들에 관한 학생들의 생각**. 충북대학교 교육대학원.
- 이육. (2002). **전기와 생활**. 교우사.
- 장병기, 신순임. (1998). **초등학교 교사의 전기에 대한 이해**. 춘천교육대학교 과학교육연구소.
- 정구엽 (1992). **국민학생의 전류에 대한 개념과 관계 현상 관찰후의 설명**. 한국교원대학교 교육대학원.
- 정미영, 김경숙, 권재술. (2005). 전구의 밝기에 대한 초등학생들의 사전개념 일관성 정도와 인지갈등 정도와의 관계. **초등과학교육**, 24(3), 259-267.
- 정수현. (2005). **초등학교 교사들의 과학과 에너지 영역 실험수업에서 겪는 문제**. 진주교육대학교 교육대학원.
- 최소영. (2009). **학습자의 선개념에 기초한 교육과정 재구성 : 초등학교 4학년 과학과 <전기 단원>의 개념수업 절차 모형 활용을 중심으로**. 이화여자대학교 교육대학원.
- 최영재, 고영신. (1994). 초등학교 자연과 실험 지도방법의 오류분석. **과학과 수학교육**, 20, 131-149. 서울교육대학교.
- 최은정, 홍석인, 이강영. (2006). 초등교사들의 전지 이해도 및 오개념 분석. **새 물리**, 53(4), 263-281.

- 최재환. (1990). 효과적인 실험지도(화학분야) 방안에 관한 연구. **과학과 수학교육**, 14, 59-72. 서울교육대학교.
- 현동걸. (2010). 전지의 연결방법에 따른 전지의 내부저항과 부하저항의 상대적 크기와 전류의 관계에 대한 이론적 접근. **새물리**, 60(10), 1125-1133.
- 현동걸, 박상우. (2012). 물리교육에서 나타나는 전구에 대한 문제들에 대한 연구(I) : 전구의 저항. **새물리**, 62(4), 352-363.
- Denardo, B. (2002). Temperature of a lightbulb filament. *Phys. Teach.* 40, 101-105.
- Prasad, B. S. N., Mascarenhas, R. (1978). A laboratory experiment on the application of Stefan's law to tungsten filament electric lamps, *Am. J. Phys.* 45(4), 420-423.
- Wikipedia. Incandescent light bulb. Retrieved July 2, 2012, from [http://en.wikipedia.org/wiki/Incandescent\\_lamp](http://en.wikipedia.org/wiki/Incandescent_lamp).
- Zanetti, V. (1985). Temperature of incandescent lamps, *Am. J. Phys.* 53(6), 546-548.

## A B S T R A C T

# A Study on the Electrical and Optical Characteristics of Light Bulbs in Aspect of Science Education

Kim, Seok-Ju

Major in Elementary Science Education  
Graduate School of Education  
Jeju National University

Supervised by Professor Hyun, Dong-Geul

There are some problems occurring involved with light bulbs in science experiments, which have done since the third science curriculum of Korea. The problems are that the brightnesses of the light bulbs of the same class in the series or parallel connection in a simple electric circuit are different from the predicted results. The purposes of this study are to identify the causes and reasons for the problems and to provide the background knowledge about light bulbs. The electrical and optical characteristics of light bulbs are investigated to solve the problems in aspect of science education experimentally. The results of this work are summarized as follows.

First, the resistances of the light bulbs of the same class may be different at room temperature and at lighting. These differences in the resistances can

cause the differences in the brightnesses of the light bulbs of the same class in the series or parallel connection in a simple electric circuit because the powers consumed that determine the brightnesses of light bulbs are affected by the resistances of light bulbs.

Second, although the resistances of light bulbs are the same at room temperature, the current-voltage characteristics of the light bulbs may be different. Light bulbs are nonlinear devices that do not follow Ohm's law, and the resistances of 1.5 V - 0.3 A, 3.5 V - 0.3 A, and 6 V - 0.15 A light bulb used generally in science experiments are measured and presented according to the applied voltages using the graphical method proposed by Hyun and Park.

Third, there is a critical electric power required for lighting of a light bulb. This study showed that light bulbs do not give off light in the current and voltage less than the current and voltage corresponding to the critical electric power. When one bulb with the less resistance consumes less electric power than the critical electric power because of the small resistance in a simple electric circuit with two light bulbs connected in series, the one does not give off light. This phenomenon can be interpreted as the less electric power consumption than the critical electric power due to difference in resistances of the light bulbs connected in series.

Fourth, Teachers' misconception that only current flowing through the light bulbs determines the brightness of light bulbs. But It is verified the brightness of light bulb is proportional to electric power experimentally in this work.

key word : Science experiments, Light bulb, Resistance, Brightness, Graphical method, Critical electric power