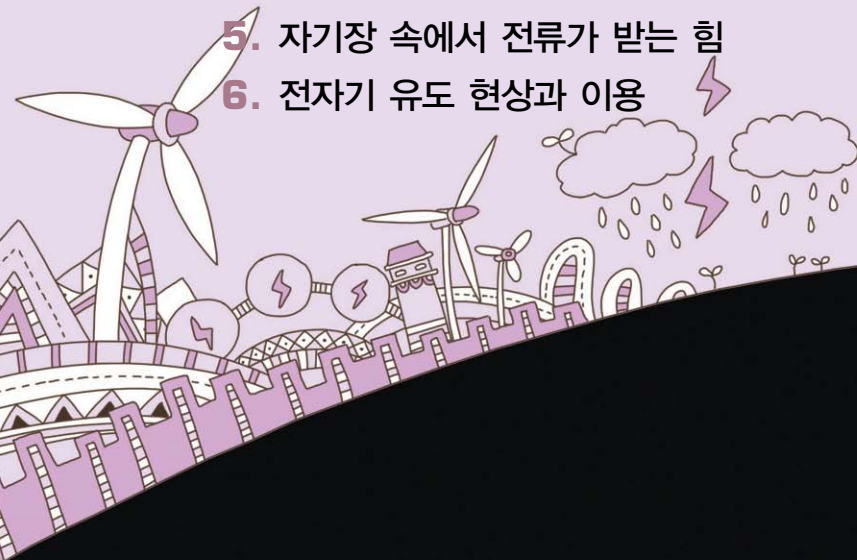
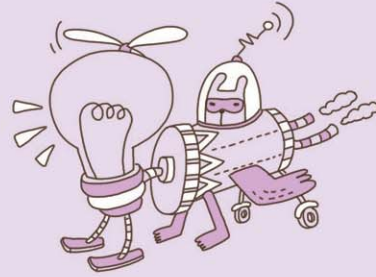


# I

## 전기와 자기

1. 정전기
2. 전류, 전압, 저항
3. 전기 에너지
4. 전류가 만드는 자기장
5. 자기장 속에서 전류가 받는 힘
6. 전자기 유도 현상과 이용





빛의 예술이라 불리는 불빛축제는 여러 가지 색깔의 전구를 이용한 축제이다. 어둠을 밝히는 전구와 같이 전기를 사용하기 시작한 이후로 우리 생활의 대부분은 전기 에너지에 의존하고 있다. 이 단원에서는 정전기, 전류, 옴의 법칙, 전기 에너지, 전류의 자기 작용에 대해서 알아보자.





# 창의적으로 생각하기



과학과  
기술

# 우리나라 최초의 전구 점등

에디슨이 백열전구를 발명한지 8년 만인 1887년 3월, 경복궁의 건청궁에 우리나라 최초의 전등불이 밝혀졌다.

고종은 미국의 에디슨 전기회사에 공사를 맡겨 석탄을 태워 발전소를 돌렸고, 건청궁 앞에 있는 연못 물로 발전소를 냉각시켰다.



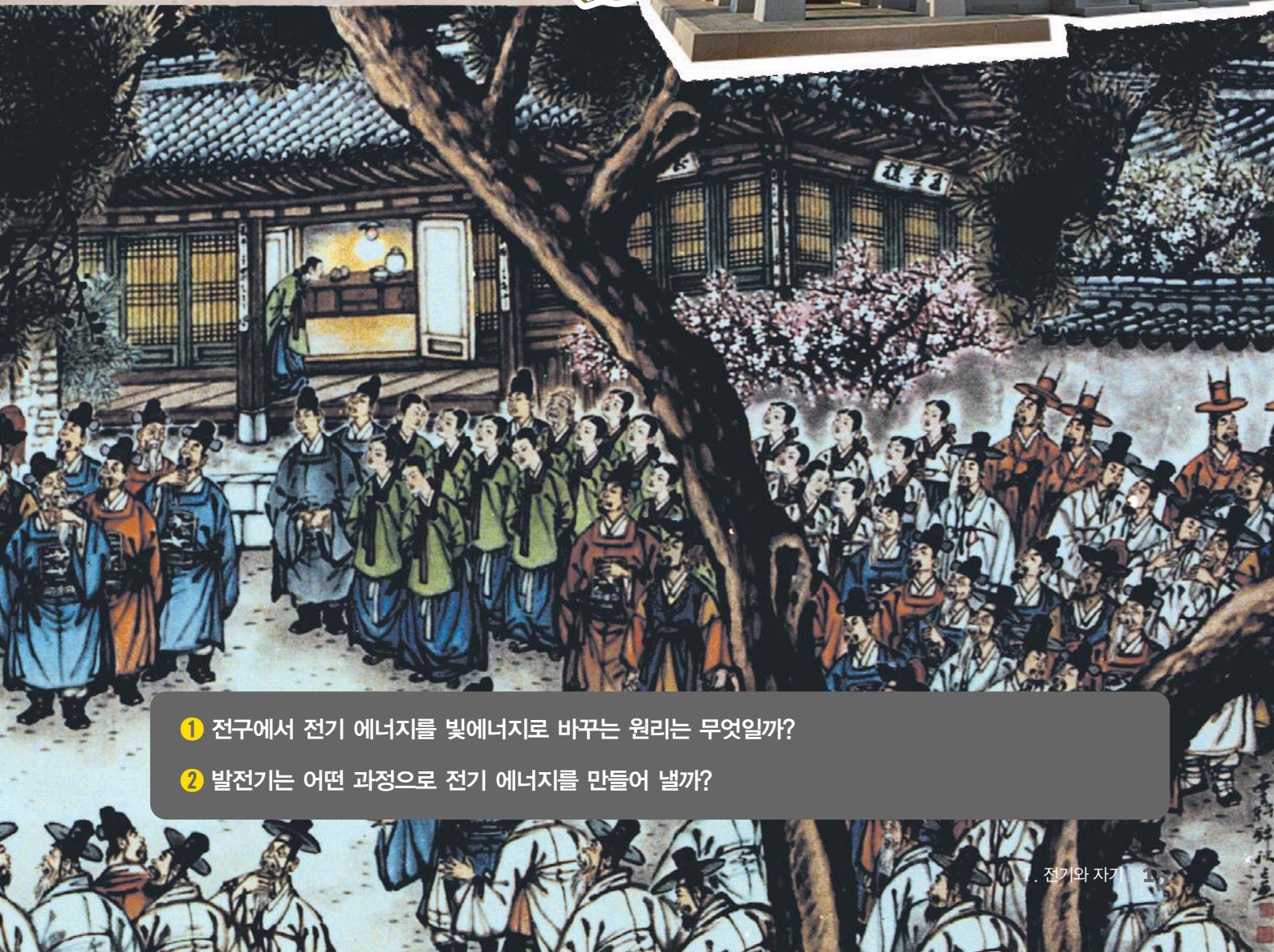
가게 돌아 가는 소리가 우렁 차서 마치 천둥이 치는 듯 했다고 한다.



성능이 완전하지 못해 자주 불이 꺼지고 비용이 많이 들어가는 것이 꼭 견달 같다고 해서 우스갯소리로 '견달불'이라 불리기도 하였다.



발전기 가동으로 연못의 수온이 올라가서 물고기가 떼죽음을 당한 후로 전등을 물고기를 끓인다는 뜻인 '증어(蒸魚)'로 부르기도 했다.



- ❶ 전구에서 전기 에너지를 빛에너지로 바꾸는 원리는 무엇일까?
- ❷ 발전기는 어떤 과정으로 전기 에너지를 만들어 낼까?



# 마찰 전기

- 이 단원을 배우면**
- 마찰 전기로 일어나는 현상의 예를 들 수 있다.
  - 물체가 전기를 띠는 현상을 전자의 이동으로 설명할 수 있다.



무대에서 공연하던 가수의 머리카락이 곤두서서 화제가 된 적이 있다. 가수의 머리카락이 곤두선 까닭은 무엇일까?

## 마찰 전기로 일어나는 현상

책이나 사탕을 포장한 얇은 비닐을 벗기면 비닐이 손에 붙어서 잘 떨어지지 않는 경우가 있다. 또 건조한 겨울철에 고양이나 개의 털을 쓰다듬다가 따끔거리서 깜짝 놀라기도 하고, 빗으로 털을 빗어 주면 오히려 부스스해지기도 한다. 이러한 현상은 두 물체 사이의 마찰에 의해 전기가 발생했기 때문에 일어난다. 이처럼 마찰에 의해 물체가 띠는 전기를 **마찰 전기**라고 한다. 마찰 전기는 도선을 따라 흐르는 전기와는 달리 물체에 머물러 있기 때문에 **정전기**라고도 한다.



**그림 1** 밴더그래프 정전기 발생 장치  
밴더그래프 정전기 발생 장치에 손을 대면 머리카락이 같은 전기를 띠게 되어 곤두선다.



**그림 2** 일상생활에서 볼 수 있는 정전기 현상

**마찰 전기**  
마찰 전기를 확인할 수 있는 간단한 실험을 찾아보자.

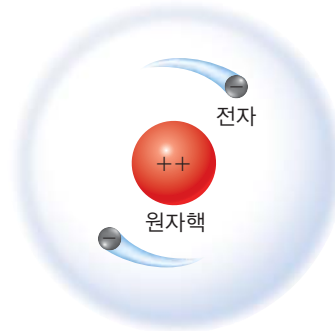


정전기와 관련된 경험을 이야기해 보자.

## 마찰 전기의 발생

두 물체를 마찰할 때 전기가 발생하는 까닭은 20세기에 들어 원자의 구조가 밝혀지고 나서야 설명할 수 있게 되었다.

물질은 원자라고 하는 매우 작은 알갱이로 이루어져 있고, 원자는 (+)전하를 띤 원자핵과 (-)전하를 띤 전자로 구성되어 있다. 원자는 (+)전하와 (-)전하의 양이 같아서 전체적으로 전기를 띠지 않는다.



▶ 그림 3 원자의 구조

전기를 띠지 않은 두 물체를 마찰하면 한 물체에서 다른 물체로 전자가 이동한다. 이때 전자를 얻은 물체는 (-)전하의 양이 많아지므로 (-)

전기를 띠게 되고, 전자를 잃은 물체는 (-)전하의 양이 적어지므로 (+)전기를 띠게 된다. 예를 들어, 플라스틱 빗으로 고양이 털을 빚으면 전자가 고양이 털에서 빗으로 이동하여 빗은 (-)전하로 대전되고, 고양이 털은 (+)전하로 대전된다. 이와 같이 물체가 전기를 띠는 현상을 대전이라고 하고, 전기를 띤 물체를 대전체라고 한다.

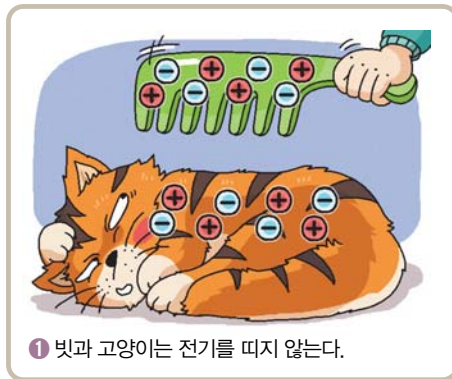
## 전하

물질에서 전기적인 성질을 나타내게 하는 것으로, 원자핵은 (+)전하를 띠고, 전자는 (-)전하를 띤다.

## 과학과 기술

### 번개와 피뢰침

번개는 대전된 구름과 지면 사이에서 일어나는 방전 현상으로, 뾰족하고 높은 곳에 잘 떨어진다. 따라서 피뢰침을 세우면 전기가 피뢰침을 통하여 땅속으로 빠져나가므로 건물은 피해를 입지 않는다.



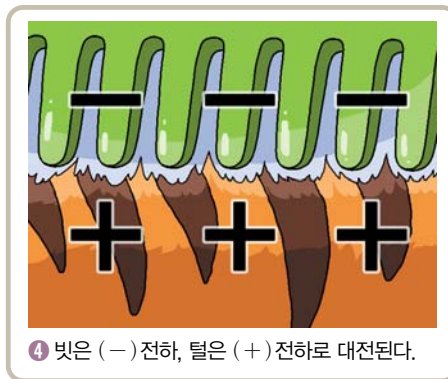
1 빗과 고양이는 전기를 띠지 않는다.



2 털을 빚으면 전자가 털에서 빗으로 이동한다.



3 빗에는 (-)전하가 더 많고, 털에는 (+)전하가 더 많다.

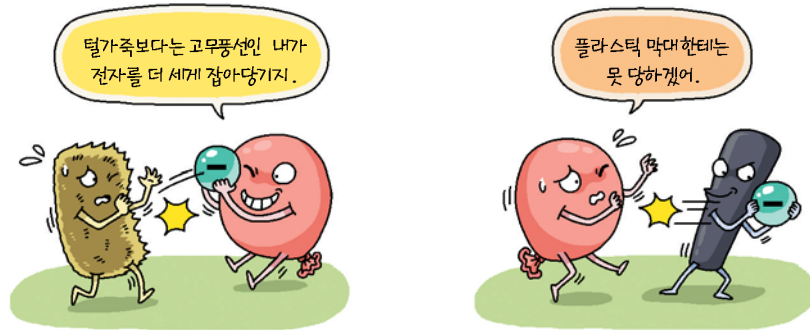


4 빗은 (-)전하, 털은 (+)전하로 대전된다.

