

과학교실 및 동아리 자료

- 개발년도 2차년도(2004년)
- 제 목 음의 법칙
- 연구책임자 심규철(공주대학교)
- 공동연구원 김희수(공주대학교)
류해일(공주대학교)
정기주(공주대학교)

이 자료는 서울대학교 과학교육연구소가 교육인적자원부의 과학교육 연구기관으로 지정받아 수행하고 있는 「탐구·실험 중심의 과학교육 활성화를 위한 연구개발 사업」의 일환으로 개발되었습니다.



서울대학교 과학교육연구소

Seoul National University Science Education Research Center

옴(Ohm)의 법칙

● 학습 목표

- 1) 전열선에 흐르는 전류와 전압의 관계로부터 옴의 법칙을 설명할 수 있다.
- 2) 옴의 법칙이 성립하지 않는 경우에 대해 찾아 그 이유를 설명할 수 있다.



서울대학교
과학교육연구소

● 개관

한 도선의 양 끝에 전압(V)이 걸려 있을 때, 도선에 흐르는 전류의 세기(I)는, 전압이 클수록 커진다. 즉

$$I \propto V \text{ ----- (1)}$$

라는 관계가 성립한다. 독일의 물리학자 옴(Georg Simon Ohm, 1789 ~ 1854)이 최초로 이 관계를 증명하였기 때문에 이를 옴의 법칙(Ohm's law)이라고 한다.

전류의 세기를 흐르는 물의 양에 비유하고, 전압은 물의 높이차(낙차)에, 전기 저항을 물이 흐르는 관의 굵기나 길이가 물의 흐름을 방해하려는 성질(저항)에 비유한 설명법을 고안해 낸 것도 옴이었다. 이런 설명법 덕분에 우리는 옴의 법칙을 쉽게 이해할 수 있다.

그런데 우리는 흔히 다음의 관계식,

$$R = \frac{V}{I} \text{ ----- (2)}$$

를 Ohm의 법칙이라고 말하는데 이는 잘못된 설명이다.

이 식은 저항에 대한 정의 식으로, Ohm의 법칙을 따르든 안 따르든 상관없이 전류가 흐르는 모든 장치에 적용된다. Ohm의 법칙은 전류-전압 관계 그래프가 직선으로 나타나는, 즉 물체의 저항 R 이 걸어준 전압 V 와 무관하다는 법칙이다. 구리와 같은 전도체이거나 실리콘 같은 반도체이거나 상관없이 모든 균질한 물질은 적당한 전압에서는 Ohm의 법칙을 따른다. 그러나 전압이 커지면 모두 Ohm의 법칙에 어긋나게 된다.

본 모듈에서는 8학년 ‘전기’단원에서 배운 전압과 전류의 관계에 대한 이해를 바탕으로 옴의 법칙이 성립하는 경우와 옴의 법칙이 성립하지 않는 몇 가지 응용 실험을 통해 옴의 법칙과 저항에 대한 올바른 이해를 할 수 있도록 구성하였다.



서울대학교
과학교육연구소

◎ 학습 활동

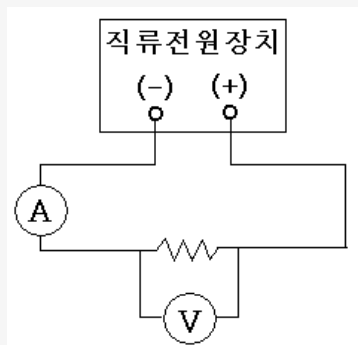
◆ 활동 1 : 옴(Ohm) 법칙의 실험

아래 준비물을 이용하여 옴의 법칙을 확인해 보자.

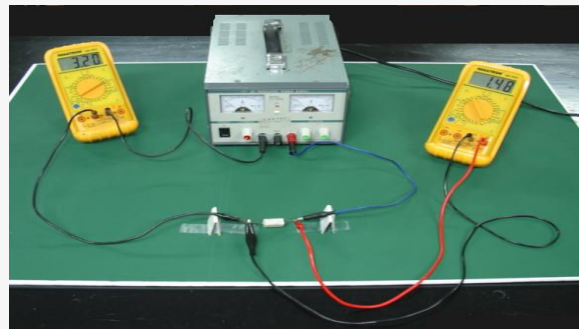
준비물 ;

직류전원장치, 디지털 멀티메타, 저항체, 그래프용지

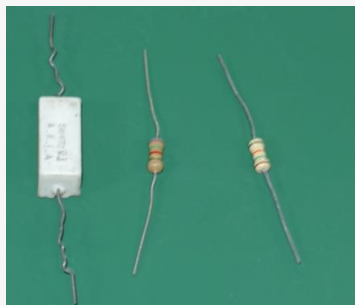
- 1) 준비물을 이용하여 아래 회로도와 같이 연결한다. 디지털 멀티메타 대신 직류 전류계와 직류전압계를 사용해도 되며, 저항은 저항값이 서로 다른 세 개의 색띠를 갖는 저항체 A, B, C를 사용한다.