▶ 그림 4 물체의 대전 플라스틱 빗으로 고양이 털을 빚으면 고양이 털은 (+)전하로 대전되고, 플라스틱 빗은 (-)전하로 대전된다.

## 대전되는 정도

두 물체를 마찰하였을 때 물체가 띠는 전하는 마찰하는 물체의 종류에 따라 달라진다. 즉, 같은 물체라도 마찰하는 물체에 따라 (+)전하를 띠기도 하고 (-)전하를 띠기도 한다. 예를 들어, 고무풍선을 털가죽으로 문지르면 고무풍선은 (-)전하로 대전되지만, 플라스틱 막대로 문지르면 (+)전하로 대전된다.

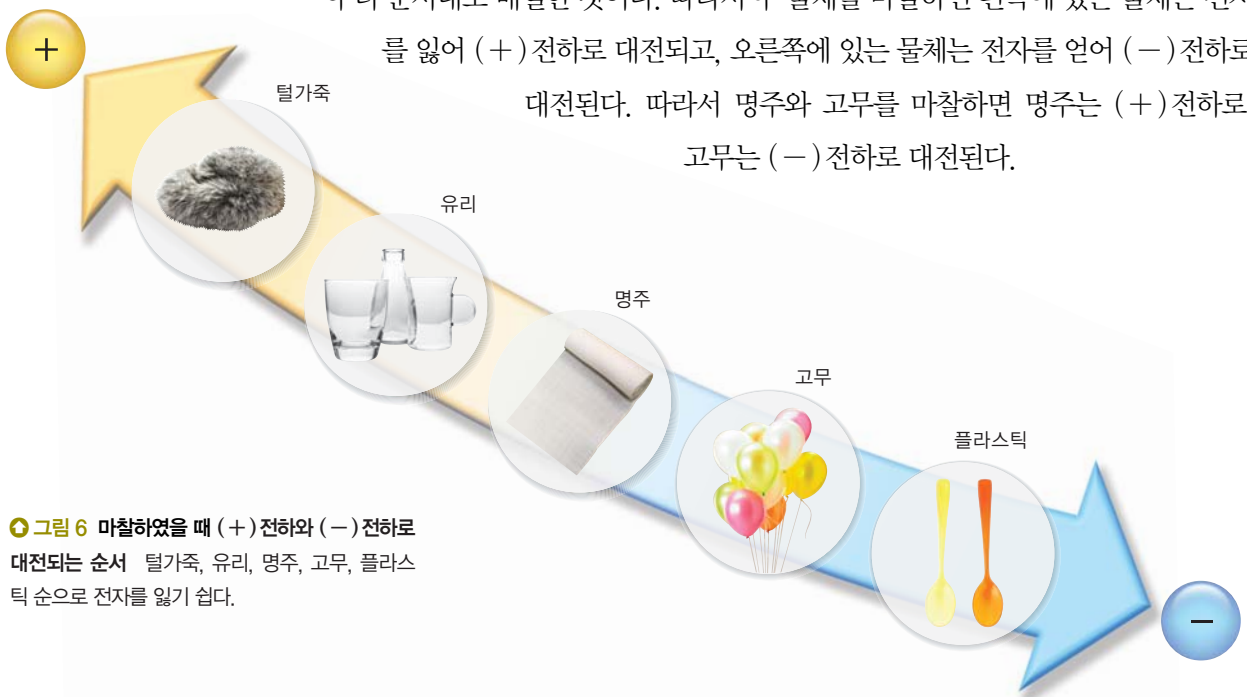


고무풍선은 (-)전하로 대전

고무풍선은 (+)전하로 대전

❶ 그림 5 고무풍선의 대전 마찰하는 물체에 따라 고무풍선은 (-)전하로 대전되기도 하고 (+)전하로 대전되기도 한다.

그림 6은 여러 가지 물질들을 마찰하였을 때 전자를 끌어당기는 정도가 약한 것부터 순서대로 배열한 것이다. 따라서 두 물체를 마찰하면 왼쪽에 있는 물체는 전자를 잃어 (+)전하로 대전되고, 오른쪽에 있는 물체는 전자를 얻어 (-)전하로 대전된다. 따라서 명주와 고무를 마찰하면 명주는 (+)전하로, 고무는 (-)전하로 대전된다.



❶ 그림 6 마찰하였을 때 (+)전하와 (-)전하로 대전되는 순서 털가죽, 유리, 명주, 고무, 플라스틱 순으로 전자를 잃기 쉽다.

### 스스로 확인하기

- 1 두 물체를 마찰할 때 한 물체에서 다른 물체로 \_\_\_\_\_ 이/가 이동하기 때문에 전기를 띤다.
- 2 털가죽으로 플라스틱 자를 마찰할 때 전자는 어디에서 어디로 이동하는가?



# “전기는 어떻게 발견되었을까?”



**탈레스**  
(Thales, B. C. ?640~?546)  
정전기 현상을 관찰하여 최초로 기록으로 남김.

장식용 호박을 헝겊으로 문질러 닦을 때 먼지나 종잇조각과 같은 가벼운 물체를 끌어당기는 현상을 발견하였다. 그는 이 현상을 ‘호박’의 그리스어를 사용하여 ‘일렉트론 (elektron)’이라고 불렀다.



**길버트**  
(Gilbert, W., 1544~1603)  
호박과 같은 현상이 여러 가지 물체에서도 나타난다는 사실 발견

처음으로 정전기를 과학적인 연구 대상으로 보았다. 그는 여러 가지 물체를 문질러 보고 황, 유리, 보석류, 가죽, 면 등에서도 호박과 같은 현상이 나타난다는 사실을 발견하였다.



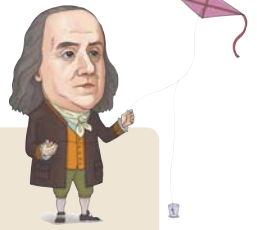
**게리케**  
(Guericke, O., 1602~1686)  
정전기를 대량으로 발생시키는 장치 발명

정전기를 대량으로 만들어 낼 수 있는 장치를 발명하였으며, 이 장치를 이용하여 전기는 끌어당기기만 하는 것이 아니라 밀어내기도 한다는 사실을 발견하였다.



**그레이**  
(Gray, S., 1666~1736)  
도체와 절연체 발견

여러 실험을 통해 물질은 금속과 같은 도체와 유리나 같은 절연체로 나눌 수 있음을 밝혔다. 그는 도체에서는 전기가 쉽게 빠져나가기 때문에 정전기 현상이 나타나지 않고, 절연체에서는 전기가 움직이지 않기 때문에 정전기 현상이 나타난다고 설명하였다. 이때부터 정전기 개념이 생겨났다.



**프랭클린**  
(Franklin, B., 1706~1790)  
번개가 전기 현상임을 밝힘.

연을 날리는 실험을 하여 번개가 전기 현상이라는 것을 밝혔고, 번개를 막기 위한 피뢰침을 발명하였다. 또 최초로 전기를 (+)전기와 (-)전기로 구별하였다.



**통슨**  
(Thomson, J. J., 1856~1940)  
전자를 발견

20세기에 들어 통슨은 전자를 발견하였고, 그 후에 원자의 구조가 밝혀짐에 따라 전기 현상이 일어나는 원인을 정확하게 설명할 수 있게 되었다.



### 창의적 사고

과학자들이 원자의 구조를 밝힌 과정을 조사해 보자.

연대

B.C.  
600

AD

1600

1660

1730

1750

20세기

# 2

## 전기력의 작용

- 이 단원을 배우면
  - 전기력에는 서로 끌어당기거나 밀어내는 힘이 작용함을 설명할 수 있다.
  - 전기력의 세기에 영향을 미치는 요소를 설명할 수 있다.



플라스틱 막대와 비닐 끈을 각각 털가죽으로 마찰시켜 플라스틱 막대를 비닐 끈에 가까이 가져가면 비닐 끈이 공중에 떠오른다. 그 까닭은 무엇일까?

### 전기력의 방향

플라스틱 막대와 비닐 끈을 털가죽으로 문지르면 두 물체는 모두 (-)전하로 대전된다. 이 상태에서 플라스틱 막대를 비닐 끈 아래쪽에 가까이 가져가면 비닐 끈이 위로 떠오르는데, 이것은 두 물체 사이에 서로 밀어내는 힘이 작용하기 때문이다.



### 미니 탐구

#### 실험

### 반투명 테이프 사이에 작용하는 전기력의 종류

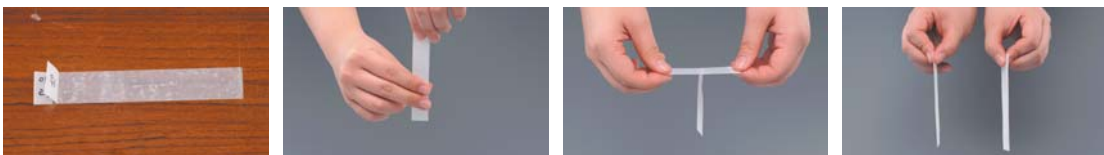
**준비물** 반투명 테이프(쉽게 떼어 낼 수 있는 테이프)

- 테이프 두 개를 책상 위에 붙인 다음 떼어 내어 양손으로 잡고 가까이 가져가 보자.



- 거리가 가까워짐에 따라 두 테이프는 어떻게 되는가?

- 테이프 두 개를 책상 위에 겹쳐서 붙인 다음 두 테이프를 한꺼번에 떼어 내자. 떼어 낸 테이프를 손으로 문질러 전기를 띠지 않게 한 다음, 두 테이프를 분리한 후 양손으로 잡고 가까이 가져가 보자.



- 거리가 가까워짐에 따라 두 테이프는 어떻게 되는가?

전기력은 물체가 띠는 전하의 종류에 따라 서로 끌어당기거나 밀어내는 방향으로 작용한다. 책상 위에 따로 붙인 두 테이프를 떼어 내면 두 테이프는 같은 전기를 띠고, 두 테이프를 가까이 하면 서로 밀어낸다. 이것으로 보아 같은 전기를 띤 물체 사이에는 밀어내는 힘이 작용한다는 것을 알 수 있다. 책상 위에 겹쳐서 붙인 두 테이프를 떼어 내면 두 테이프는 다른 전기를 띠고, 두 테이프를 가까이 하면 서로 끌어당긴다. 이것으로 보아 다른 전기를 띤 물체 사이에는 끌어당기는 힘이 작용한다는 것을 알 수 있다.

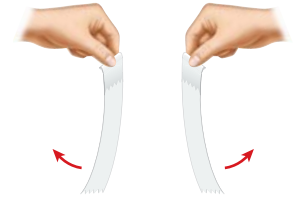
### 전기력의 세기

대전체와 물체 사이에 작용하는 전기력의 세기는 무엇에 따라 달라질까?

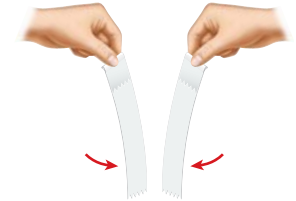
털가죽에 문지른 고무풍선을 가는 물줄기에 가까이 하면 물줄기가 끌려온다. 고무풍선을 많이 마찰시킬수록 물줄기가 더 많이 끌려온다. 이것은 대전된 전하의 양이 많을수록 전기력이 세게 작용하기 때문이다.

또 대전된 전하의 양이 같다면 고무풍선과 물줄기 사이의 거리가 멀 때보다 가까울 때 물줄기가 잘 끌려온다. 이것은 대전체와 물체 사이의 거리가 가까울수록 전기력이 세게 작용하기 때문이다. 이와 같이 전기력은 대전된 전하의 양이 많을수록, 대전체 사이의 거리가 가까울수록 세다.

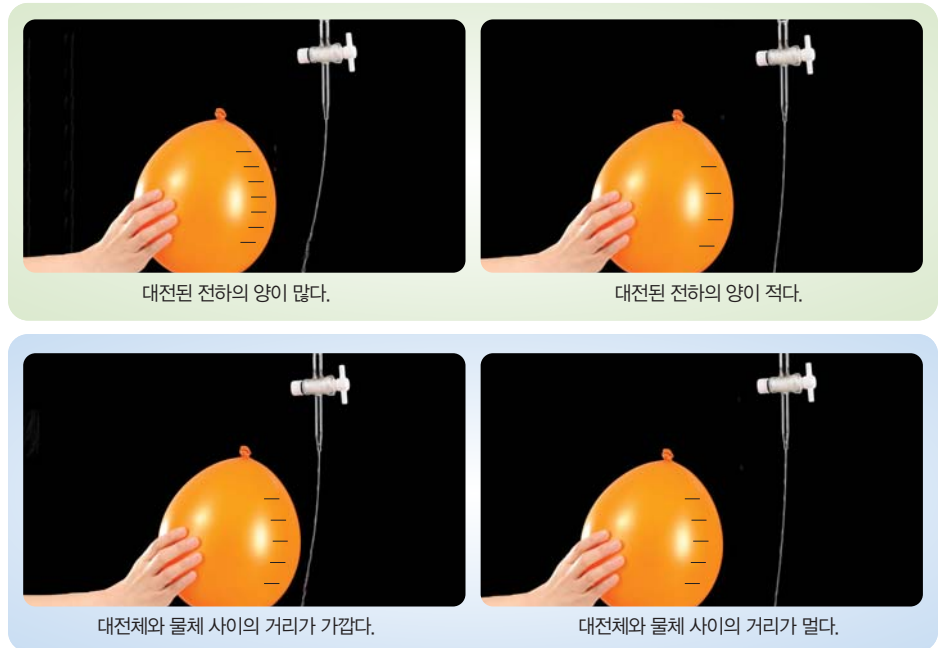
### 전기력의 방향



같은 전기를 띤 물체 사이에는 밀어내는 힘이 작용한다.



다른 전기를 띤 물체 사이에는 끌어당기는 힘이 작용한다.



대전된 전하의 양이 많다.

대전된 전하의 양이 적다.

대전체와 물체 사이의 거리가 가깝다.

대전체와 물체 사이의 거리가 멀다.

➤ 그림 7 전기력의 세기 전기력은 대전된 전하의 양이 많을수록, 대전체 사이의 거리가 가까울수록 세다.

### 스스로 확인하기

- 1 두 대전체 사이에서 밀어내는 힘이 작용할 때는 어떤 경우인가?
- 2 대전체 사이에 작용하는 전기력의 세기에 영향을 미치는 요인 두 가지는 무엇인가?

# 3

## 정전기 유도

- 이 단원을 배우면
  - 정전기 유도가 일어나는 과정을 설명할 수 있다.
  - 검전기를 이용하여 물체의 대전 상태를 말할 수 있다.



털가죽으로 마찰시킨 플라스틱 막대를 알루미늄 강통에 가까이 하면 알루미늄 강통이 플라스틱 막대에 끌려온다. 대전되지 않은 알루미늄 강통이 플라스틱 막대에 끌려오는 까닭은 무엇일까?

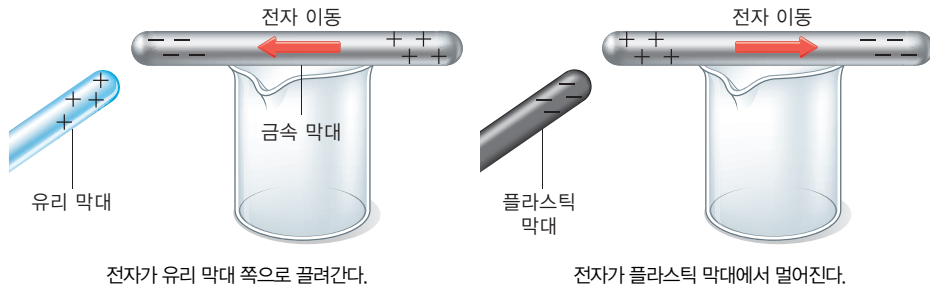
### 정전기 유도

털가죽으로 마찰하여 대전된 플라스틱 막대를 알루미늄 강통에 가까이 하면 알루미늄 강통이 플라스틱 막대에 끌려온다. 전기를 띠지 않은 알루미늄 강통이 플라스틱 막대에 끌려오는 까닭은 무엇일까? 알루미늄과 같은 금속에는 자유롭게 이동할 수 있는 자유 전자가 많이 있다. 알루미늄 강통에 (-)전하로 대전된 플라스틱 막대를 가까이 하면 알루미늄 강통 내의 자유 전자들은 플라스틱 막대에서 먼 쪽으로 밀려난다. 그 결과 플라스틱 막대와 가까운 곳은 (+)전기를 띠고, 플라스틱 막대와 먼 곳은 (-)전기를 띠게 되어, 알루미늄 강통이 플라스틱 막대에 끌려온다.

**그림 8 자유 전자의 이동과 정전기 유도** 대전된 플라스틱 막대를 알루미늄 강통에 가까이 하면 알루미늄 강통 속의 자유 전자들이 이동하여 알루미늄 강통이 전기를 띠게 된다.



금속 막대에 대전체를 가까이 하면 대전체와 가까운 곳은 대전체와 다른 종류의 전하가 유도되고, 대전체와 먼 곳은 같은 종류의 전하가 유도된다. 이와 같이 금속에 대전체를 가까이 했을 때 전하가 유도되는 현상을 정전기 유도라고 한다.



▶그림 9 정전기 유도

**도체**  
금속과 같이 전기가 잘 통하는 물질이다.

**부도체(절연체)**  
종이, 고무 등과 같이 전기가 잘 통하지 않는 물질이다.

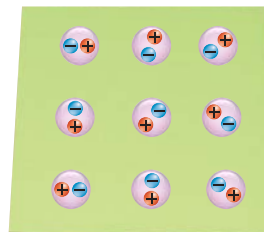


## 대전되지 않은 종이 대전체에 끌려오는 까닭은?

정전기 유도 현상은 전기가 잘 통하지 않는 종이와 같은 부도체에서도 일어난다.

(-)전하로 대전된 플라스틱 막대를 종이에 가까이 하면 종이는 (-)전하가 이동할 수 없기 때문에 원자 내의 (-)전하를 띠고 있는 부분이 플라스틱 막대에서 먼 위치로 배열된다. 따라서 플라스틱 막대와 종이 사이에 전기력이 작용하여 종이가 끌려온다.

마찰시킨 고무풍선을 물줄기에 가까이 할 때 물줄기가 휘어지는 것도 같은 원리이다.



대전체를 가까이 하기 전



▶그림 10 부도체에서의 정전기 유도

대전체를 가까이 할 때

## 검전기

정전기 유도 현상을 이용하여 물체가 대전되었는지, 또 대전되었다면 어떤 전하로 대전되었는지를 알아내는 데 이용하는 도구를 검전기라고 한다.

검전기를 이용하여 물체가 대전되었는지 어떻게 확인할 수 있을까?



▶그림 11 검전기의 구조 검전기는 금속판이 달린 금속 막대의 끝에 얇고 가벼운 금속박 두 장을 붙여 유리병 안에 넣은 것이다.

**검전기로 대전체에 대전된 전하의 양을 확인하는 방법**

검전기를 가까이 할 때 금속박이 벌어지는 정도를 보면 대전체가 띤 전하의 양을 확인할 수 있다.



대전된 전하의 양이 적을 때



대전된 전하의 양이 많을 때

검전기의 금속판에 (+)대전체를 가까이 하면 금속박의 자유 전자들이 금속판으로 끌려가 금속박에는 (+)전하가 유도되므로, 두 금속박 사이에는 서로 밀어내는 힘이 작용하여 벌어진다. 또 검전기의 금속판에 (-)대전체를 가까이 하면 정전기 유도 현상에 의해 금속판의 자유 전자들이 밀려나 금속박에 (-)전하가 유도되므로, 두 금속박 사이에는 서로 밀어내는 힘이 작용하여 벌어진다. 이와 같이 금속박이 벌어지는 것으로부터 물체가 대전되었는지를 확인할 수 있다.



대전되지 않은 물체를 가까이 할 때      (+)대전체를 가까이 할 때      (-)대전체를 가까이 할 때

**그림 12 물체의 대전 여부 확인하기** 물체를 가까이 할 때 금속박이 움직이지 않으면 물체가 대전되지 않은 것이고, 금속박이 벌어지면 물체가 대전된 것이다.

검전기를 이용하여 대전체에 대전된 전하의 종류를 확인할 수도 있다. 예를 들어, (-)전하로 대전되어 금속박이 벌어진 채로 있는 검전기에 (+)대전체를 가까이 하면 금속박이 오므라들고, (-)대전체를 가까이 하면 금속박이 더 벌어진다. 이와 같이 금속박이 더 벌어지거나 오므라드는 것으로부터 대전체에 대전된 전하의 종류를 확인할 수 있다.



(+)대전체를 가까이 할 때

(-)대전체를 가까이 할 때

**그림 13 대전된 전하의 종류 확인하기** (-)전하로 대전된 검전기에 (+)대전체를 가까이 하면 금속박이 오므라들고, (-)대전체를 가까이 하면 금속박이 더 벌어진다.

**스스로 확인하기**

- 1 금속에 대전체를 가까이 하면 금속 내부에 있던 \_\_\_\_\_들이 이동하여 정전기 유도 현상이 일어난다.
- 2 | **창의·인성** 대전되어 벌어져 있는 검전기의 금속박은 시간이 지나면 조금씩 오므라든다. 그 까닭은 무엇일까?



# “공학에서 이용되는 정전기”

## 정전 도장법

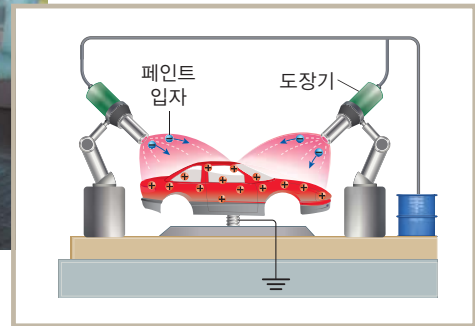
자동차, 배, 비행기는 어떤 방법으로 페인트칠을 할까? 이들의 표면은 페인트 솔로 균일하게 칠을 하기가 어려우므로 페인트를 압축 공기와 함께 내뿜는 방법을 이용한다. 이때 분사된 페인트 입자와 표면에 각각 (-)전하와 (+)전하를 띠게 함으로써 페인트가 표면에 달라붙게 한다. 이것을

정전 도장법이라고 한다. 정전 도장법의 장점은 페인트가 어느 정도의 두께로 칠해지면 페인트 입자끼리 서로 밀어내는 힘이 작용하여 더 이상 부착되지 않기 때문에 페인트를 고르게 칠할 수 있다.



자동차는 (+)전하를 띠어 페인트 입자를 끌어당긴다.

그림 14 정전 도장법의 원리

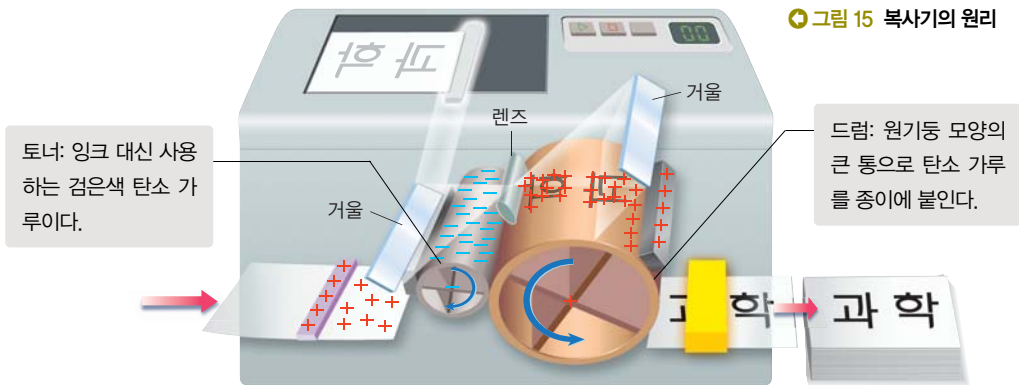


## 복사기

복사기와 레이저 프린터로 인쇄할 때도 정전기의 원리를 이용한다. 복사기는 토너의 검은 탄소 가루가 정전기에 의해 드럼에 달라붙었다가 다시 정전기에 의해 종이 위에 붙

게 한 다음, 고열을 가해 탄소 가루를 종이에 붙인다. 컬러 복사기는 색의 삼원색(자홍색, 청록색, 노란색)과 검은색의 토너를 사용하여 동일한 작업을 반복하여 복사한다.

그림 15 복사기의 원리





준비물

알루미늄박, 가위, 플라스틱 막대, 털가죽, 검전기

| 목표 |

마찰 전기를 이용하여 정전기 유도 현상이 일어나는 과정을 설명할 수 있다.

실험 1

| 과정 |



- 1 알루미늄박을 나무 모양으로 오린 다음 바닥에 놓자.
- 2 플라스틱 막대를 털가죽으로 문질러 대전시키자.  
- 플라스틱 막대는 어떤 전하를 띠는가?
- 3 대전된 플라스틱 막대를 알루미늄박 나무의 위쪽에 가까이 가져가 보자.

| 결과 |

- 과정 3에서 플라스틱 막대를 알루미늄박 나무의 위쪽에 가까이 가져갈 때 일어나는 현상을 기록하자.

-----

| 정리 |

- 1 (-) 전하로 대전된 플라스틱 막대를 알루미늄박 나무의 위쪽에 가까이 가져갈 때 나무 내의 전하 분포를 오른쪽 사진에 그려 보자.
- 2 바닥에 누워 있던 나무가 일어나는 까닭을 설명해 보자.