[장치의 회로도]



[장치 사진]



[저항체들]

- 2) 저항체 A를 연결한 다음 전원장치의 스위치를 켜고, 전원장치의 전압 스위치를 조절하여 전압을 1 V씩 증가시키면서 그때의 전류값을 읽어 다음 표에 기록한다.

전압(V)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
저항체 A 전류(mA)										
저항체 B 전류(mA)										
저항체 C 전류(mA)										



- 3) 저항체를 B와 C로 바꾸어 위의 과정을 되풀이 하면서 전류값을 읽어 함께 기록한다.

- 4) 가로축을 전류, 세로축을 전압으로 하여 위 표를 그래프로 나타내 보자.



- 5) 세 그래프 모두 원점을 지나는가? 그래프는 어떤 모습으로 나타났는가?



6) 그래프의 기울기는 일정한가? 그래프의 기울기는 무엇을 의미하는가?

7) 그래프로부터 전압 V , 전류의 세기 I , 저항 R 사이의 관계식을 유도해보자.



8) 저항체 A, B, C에 대한 기울기는 각각 얼마인가?

A ; _____ B ; _____ C ; _____

9) 디지털 멀티메타를 이용하여 저항체의 저항값을 알아보자. 그 값은 위 8)에서 구한 기울기의 값과 일치하는가?



◆ 활동 2 : 옴(Ohm)의 법칙이 성립하지 않는 회로

활동 1에서 저항체에 흐르는 전류와 전압은 비례하여 옴의 법칙이 성립함을 알 수 있다. 그렇다면 모든 회로에서 항상 옴의 법칙이 성립하는지 알아보자.

준비물 ;

직류전원장치, 디지털 멀티메타, 6 V용 꼬마전구, 게르마늄 다이오드, 실리콘 다이오드, 그래프용지



[꼬마전구와 다이오드]

- 1) 활동 1에서 사용한 장치에 저항체 대신 꼬마 전구를 연결한다.
- 2) 전원전압을 1 V까지는 0.2 V씩, 10 V까지는 1 V씩 증가시키면서 전류를 측정하여 다음 표에 기록한다.

전압(V)	0.2	0.4	0.6	0.8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
저항체 A														
전류(mA)														



- 3) 가로축을 전류, 세로축을 전압으로 하여 위 표를 그래프로 나타내 보자.



4) 이때 전압과 전류는 서로 비례하는가? 비례하지 않는다면 그 이유는 무엇인가?

5) 전압 V , 전류의 세기 I , 저항 R 사이의 관계식이 활동 1에서와 똑같이 성립하는가?



6) 꼬마전구 대신 게르마늄 다이오드를 연결한 다음 전원장치의 전류 스위치를 조절하여 전류의 세기를 50 mA 씩 증가시키면서 전압을 측정하여 다음 표에 기록한다.

Ge 다이오드 전류(mA)	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
전압(V)														

7) 실리콘 다이오드를 연결한 후 위 6)의 과정을 반복하여 다음 표에 기록한다.

Si 다이오드 전류(mA)	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
전압(V)														



8) 가로축을 전류, 세로축을 전압으로 하여 위 표들을 그래프로 나타내 보자.



9) 이때 전압과 전류는 서로 비례하는가? 비례하지 않는다면 그 이유는 무엇인가?



10) 전압 V , 전류의 세기 I , 저항 R 사이의 관계식이 활동 1에서와 똑같이 성립하는가?



◎ 지도상의 유의점

활동1

- ① 전압을 너무 많이 올리면 저항체에 열이 발생하므로 전원 전압을 10V 이내로 한다. 그리고 측정하지 않을 때에는 스위치를 끈다.
- ② 디지털 멀티메타 대신 직류전류계와 직류전압계를 사용해도 된다. 디지털 멀티메타를 사용할 때에는 미리 올바른 사용법을 안내한다.
- ③ 사용할 저항체의 저항값을 미리 알고서 전류 및 전압계에 과부하가 걸리는 일이 발생하지 않도록 지도한다.



서울대학교
과학교육연구소

활동2

- ① 꼬마전구에 과도한 전류가 흐르면 전구가 타버리므로 주의한다.
- ② 다이오드의 경우, 스위치를 켰을 때 전류계의 바늘을 주목하고 만일 반대로 흔들리게 될 때에는 다이오드의 극을 확인하여 바꾸도록 한다.
- ③ 다이오드의 경우, 적은 전압의 변화에도 전류의 세기가 민감하게 변하는 영역이 있다. 따라서 전원 장치의 전류를 미세하게 조절하면서 전압을 측정하도록 한다. 전압의 변화가 작다고 전류를 크게 하면 안된다.
- ④ 다이오드의 경우, 전류와 전압의 관계를 측정하기가 매우 어렵다. 따라서 전압과 전류가 정비례하지 않음을 보이는 정도에서 실험을 끝내는 것이 좋다.