-----

실험 2

| 과정 |



① (-)전하로 대전된 플라스틱 막대를 검전기의 금속판에 가까이 하면서 금속박의 움직임을 관찰해 보자.



② 과정 ①의 상태에서 금속판에 손가락을 대면서 금속박의 움직임을 관찰해 보자.



③ 과정 ②의 상태에서 손가락을 떼고, 플라스틱 막대를 멀리 치우면서 금속박의 움직임을 관찰해 보자.

| 결과 |

● 과정 ①~③에서 금속박의 움직임을 표에 정리해 보자.

구분	금속박의 움직임
과정 ①	
과정 ②	
과정 ③	

유의할 점

검전기의 금속박은 약해서 떨어지기 쉬우므로 조심스럽게 다룬다.

| 정리 |

● 과정 ①~③에서 금속박의 모양을 그리고 검전기 내부의 전하 분포를 그림에 표시해 보자. 또 그러한 결과가 나타나는 까닭을 전자의 이동과 분포로 설명해 보자.



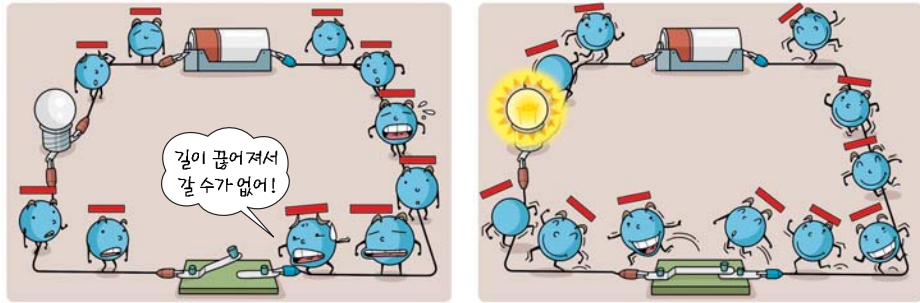
📄 하나 더

실험 ②의 과정 ③의 상태에서 검전기의 금속판에 (+)전하 또는 (-)전하로 대전된 물체를 가까이 할 때 금속박의 움직임을 관찰해 보자.



# 전하의 흐름과 전류

- 이 단원을 배우면**
- 전류의 방향과 전자의 이동 방향을 설명할 수 있다.
  - 전류계를 이용하여 전류의 세기를 측정할 수 있다.



전기 회로의 스위치가 열린 상태에서는 전구에 불이 켜지지 않지만, 스위치를 닫으면 전구에 불이 켜진다. 그 까닭은 무엇일까?

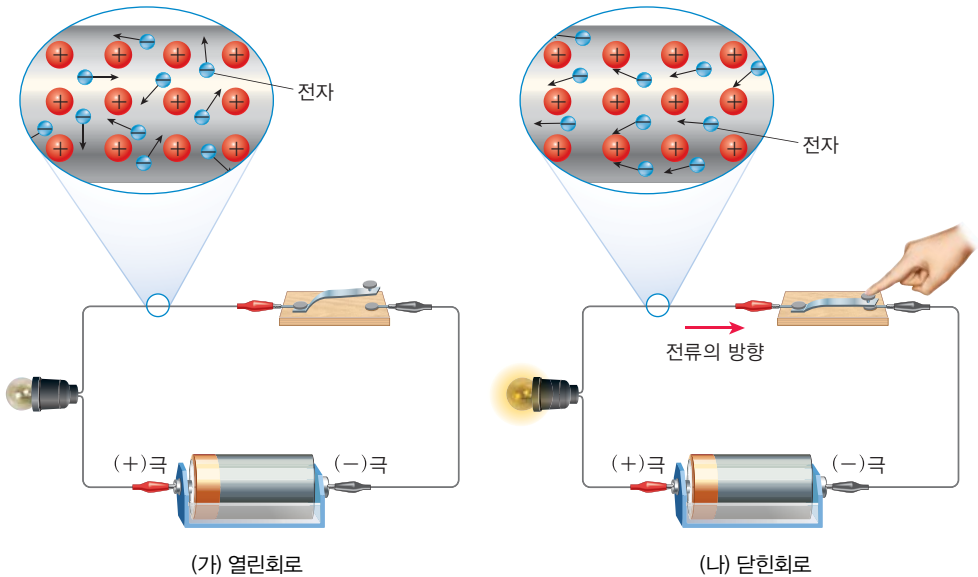
## 전류

전구와 전지를 도선으로 연결하면 전구에 불이 켜진다. 이것은 도선을 따라 (-) 전하를 띤 전자들이 이동하기 때문인데, 이와 같은 전하의 흐름을 **전류**라고 한다.

### 전기 회로

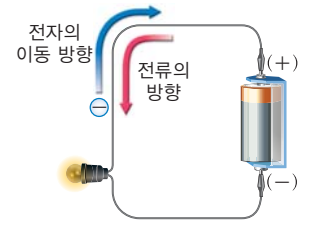
전지, 도선, 스위치 등을 연결하여 전류가 흐를 수 있도록 한 것을 전기 회로라고 한다.

전기 회로에서 전류가 흐를 때 도선 내에서는 어떤 일이 일어날까? 그림 16과 같이 전기 회로의 스위치가 열려 있으면 도선 내부의 전자들이 여러 방향으로 불규칙하게 움직이므로 전류가 흐르지 않는다. 그러나 스위치를 닫으면 전자들이 일정한 방향으로 움직여 전하의 흐름이 나타나므로 전류가 흐른다.



**그림 16** 도선 내 전자의 움직임  
(가) 스위치가 열려 있으면 전자들이 도선 내에서 불규칙하게 움직이므로 전류가 흐르지 않는다. (나) 스위치가 닫혀 있으면 전자들이 전지의 (-)극에서 도선을 따라 (+)극으로 움직이므로 전류가 흐른다.

전자의 존재를 알지 못했던 때에 과학자들은 전지의 (+)극에서 나온 (+)전하가 (-)극으로 이동하는 것이 전류라고 생각하여 전류의 방향을 (+)극에서 (-)극으로 정하였다. 그 후 (-)전하를 띤 전자가 발견되고, 전류가 흐를 때 실제로는 전지의 (-)극에서 나온 전자가 (+)극으로 이동한다는 사실이 밝혀졌다. 즉, 전자가 도선을 따라 (-)극에서 (+)극으로 이동할 때 전류는 (+)극에서 (-)극으로 흐른다.



**그림 17 전류와 전자의 이동 방향**  
전자들이 (-)극에서 (+)극으로 이동할 때, 전류는 (+)극에서 (-)극으로 흐른다고 정하였다.

## 전류의 세기

전기 회로에서 전류가 흐를 때 전구의 밝기는 전류의 세기에 따라 변한다. 전기 회로에 흐르는 전류의 세기는 일정한 시간 동안 도선을 통과하는 전하의 양으로 나타낼 수 있다. 1초 동안 전선의 한 단면을 통과하는 전하의 양을 **전류의 세기**라고 하고, 단위로는 A(암페어)를 사용한다. 전류의 세기는 전류계를 이용하여 측정한다.

### 전류의 세기

1 A는 1초 동안 도선의 한 단면을  $6.25 \times 10^{18}$ 개의 전자가 지나갈 때의 전류의 세기이다.

1 A = 1,000 mA

### 전류계 사용법

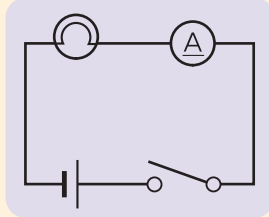
전류계의 (-)단자에는 그 단자에 연결하여 측정할 수 있는 최댓값이 표시되어 있으므로, 큰 값의 단자부터 차례로 연결한다.

전류계의 (+)단자는 전지의 (+)극 쪽에 연결하고, 전류계의 (-)단자는 전지의 (-)극 쪽에 연결한다.

### 유의할 점

- 영점 조절 나사를 이용하여 영점을 조정된 후 사용한다.
- 전류계의 단자를 바꾸어 연결하면 바늘이 반대 방향으로 회전하므로 전류를 측정할 수 없다.
- 전류계를 전지에 직접 연결하면 센 전류가 흘러 전류계가 고장날 수 있다.

전류계는 전류의 세기를 측정하고자 하는 회로에 직렬로 연결한다.



### 전류계 눈금 읽기

1. 연결한 (-) 단자에 해당하는 전류계의 눈금을 읽는다.
2. (-) 단자를 500 mA에 연결하였다면 회로에 흐르는 전류의 세기는 350 mA이다.



바늘이 거꾸로 돌아간 전류계 전류계의 극을 바꾸어 연결하면 바늘이 거꾸로 돌아간다.

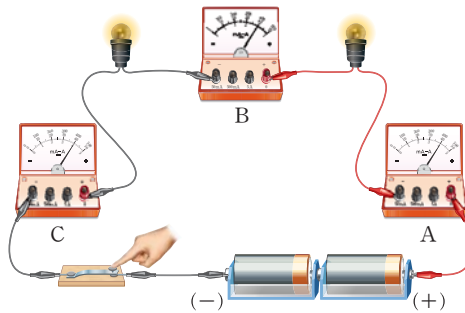
## 전하량 보존

### 전하량

어떤 물체나 입자가 띠고 있는 전기의 양을 전하량이라고 한다.

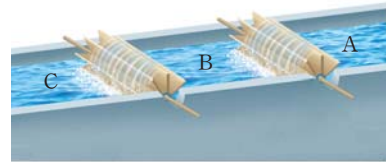
전구를 전지에 연결하면 전류가 흘러 불이 켜진다. 이때 전구로 흘러 들어가는 전류의 세기와 전구에서 흘러나오는 전류의 세기는 어떻게 될까?

그림 18과 같이 전구 두 개를 직렬로 연결한 전기 회로에서 A, B, C 세 지점에 흐르는 전류의 세기는 모두 같다. 따라서 직렬 회로에 흐르는 전류의 세기는 어느 곳에서나 같다.



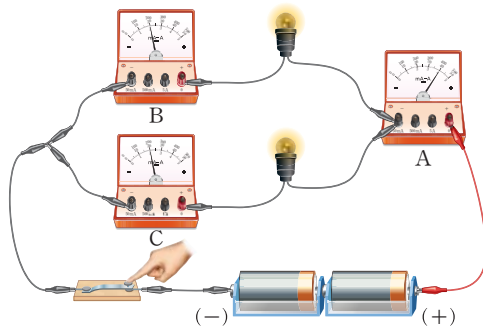
▶ 그림 18 직렬 회로에서 전류의 세기와 물의 흐름

전류계 A, B, C에 흐르는 전류의 세기는 같다.



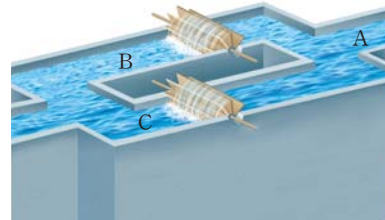
A, B, C에 흐르는 물의 양은 같다.

그림 19와 같이 두 개의 전구를 병렬로 연결한 전기 회로에서 나누어진 도선에 흐르는 전류의 세기의 합은 나누어지기 전의 도선에 흐르던 전류의 세기와 같다.



▶ 그림 19 병렬 회로에서 전류의 세기와 물의 흐름

전류계 B와 C에 흐르는 전류의 세기의 합은 전류계 A에 흐르는 전류의 세기와 같다.



B와 C에 흐르는 물의 양의 합은 A에 흐르는 물의 양과 같다.

이것은 도선을 따라 흐르는 전하량이 도중에 늘어나거나 줄어들지 않는다는 것을 의미하는데, 이를 **전하량 보존 법칙**이라고 한다. 전하량은 전구를 밝히거나, 전동기를 돌리고 전열기로 열을 내는 일 등 모든 전기 현상이 일어날 때 항상 보존된다.

### 스스로 확인하기

- 1 전하의 흐름을 \_\_\_\_\_ (이)라고 하며, 이때 도선에서 실제로 이동하는 것은 \_\_\_\_\_ (이)다.
- 2 (-) 단자를 50 mA에 연결하였을 때 전류계의 바늘이 그림과 같았다면 전류의 세기는 몇 mA 인가?





# “복잡한 전기 회로는 어떻게 나타낼까?”

컴퓨터의 내부를 보면 여러 가지 전자 부품들이 복잡하게 연결되어 있다. 이와 같이 복잡한 전기 회로를 설계하고 제작할 때에는 전기 회로도를 활용한다. 전기 회로도는 간단한 기호를 사용하여 전기 회로를 나타낸 것이다. 전기 회로도를 보면 전기 회로를 구성하는 각 부품들이 어떻게 연결되어 있는지를 한눈에

알 수 있다.

최근에 복잡한 전기 회로가 많아졌지만 과학 기술자들은 시뮬레이션 소프트웨어를 사용하여 복잡한 계산을 직접 하지 않고도 원하는 전기 회로를 정확하게 설계할 수 있게 되었다.

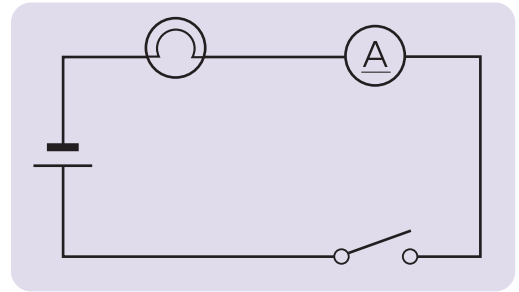
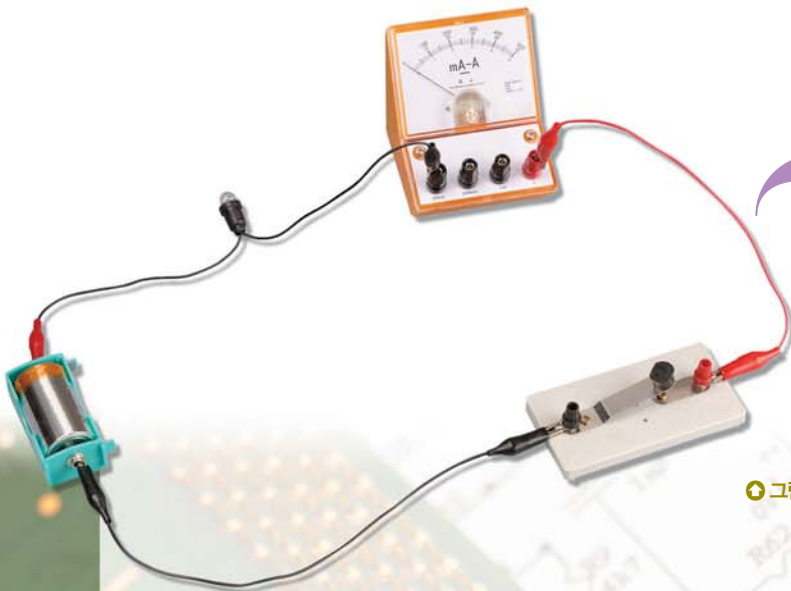














그림 20 전기 회로와 전기 회로도

표 1 여러 가지 전기 기구의 기호

이름	전지	전구	스위치	저항	전류계	전압계
전기 기구						
기호						



### 창의적 사고

가전제품의 사용 설명서 등에서 전기 회로도를 찾아보고, 가전제품에는 어떤 부품이 사용되었는지 알아보자.

# 2

## 전압

- 이 단원을 배우면**
- 전압이 무엇인지 설명할 수 있다.
  - 전압계를 이용하여 전압을 측정할 수 있다.



휴대 전화나 시계와 같은 전기 제품을 작동시키기 위해서는 제품에 맞는 전지가 필요하다. 전지는 어떤 역할을 할까?

### 과학과 기술

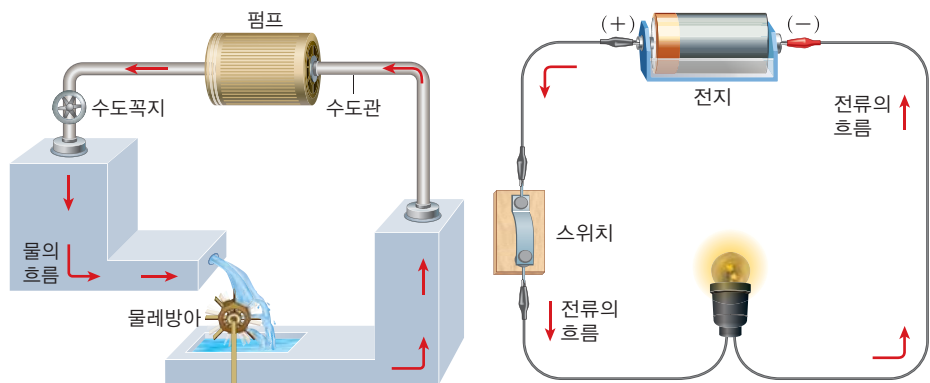
#### 최초의 전지

이탈리아의 볼타가 1800년에 고안한 볼타 전지가 최초의 전지이다. 볼타는 구리와 아연판 사이에 전류를 흐르게 하는 전해질을 적신 천을 여러 겹으로 겹쳐 볼타 전지 (voltaic pile)를 만들었다.



### 전류를 흐르게 하는 능력

펌프를 이용하여 물을 높은 곳으로 퍼 올리면 물이 아래로 떨어지면서 물레방아를 돌릴 수 있다. 이때 펌프가 계속 작동하면 펌프의 압력에 의해 물이 계속 아래로 흐른다. 이와 마찬가지로 전기 회로에서도 전류가 흐르기 위해서는 펌프의 압력에 해당하는 것이 있어야 하는데, 이것을 **전압**이라고 한다. 전압은 전기 회로에서 전류를 흐르게 하는 능력을 말한다. 전압의 단위로는 V(볼트)를 사용하고, 전압계를 이용하여 전압을 측정할 수 있다.



**그림 21** 펌프와 전지 펌프는 물을 계속 흐르게 하고, 전지는 전류를 계속 흐르게 하는 역할을 한다.

**물음 1.** 그림 21을 보고 물레방아를 돌리는 장치와 역할이 비슷한 것을 전기 회로에서 찾아보자.

물의 흐름	펌프	물레방아	수도관	물의 흐름	펌프의 압력
전기 회로					

전지는 전기 회로에서 전류를 흐르게 하는데, 전압은 1.5 V, 6 V, 9 V 등 그 크기가 다양하다. 휴대 전화에 사용하는 전지의 전압은 보통 3.7 V이고, 가정용 전기의 전압은 220 V이다.



▶ 그림 22 여러 가지 전지

## 전압계 사용법

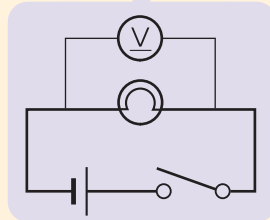
전압계의 (-) 단자에는 그 단자에 연결하여 측정할 수 있는 최댓값이 표시되어 있으므로, 큰 값의 단자부터 차례로 연결한다.

### 유의할 점

- 영점 조절 나사를 이용하여 영점을 조정한 후 사용한다.
- 전압계의 단자를 바꾸어 연결하면 바늘이 반대 방향으로 회전하므로 전압을 측정할 수 없다.

전압계는 전압을 측정하고자 하는 회로에 병렬로 연결한다.

전압계의 (+) 단자는 전지의 (+)극 쪽에 연결하고, 전압계의 (-) 단자는 전지의 (-)극 쪽에 연결한다.



### 전압계 눈금 읽기

1. 연결한 (-) 단자에 해당하는 전압계의 눈금을 읽는다.
2. (-) 단자를 3 V에 연결하였다면 전압은 1.5 V이다.



### 디지털 전압계

최근에는 전압이 숫자로 표시되는 디지털 전압계를 많이 사용한다.

## 스스로 확인하기

- ① 전기 회로에서 전류를 흐르게 하는 능력을 \_\_\_\_\_(이)라고 하고, 단위는 \_\_\_\_\_을/를 사용한다.
- ② (-) 단자를 15 V에 연결하였을 때 전압계의 바늘이 그림과 같았다면 전압은 몇 V인가?



# 3

## 옴의 법칙

- 이 단원을 배우면
- 전기 저항이 무엇인지 설명할 수 있다.
  - 전압, 전류, 전기 저항 사이의 관계를 설명할 수 있다.



물이 뿜어져 나오는 세기는 수압과 관의 굵기에 의해 결정된다. 전기 회로에서 전류의 세기를 결정하는 것은 무엇일까?

전기 회로에서 전지를 직렬로 연결하면 전지의 개수에 따라 전압이 달라진다. 전기 회로에 걸리는 전압이 달라지면 전류의 세기는 어떻게 될까?



### 미니 탐구

#### 실험

### 전압과 전류 사이의 관계

**준비물** 전지, 집게 달린 전선, 전압계, 전류계, 니크롬선, 스위치, 면장갑

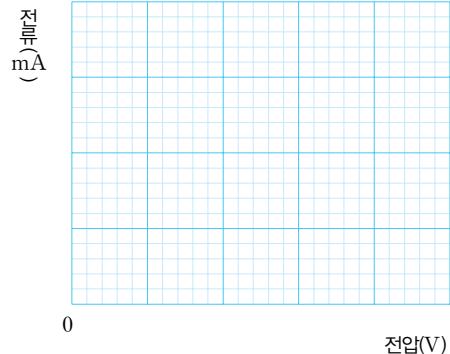
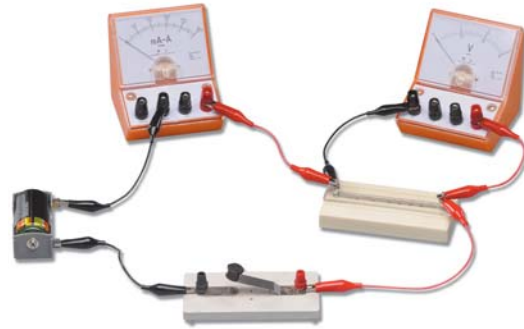
**유의할 점** 전기 저항이 큰 니크롬선을 사용해야 전지 내부 저항의 영향을 줄일 수 있다.

- 1 그림과 같이 전지, 니크롬선, 전류계, 전압계, 스위치를 연결하자.
- 2 전지의 개수를 1개, 2개, 3개, 4개로 늘려 직렬로 연결할 때 전압과 전류의 세기를 측정하여 표에 기록하자.

전지의 개수(개)	1	2	3	4
전압(V)				
전류(mA)				

- 3 측정값으로부터 가로축을 전압, 세로축을 전류로 하여 그 래프를 그려 보자.

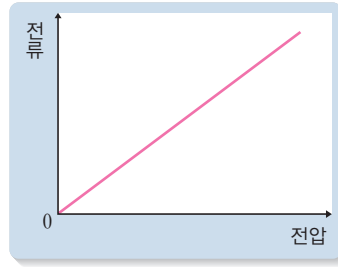
- 전압이 커짐에 따라 니크롬선에 흐르는 전류의 세기는 어떻게 변하는가?
- 전압과 전류 사이에는 어떤 관계가 있는가?



## 전압과 전류의 관계

전지와 니크롬선을 연결한 회로에서 전지의 개수를 늘려 전압이 커질수록 회로에 흐르는 전류의 세기도 커진다. 즉, 회로에 걸리는 전압이 2배, 3배, ...가 되면 회로에 흐르는 전류의 세기도 2배, 3배, ...가 된다. 이와 같이 전기 회로에 흐르는 전류의 세기는 전압의 크기에 비례한다.

$$\text{전류의 세기} \propto \text{전압}$$

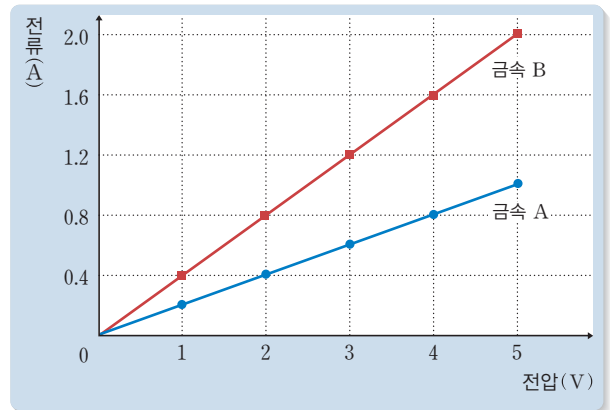


◉ 그림 23 전압과 전류의 관계 전류의 세기는 전압의 크기에 비례한다.

## 전기 저항

종류가 다른 두 금속에 같은 크기의 전압을 걸어 주었을 때 회로에 흐르는 전류의 세기는 어떻게 될까?

그림 24는 종류가 다른 두 금속 A, B에 걸어 준 전압을 변화시키면서 회로에 흐르는 전류의 세기를 측정한 결과를 나타낸 것이다. 전압이 4 V일 때 두 금속에 흐르는 전류의 세기를 비교하면 금속 B에 흐르는 전류는 금속 A에 흐르는 전류의 2배이다. 전압이 같을 때 금속의 종류에 따라 전류의 세기가 다른 까닭은 물질의 종류에 따라 전류의 흐름을 방해하는 정도가 다르기 때문이다. 이와 같이 전류의 흐름을 방해하는 정도를 전기 저항이라고 하고, 단위로는 Ω(옴)을 사용한다. 이때, 1 Ω은 1 V의 전압을 걸었을 때 1 A의 전류가 흐르는 도선의 저항이다.



◉ 그림 24 금속의 종류에 따른 전류의 세기 금속 A의 저항이 금속 B 저항의 2배이다.



## 도체와 절연체

금, 은, 구리, 철과 같은 금속에 전압을 걸어 주면 자유 전자가 이동하면서 전류가 잘 흐르는데, 이러한 물질을 **도체**라고 한다. 구리는 전선을 만드는 데 주로 이용되며, 금은 컴퓨터의 중앙 처리 장치(CPU) 등을 만드는 데 이용된다.