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소

◎ 관련 개념 및 참고 자료

대부분의 도체들은 양 끝에 전압을 걸어주면 도체에 흐르는 전류 I 와 전압 V 사이에는 비례하는 관계가 성립한다. 이를 최초로 관측한 옴(Georg Ohm, 1789 ~ 1854)의 이름을 따서 옴의 법칙(Ohm's law)이라고 한다. 즉 Ohm의 법칙이란 도체를 통해서 흐르는 전류가 장치에 걸린 전압에 정비례한다는 사실을 나타낸 법칙으로,

$$I \propto V$$

과 같이 표현할 수 있다. 식 (1)에서의 비례상수,

$$R = \frac{V}{I}$$

을 도체의 전기저항이라고 한다. 이와 같이 도체의 전기저항 R 은 그 도체에 걸린 전압에 대한 흐르는 전류 I 의 비로 정의한다. 같은 전압이 걸리면 전기저항이 작은 도체는 많은 전류가 흐르고, 반대로 저항이 큰 도체는 적은 전류가 흐른다. 전기저항의 SI 단위는 옴(Ω)으로,

$$1\Omega = 1\text{ V/A}$$

로 정의한다.

많은 학생들이 식 (2)를 Ohm의 법칙이라 알고 있지만 이는 잘못된 것이다. 이 식은 저항의 정의식으로 Ohm의 법칙을 따르든 안 따르든 상관없이 모든 도체에 적용된다.

Ohm의 법칙은 식 (1)에서 설명한 것처럼 전류-전압 곡선이 1차 비례하여 저항이 전압과 무관하다는 관측 사실을 나타낸 법칙으로, 저항체의 양 끝에 거는 전압의 크기나 방향(극성)을 바꾸어도 저항의 크기는 항상 같아야 함을 의미하는 것이다.

많은 도체들이 넓은 범위의 전압 영역에서 옴의 법칙을 따르는 것이 사실이지만(이런 물질을 옴성 물질(ohmic material)이라 한다), 이런 물질들도 전압이 매우 커지면 저항이 변하게 되어 전류와 전압이 1차적으로 비례하는 관계가 성립하지 않게 된다. 이는 마치 탄성을 가진 물체가 탄성 한계 범위 내에서는 작용한 힘과 물체가 늘어난 길이가 비례한다는 훅의 법칙(Hooke's law)을 따르지만 탄성 한계 범위 이상으로 힘을 작용하면 훅의 법칙이 더 이상 성립하지 않는 것과 마찬가지로 인 것이다.

이와 같이 옴의 법칙은 보존법칙들과 같은 물리학의 보편적인 법칙은 아니다. 도체는 넓은 범위의 전압에 대해 옴의 법칙을 따르는 물질의 한 예일 뿐이며 어



(1) 서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소

떤 물질에는 이 법칙을 적용할 수 없는 경우도 있는 것이다. 사실 오늘날 인류가 누리고 있는 기술문명에서 대부분의 현대적 전자공학 장치는 Ohm의 법칙을 따르지 않는다. 구리와 같은 전도체이거나 실리콘 같은 반도체이거나 상관없이 모든 균질한 물질은 적당한 전기장에서는 Ohm의 법칙을 따른다. 그러나 전기장이 커지면 모두 Ohm의 법칙에 어긋나게 된다.

활동 1에서 실험한 저항체들은 옴성 도체, 즉 옴의 법칙을 따르는 도체로 전압에 관계없이 일정한 저항값을 갖는다. 따라서 전류 대 전압의 그래프는 기울기가 저항 R 이고 원점을 지나는 직선이 된다. 그러나 활동 2에서 실험한 꼬마전구나 다이오드는 비옴성 물질(nonohmic material)로 저항이 전류 I 에 의존하므로 V 는 I 에 비례하지 않는다. 따라서 I 대 V 의 그래프는 비선형으로 나타난다.



결론적으로,

- (1) 옴의 법칙 ; 대부분의 금속 원소를 포함한 많은 물질들에 있어서, 물질의 양 끝에 걸어준 전압은 전류에 비례하며, 이때 저항은 전압이나 전류에 무관하다.

$$V = IR, \quad R = \text{일정}$$

- (2) 식 $R = \frac{V}{I}$ 는 저항의 정의(단지 옴성 도체뿐만 아니라 비옴성 도체에 대한)이다.