유리, 플라스틱, 종이와 같은 물질들은 자유 전자를 가지고 있지 않아 전압을 걸어 주어도 전류가 흐르지 않는다. 이러한 물질을 **절연체** 또는 **부도체**라고 한다. 전선을 감싸고 있는 고무나 플러그의 손잡이 부분에 있는 플라스틱과 같은 절연체는 전류가 도체 밖으로 흐르는 것을 막아 주는 역할을 한다.

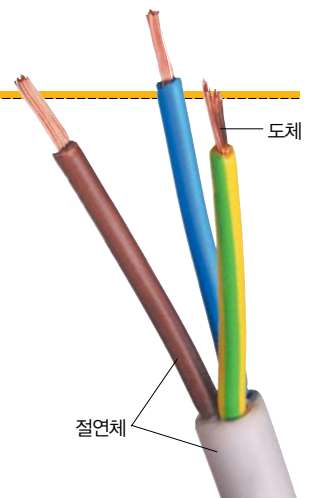


표 2 여러 물질의 전기 저항(길이 1 m, 단면적 1 mm<sup>2</sup>, 20 °C)

물질	전기 저항(Ω)
은	0.016
구리	0.017
금	0.024
알루미늄	0.028
철	0.097
실리콘	2.5 × 10 <sup>9</sup>
유리	10 <sup>16</sup> ~ 10 <sup>20</sup>

전압이 일정할 때 회로에 흐르는 전류의 세기는 전기 저항에 반비례한다. 즉, 전기 저항이 2배, 3배, ...가 되면 전류의 세기는  $\frac{1}{2}$ 배,  $\frac{1}{3}$ 배, ...가 된다. 이와 같이 도선에 흐르는 전류의 세기는 전기 저항이 클수록 작아진다.

$$\text{전류의 세기} \propto \frac{1}{\text{저항}}$$

물질의 종류에 따라 전기 저항이 다른 까닭은 무엇일까?

여러 개의 탁구공이 박혀 있는 경사면을 따라 구슬이 굴러 내려갈 때 구슬은 탁구공과 충돌하여 운동에 방해받는다. 이와 마찬가지로 전자들이 도선을 따라 이동할 때 원자들과 충돌하게 되는데, 이와 같은 충돌 때문에 전기 저항이 생긴다.

전기 저항이 물질에 따라 다른 것은 물질에 따라 자유 전자의 수가 다르고, 원자의 배열이 달라 원자와 전자가 충돌하는 정도가 다르기 때문이다.

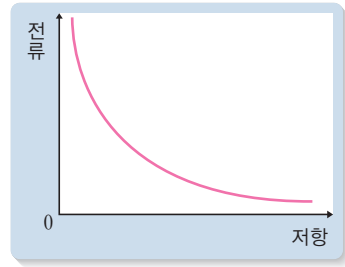


그림 25 저항과 전류의 관계

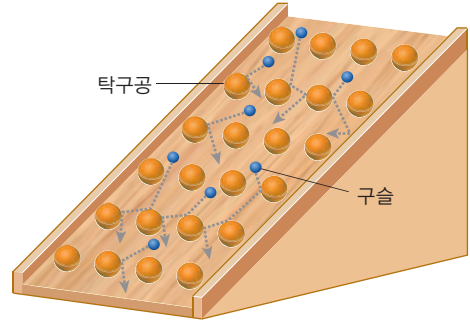


그림 26 전기 저항의 비유 경사면을 따라 굴러 내려가는 구슬은 탁구공에 의해 흐름에 방해받는다.



창의력 키우기

그림 26의 탁구공과 구슬 모형을 이용하여 도체와 부도체를 나타낼 때 두 모형에는 어떤 차이가 있을까?

### 옴의 법칙

회로에 흐르는 전류의 세기는 전압에 비례하고, 저항에 반비례한다. 전류의 세기를  $I$ , 전압을  $V$ , 전기 저항을  $R$ 라고 할 때, 이들 사이의 관계를 다음의 식으로 나타낼 수 있는데, 이를 옴의 법칙이라고 한다.

$$\text{전류의 세기} = \frac{\text{전압}}{\text{저항}}, \quad I = \frac{V}{R} \Rightarrow V = IR$$



옴(Ohm, G. S., 1789~1854)  
독일의 과학자로, 1827년에 옴의 법칙을 발견하였다. 저항의 단위인 옴(Ω)은 이 사람의 이름에서 따온 것이다.

### 스스로 확인하기

- 회로에 흐르는 전류의 세기는 \_\_\_\_\_에 비례하고, \_\_\_\_\_에 반비례한다.
- 전기 저항이 20 Ω인 니크롬선에 6 V의 전압을 걸어 주었다. 이 회로에 흐르는 전류의 세기는 몇 A인가?



# “전자저울과 스트레인 게이지”

물체를 올려놓기만 하면 숫자가 표시되어 간단하게 무게를 측정할 수 있는 전자저울은 어떤 원리로 작동하는 것일까?

저울은 질량을 측정하는 것과 무게를 측정하는 것으로 구분할 수 있다. 양팔저울은 기준이 되는 추와의 무게를 비교하여 질량을 측정하고, 용수철저울은 물체가 받는 중력의 크기인 무게를 측정하며, 전자저울도 무게를 측정한다.

전자저울 속에는 복잡한 모양을 한 얇은 금속박인 스트레인 게이지(strain gauge)가 들어 있다. 이 스트레인 게이지가 압력을 받아 모양이 바뀌면 저항이 변하면서 흐르는 전류의 세기가 달라진다. 전자저울은 이러한 전류의 변화를 계산할 수 있는 회로를 구성하여 물체의 무게를 측정한다.

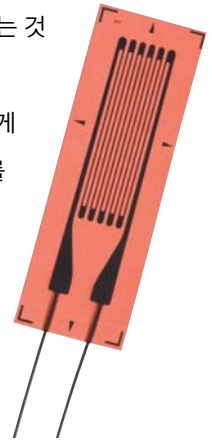


그림 27 스트레인 게이지

그림 28 스트레인 게이지의 원리

늘어나면 가늘어지면서 저항이 커진다.

압축되면 굽어지면서 저항이 작아진다.

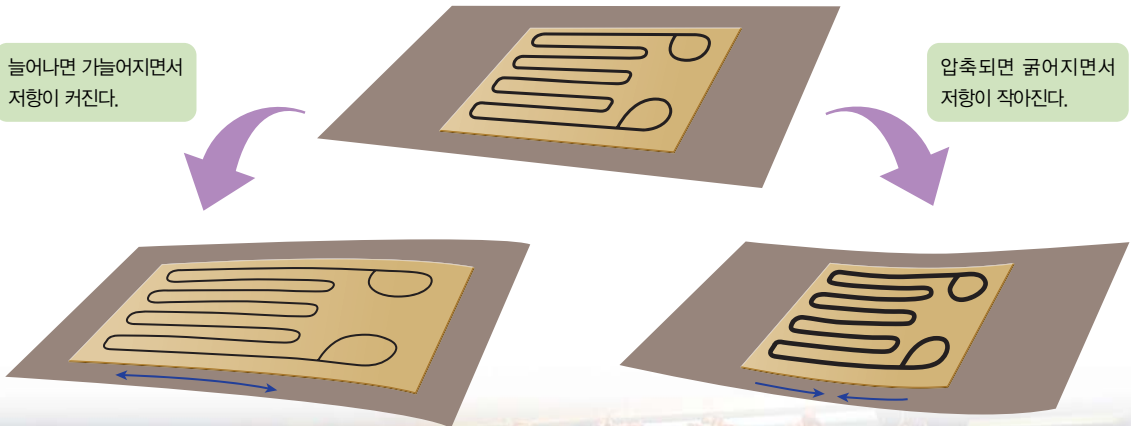


그림 29 여러 가지 전자저울



### 창의적 사고

스트레인 게이지를 지그재그 모양으로 여러 번 휘어 놓은 까닭을 설명하시오.

# 4

## 저항의 직렬 연결

- 이 단원을 배우면
  - 저항을 직렬 연결할 때 합성 저항을 구할 수 있다.
  - 저항을 직렬로 연결한 회로의 특징을 설명할 수 있다.



장애물을 통과하는 경기처럼 전자들은 저항을 통과한다. 두 개의 저항을 직렬로 연결한 회로에서 전압과 저항, 전류는 어떻게 될까?



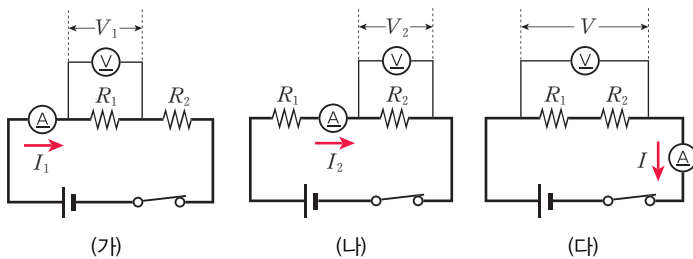
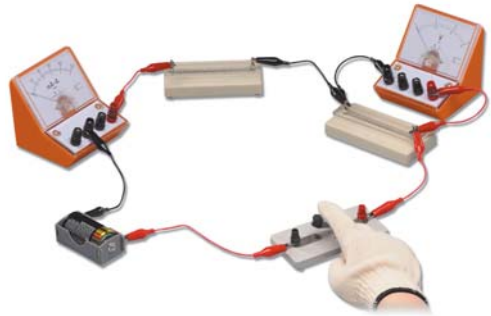
### 미니 탐구

### 실험

### 저항의 직렬 연결

**준비물** 전지, 집게 달린 전선, 전압계, 전류계, 니크롬선, 스위치, 면장갑

- 전지와 두 저항  $R_1, R_2$ 를 직렬로 연결한 회로를 구성하자.
- 회로도 (가), (나), (다)와 같이 전압계와 전류계를 연결하면서 각 경우의 전류  $I_1, I_2, I$ 와 전압  $V_1, V_2, V$ 를 측정하여 아래 표에 기록해 보자.



- (다)에서의 전류는 (가)와 (나)의 전류와 어떤 관계가 있는가?

- (다)에서의 전압은 (가)와 (나)의 전압과 어떤 관계가 있는가?

- 측정한 전류와 전압을 이용하여 각 경우의 저항을 구해 보자.

- (다)에서의 저항을  $R$ 라 할 때  $R$ 는 저항  $R_1, R_2$ 와 어떤 관계가 있는가?

회로	전류(A)	전압(V)	저항(Ω)
(가)	$I_1 =$	$V_1 =$	$R_1 =$
(나)	$I_2 =$	$V_2 =$	$R_2 =$
(다)	$I =$	$V =$	$R =$

## 합성 저항

두 저항이 직렬로 연결되어 있을 때 각 저항에 흐르는 전류는 전체 회로에 흐르는 전류의 세기와 같다.

$$I = I_1 = I_2$$

한편, 회로에 걸여 준 전체 전압  $V$ 는 두 저항에 나누어져 걸리므로, 각 저항에 걸리는 전압의 합은 전체 전압과 같다.

$$V = V_1 + V_2$$

전체 회로에 흐르는 전류의 세기를  $I$ 라 하면, 옴의 법칙으로부터  $V_1 = IR_1$ ,  $V_2 = IR_2$ 가 된다.

회로의 전체 저항을 합성 저항  $R$ 라 하면 옴의 법칙으로부터  $V = IR$ 이므로 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$V = V_1 + V_2 = IR_1 + IR_2 = I(R_1 + R_2) \Rightarrow R = R_1 + R_2$$

즉, 두 저항이 직렬로 연결되어 있을 때, 합성 저항은 각 저항을 합한 것과 같다. 따라서 저항을 직렬로 연결하면 합성 저항이 커진다.

## 직렬 회로의 이용

직렬 회로는 크리스마스 트리의 전구들을 연결할 때 사용된다. 크리스마스 트리의 전구들은 바이메탈 전구와 직렬로 연결되어 있어, 바이메탈 전구가 켜지거나 꺼지면 나머지 전구들도 그에 따라 켜지고 꺼지기를 반복한다.



바이메탈 전구

### 스스로 확인하기

- 1 그림과 같이 2 Ω과 4 Ω의 저항을 3 V의 전지에 직렬로 연결하였다. 합성 저항은 몇 Ω인가?
- 2 이 회로에 흐르는 전류는 몇 A인가? 또 4 Ω의 저항에 걸리는 전압은 몇 V인가?

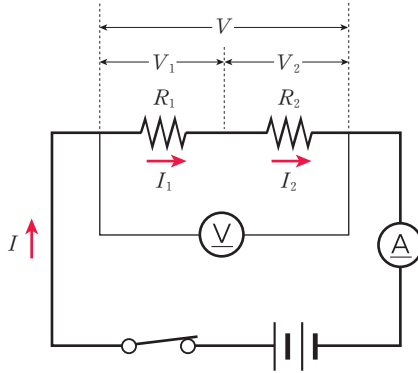
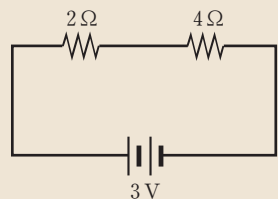
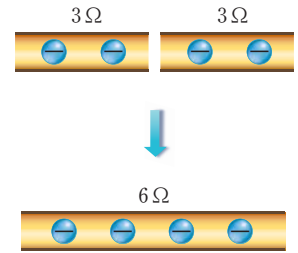


그림 30 저항의 직렬 연결

## 저항의 직렬 연결

저항을 직렬로 연결하면 저항의 길이가 길어지는 효과가 있으므로 합성 저항이 커진다. 3 Ω의 저항 두 개를 직렬로 연결하면 6 Ω이 된다.



## 바이메탈 전구

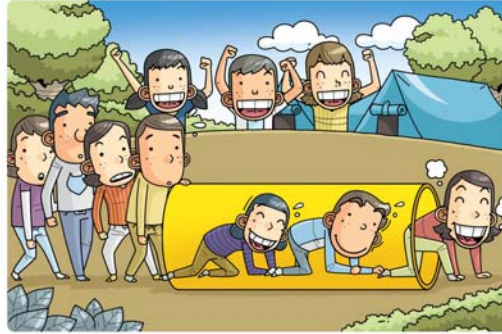
바이메탈 전구의 원리를 찾아보자.

그림 31 직렬로 연결된 크리스마스 트리의 전구

# 5

## 저항의 병렬 연결

- 이 단원을 배우면
  - 저항을 병렬 연결할 때 합성 저항을 구할 수 있다.
  - 저항을 병렬로 연결한 회로의 특징을 설명할 수 있다.



장애물을 한 줄로 통과하는 것보다 두 줄로 통과하는 것이 더 빠르다. 두 개의 저항을 병렬로 연결한 회로에서 전압과 저항, 전류는 어떻게 될까?



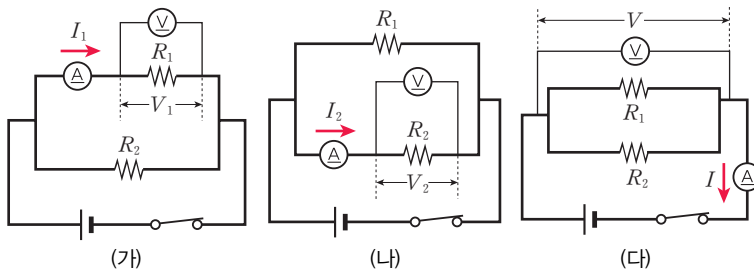
### 미니 탐구

### 실험

### 저항의 병렬 연결

**준비물** 전지, 집게 달린 전선, 전압계, 전류계, 니크롬선, 스위치, 면장갑

- 전지와 두 저항  $R_1$ ,  $R_2$ 를 병렬로 연결한 회로를 구성하자.
- 회로도 (가), (나), (다)와 같이 전압계와 전류계를 연결하면서 각 경우의 전류  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I$ 와 전압  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V$ 를 측정하여 아래 표에 기록해 보자.



- (다)에서의 전류는 (가)와 (나)의 전류와 어떤 관계가 있는가?

- (다)에서의 전압은 (가)와 (나)의 전압과 어떤 관계가 있는가?

- 측정한 전류와 전압을 이용하여 각 경우의 저항을 구해 보자.

- (다)에서의 저항을  $R$ 라고 할 때  $R$ 는 저항  $R_1$ ,  $R_2$ 와 어떤 관계가 있는가?

회로	전류(A)	전압(V)	저항( $\Omega$ )
(가)	$I_1 =$	$V_1 =$	$R_1 =$
(나)	$I_2 =$	$V_2 =$	$R_2 =$
(다)	$I =$	$V =$	$R =$

## 합성 저항

두 저항이 병렬로 연결되어 있을 때 각 저항에 흐르는 전류의 합은 전체 회로에 흐르는 전류의 세기와 같다.

$$I = I_1 + I_2$$

한편, 두 저항이 다른 저항을 거치지 않고 직접 전원에 연결되어 있으므로, 각 저항에 걸리는 전압은 전체 전압과 같다.

$$V = V_1 = V_2$$

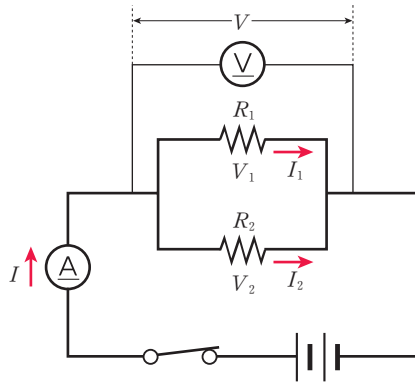


그림 32 저항의 병렬 연결

회로에 걸리는 전압을  $V$ 라 하면, 옴의 법칙으로부터  $I_1 = \frac{V}{R_1}$ ,  $I_2 = \frac{V}{R_2}$ 가 된다.

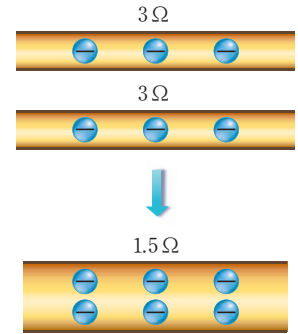
회로의 전체 저항을 합성 저항  $R$ 라 하면 옴의 법칙으로부터  $I = \frac{V}{R}$ 이므로 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$I = I_1 + I_2 = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} = V \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \rightarrow \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

즉, 두 저항이 병렬로 연결되어 있을 때, 합성 저항의 역수는 각 저항의 역수의 합과 같다. 따라서 저항을 병렬로 연결하면 합성 저항이 작아진다.

## 저항의 병렬 연결

저항을 병렬로 연결하면 저항의 굵기가 굵어지는 효과가 있으므로 합성 저항이 작아진다. 3 Ω의 저항 두 개를 병렬로 연결하면 1.5 Ω이 된다.



## 병렬 회로의 이용

가정, 학교 등의 전기 배선은 병렬 회로로 구성되어 있다. 각 병렬 회로에는 보통 스위치가 하나씩 연결되어 있으므로 한 전기 기구의 스위치를 꺼도 나머지 전기 기구들은 그대로 작동한다.

또 병렬 회로는 여러 개의 전기 기구를 연결해도 각 전기 기구에 걸리는 전압이 모두 같기 때문에 각 전기 기구가 정상적으로 작동한다.

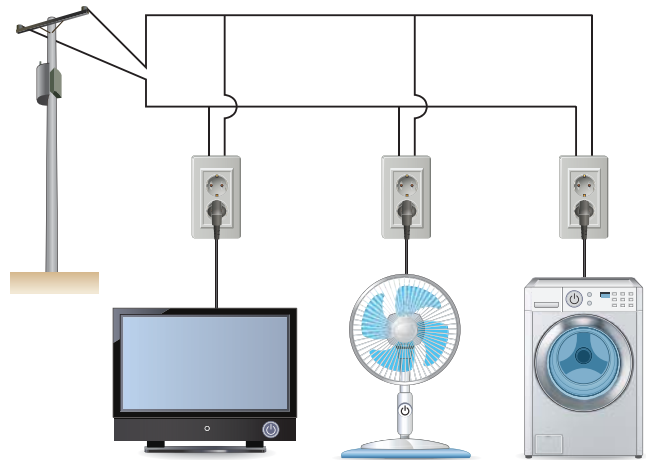
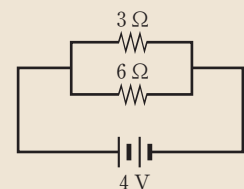


그림 33 병렬로 연결된 가정의 전기 기구

### 스스로 확인하기

- 3 Ω과 6 Ω의 저항을 4 V의 전지에 병렬로 연결하였다. 합성 저항은 몇 Ω인가?
- 이 회로에 흐르는 전류는 몇 A인가? 또 3 Ω의 저항에 흐르는 전류는 몇 A인가?





# 전기 에너지의 이용

- 이 단원을 배우면**
- 전류의 여러 가지 작용을 설명할 수 있다.
  - 전기 에너지가 생활에서 이용되는 예를 찾을 수 있다.



갑자기 정전이 되면 건물의 엘리베이터와 공장의 기계가 멈추게 되어 위험하고, 각종 가전제품들도 사용할 수가 없어 매우 불편하다. 이처럼 소중한 전기는 우리 생활에서 어떻게 이용되고 있을까?



미니 탐구

토의

## 전기 에너지의 이용

1 다음은 가정에서 사용하는 여러 가지 전기 기구를 나타낸 것이다.



- 전기 에너지를 열에너지로 바꾸는 전기 기구는 무엇인가?
- 전기 에너지를 빛에너지로 바꾸는 전기 기구는 무엇인가?
- 다른 전기 기구들은 전기 에너지를 어떤 에너지로 바꾸는가?

2 **창의·인성** 전기를 이용하면 편리한 점이 무엇인지 토의해 보자.

전기밥솥을 전원에 연결하면 열이 발생하고, 청소기를 전원에 연결하면 전동기가 회전한다. 이와 같이 전원에서 공급된 에너지는 여러 형태의 에너지로 전환되는데, 전류가 흐를 때 공급되는 에너지를 **전기 에너지**라고 한다.

전기 에너지는 다른 종류의 에너지로 쉽게 전환되기 때문에 오늘날 가장 널리 이용되고 있는 에너지 중 하나이다.



◉ 그림 34 전류에 의한 열의 발생

헤어드라이어나 전기난로와 같은 전열기는 전열선에서 발생하는 열에너지를 이용한다.

백열등과 형광등은 전기 에너지를 빛에너지로 전환하며, 스피커는 전기 에너지를 소리 에너지로, 전기 도금이나 휴대 전화 충전지를 충전할 때는 전기 에너지를 화학 에너지로 전환하여 이용한다.

전동기에 전류가 흐르면 전기 에너지는 전동기가 회전하는 운동 에너지로 전환되어 엘리베이터, 전동차 등에 다양하게 이용된다. 또 못에 구리 선을 감고 전류를 흐르게 하면 전자석이 되어 쇠붙이를 끌어당기므로 폐차장 등에서 이용한다. 이와 같이 전기는 우리 생활의 다양한 곳에서 편리하게 이용되고 있다.

◉ 그림 36 전동차 전동기가 회전하여 전동차를 움직인다.



◉ 그림 35 전기 도금 수도꼭지의 표면은 전기 도금으로 크롬을 막을 입힌 것이다.

**스스로  
확인하기**

- ① 전류가 흐를 때 공급되는 에너지를 \_\_\_\_\_(이)라고 한다.
- ② 전기 에너지를 생활에서 이용하는 예를 세 가지 써 보자.

# 2

## 전기 에너지의 크기

이 단원을 배우면 • 전기 에너지의 크기를 구할 수 있다.



컴퓨터를 사용하면 열이 발생하므로 컴퓨터 내부에는 팬 등이 있어 발생하는 열을 밖으로 빼낸다. 컴퓨터에서 어떤 때 열이 많이 발생할까?



### 미니 탐구

### 실험

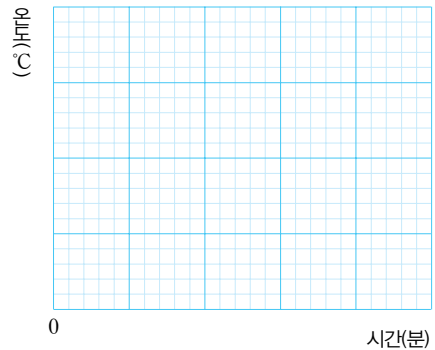
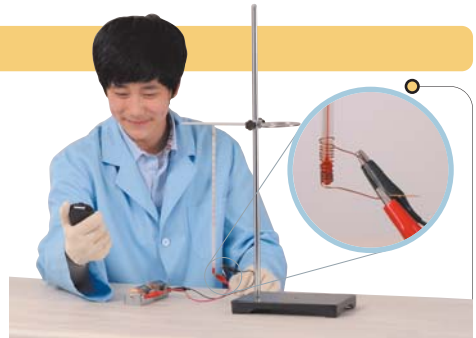
### 전류가 흐를 때 발생하는 열에너지

**준비물** 온도계, 스탠드, 링, 니크롬선(지름 0.5 mm) 15 cm, 전지 2개(1.5 V), 집게 달린 전선, 초시계, 면장갑

- 1 니크롬선을 온도계의 구부에 여러 차례 감자.
- 2 처음 온도를 측정한 후 집게 달린 전선으로 니크롬선과 전지를 연결하고 1분 간격으로 온도계의 눈금을 측정하자.

시간(분)	0	1	2	3	4
온도(°C)					

- 3 시간에 따른 온도 변화를 그래프로 그려 보자.
  - ▶ 시간이 지날수록 온도계의 온도가 올라가는 까닭을 설명해 보자.
  - ▶ 니크롬선에서 발생한 열량과 전류가 흐른 시간 사이에는 어떤 관계가 있는가?



### 전기 에너지와 시간의 관계

온도계의 구부에 니크롬선을 감고 전류를 흐르게 하면 온도계의 온도가 점점 높아진다. 또 전기난로를 처음 켜었을 때는 뜨겁지 않지만 시간이 지나면 뜨거워진다. 이와 같이 전류가 흐른 시간이 길수록 전열선의 온도가 점점 높아진다.

전압과 전류가 일정할 때 전열선에서 발생하는 열량은 전류가 흐른 시간에 비례한다.

$$\text{발열량} \propto \text{전류가 흐른 시간}$$

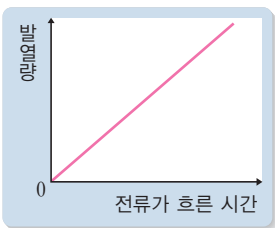


그림 37 전류가 흐른 시간과 발열량의 관계

## 전기 에너지와 전류, 전압의 관계

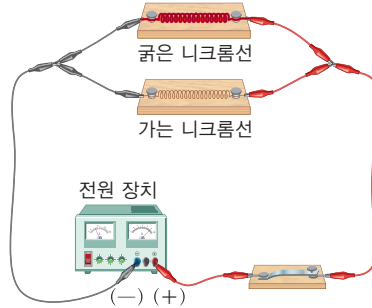
전류가 흐를 때 공급되는 전기 에너지의 양은 전류의 세기와 전압과는 어떤 관계가 있을까?

그림 38과 같이 장치하고 전류를 흐르게 하면 저항이 작은 니크롬선에서 더 많은 열이 발생한다. 이것은 전압이 일정할 때 전열선에서 발생하는 열량은 전류의 세기에 비례하기 때문이다.

$$\text{발열량} \propto \text{전류의 세기}$$

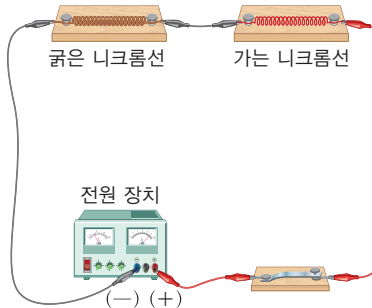
그림 39와 같이 장치하고 전류를 흐르게 하면 저항이 큰 니크롬선에서 더 많은 열이 발생한다. 이것은 전류가 일정할 때 전열선에서 발생하는 열량은 전압에 비례하기 때문이다.

$$\text{발열량} \propto \text{전압}$$



구분	저항	전압	전류	발열량
짧은 니크롬선	작다.	같다.	크다.	크다.
가는 니크롬선	크다.		작다.	작다.

◉ 그림 38 발열량과 전류의 관계 저항을 병렬로 연결하면 전압이 일정하여 전류의 세기에 따른 발열량을 비교할 수 있다.



구분	저항	전류	전압	발열량
짧은 니크롬선	작다.	같다.	작다.	작다.
가는 니크롬선	크다.		크다.	크다.

◉ 그림 39 발열량과 전압의 관계 저항을 직렬로 연결하면 전류가 일정하여 전압에 따른 발열량을 비교할 수 있다.

## 전기 에너지의 크기

전열선에서 발생하는 열량은 전류가 흐른 시간뿐만 아니라 전류와 전압에도 비례한다. 따라서 전류가 흐를 때 전열선에서 발생하는 열량은 전류, 전압, 시간에 비례한다.

$$\text{발열량} \propto \text{전류} \times \text{전압} \times \text{시간}$$

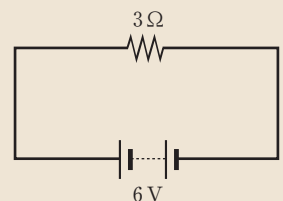
이때 발생한 열량은 전원에서 공급한 전기 에너지가 열로 전환된 것이므로 전기 에너지는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{전기 에너지} = \text{전류} \times \text{전압} \times \text{시간}$$

전기 에너지의 단위는 J(줄)을 사용하는데, 1 J은 1 V의 전압으로 1 A의 전류가 1초 동안 흐를 때 공급되는 전기 에너지이다.

### 스스로 확인하기

- 어떤 전기 기구를 220 V 전압의 전원에 연결하였더니 2 A의 전류가 1분 동안 흘렀다. 이때 전기 기구에 공급된 전기 에너지는 몇 J인가?
- 그림과 같은 회로에서 3 Ω의 저항에 10초 동안 전류가 흘렀다. 이때 3 Ω의 저항에 공급된 전기 에너지는 몇 J인가?



# 3

## 전력

- 이 단원을 배우면
- 전기 기구에 표시된 전력의 의미를 설명할 수 있다.
  - 소비 전력의 크기를 계산할 수 있다.



전기 에너지의 사용량을 비교할 수 있는 기준은 무엇일까?

### 전력

가정에서 사용하는 전기 기구 중에는 전기 에너지를 많이 사용하는 것도 있고 적게 사용하는 것도 있다. 전기 기구에서 사용하는 전기 에너지를 비교할 때에는 일정 시간 동안 사용하는 전기 에너지로 나타내면 편리한데, 단위 시간 동안 전기 기구에 공급되는 전기 에너지를 **전력**이라고 한다.



### 미니 탐구

토의

### 전기 기구의 전력

다음은 여러 전기 기구에 표시되어 있는 소비 전력을 나타낸 것이다.



품명	청소기
소비 전력	1,050 W



품명	가습기
소비 전력	35 W



품명	텔레비전
소비 전력	219 W



품명	전자레인지
소비 전력	1,300 W

- ▶ 같은 시간 동안 전기 에너지를 가장 많이 사용하는 전기 기구는 어느 것인가?
- ▶ 전기 기구를 사용할 때 가장 센 전류가 흐르는 것은 어느 것인가?

전력은 다음과 같은 식으로 나타낸다.

$$\text{전력} = \frac{\text{전기 에너지}}{\text{시간}} = \frac{\text{전류} \times \text{전압} \times \text{시간}}{\text{시간}} = \text{전압} \times \text{전류}$$

전력의 단위로는 W(와트)를 사용하는데, 1 W는 1초 동안에 1 J의 전기 에너지를 사용할 때의 전력이다. 또 1 W는 1 V의 전압으로 1 A의 전류가 흐를 때의 전력이다. 전력이 클 때는 kW(킬로와트)를 사용하여 나타내는데, 1 kW는 1,000 W이다.

전기 기구에는 그 기구에 사용되는 전압과 소비 전력이 표시되어 있다. 따라서 각 전기 제품에 표시된 소비 전력을 보면 그 전기 제품이 사용하는 전기 에너지의 양을 알 수 있다. 예를 들어 220 V-4 W로 표시되어 있는 LED 전구는 220 V의 전원에 연결할 때 1초 동안에 4 J의 전기 에너지를 사용한다는 뜻이며, 이때 전구에 흐르는 전류는 약 18.2 mA라는 것을 알 수 있다.

#### 일률과 전력의 단위

전력과 일률의 단위는 모두 W이다. 전력은 1초 동안 소비하는 전기 에너지이고, 일률은 1초 동안에 한 일의 양이다.

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$$



$$\text{전류} = \frac{\text{전력}}{\text{전압}} = \frac{4 \text{ W}}{220 \text{ V}} \approx 18.2 \text{ mA}$$

◀ 그림 40 LED 전구



## 적산 전력계

가정에서 내는 전기 요금은 한 달 동안 각 가정에서 사용한 전기 에너지의 양을 기준으로 산정하는데, 일정 기간 동안 사용한 전기 에너지의 양을 전력량이라고 한다.

각 가정에는 사용한 전력량을 측정하는 계기인 적산 전력계가 설치되어 있는데, 적산 전력계에 표시된 값의 변화를 보면 사용한 전력량을 알 수 있다.



◀ 그림 41 하루 동안 적산 전력계의 눈금 변화



- ① 220 V의 전압을 걸었을 때 2 A의 전류가 흐르는 전열기의 소비 전력은 몇 W인가?
- ② 220 V-660 W의 전기다리미를 220 V의 전원에 연결할 때 흐르는 전류는 몇 A인가?



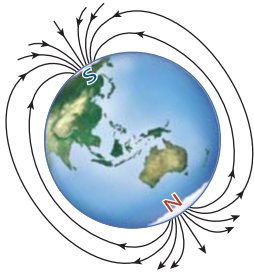
# 전류와 자기장

- 이 단원을 배우면**
- 자기장의 모양을 자기력선으로 나타낼 수 있다.
  - 전류가 흐르는 도선 주위에 자기장이 생긴다는 것을 말할 수 있다.



자석 주위에 나침반을 가까이 하면 나침반의 자침이 움직인다. 그런데 전류가 흐르는 도선 주위에 나침반을 가까이 해도 나침반의 자침이 움직인다. 그 까닭은 무엇일까?

## 지구 주위의 자기장

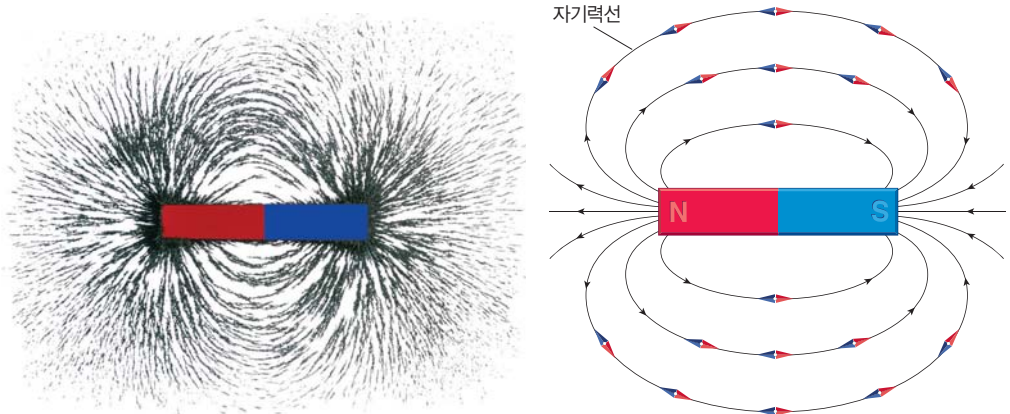


나침반을 이용하여 방향을 찾을 수 있는 것은 지구의 북극 쪽이 S극, 남극 쪽이 N극인 거대한 자석과 같기 때문이다.

## 자석 주위의 자기장

자석 주위에는 자기력이 작용하는데, 자석의 자기력이 작용하는 공간을 자기장이라고 한다. 자기장의 방향은 그 지점에 놓은 자침의 N극이 가리키는 방향으로 정한다. 자기장은 눈으로 볼 수 없지만 자석 주위에 철 가루를 뿌렸을 때 철 가루가 배열되는 모양을 보면 자기장을 확인할 수 있다. 자기장을 선으로 나타낸 것을 자기력선이라고 한다.

자기장이 센 곳은 자기력선이 뻗뻗하게 나타나고, 자기장이 약한 곳은 자기력선이 듥성듬성하게 나타난다. 막대자석에서 자석의 N극과 S극에 가까울수록 자기력선이 촘촘한 것으로 보아 자기장은 자석의 극에 가까이 갈수록 세어지고, 자석의 극에서 멀어질수록 약해진다는 것을 알 수 있다.



**그림 42 자기장** 자석 주위의 철 가루와 나침반의 자침이 배열한 모습을 보고 자기력선을 그리면, 자기장의 모양과 방향을 알 수 있다.

## 전류가 만드는 자기장

자기장은 자석 주위에만 생기는 것이 아니라 전류가 흐르는 도선 주위에도 생긴다. 이것은 전류가 흐르는 도선 주위에 놓은 나침반의 자침이 회전하는 모습을 보면 알 수 있다. 직선 도선 아래에 나침반을 놓았을 때, 전류가 흐르지 않으면 나침반의 자침이 움직이지 않지만 전류를 흐르게 하면 자침이 회전한다.



전류가 흐르지 않을 때

전류가 흐를 때

▶ **그림 43 전류에 의한 자기장** 전류가 흐르지 않을 때 남북을 가리키던 나침반의 자침이 도선에 전류가 흐르면 회전한다.



## 외르스테드의 나침반

전류가 흐르는 도선 주위에 자기장이 생기는 현상은 덴마크의 물리학자인 외르스테드(Örsted, H. C., 1777~1851)에 의해 우연히 발견되었다. 외르스테드는 학생들에게 전류가 흐르면 도선이 뜨거워지는 현상을 보여 주기 위해 시범 실험을 하던 중, 도선 옆에 놓여 있던 나침반의 자침이 회전하는 것을 보고 깜짝 놀랐다.

외르스테드는 이 현상에 대해 여러 차례 실험하여 전기 현상과 자기 현상 사이에 밀접한 관계가 있다는 사실을 밝혔다. 외르스테드의 발견 이후 전기와 자기의 상호 작용에 대한 연구가 활발하게 이루어져, 오늘날 두 현상을 통합한 전자기학이 완성되었다.



### 스스로 확인하기

- 1 자기장의 방향은 그 지점에 놓은 자침의 \_\_\_\_\_ 극이 가리키는 방향이다.
- 2 자기장은 \_\_\_\_\_ 주위와 \_\_\_\_\_ 이/가 흐르는 도선 주위에 생긴다.

# 2

## 직선 전류 주위의 자기장

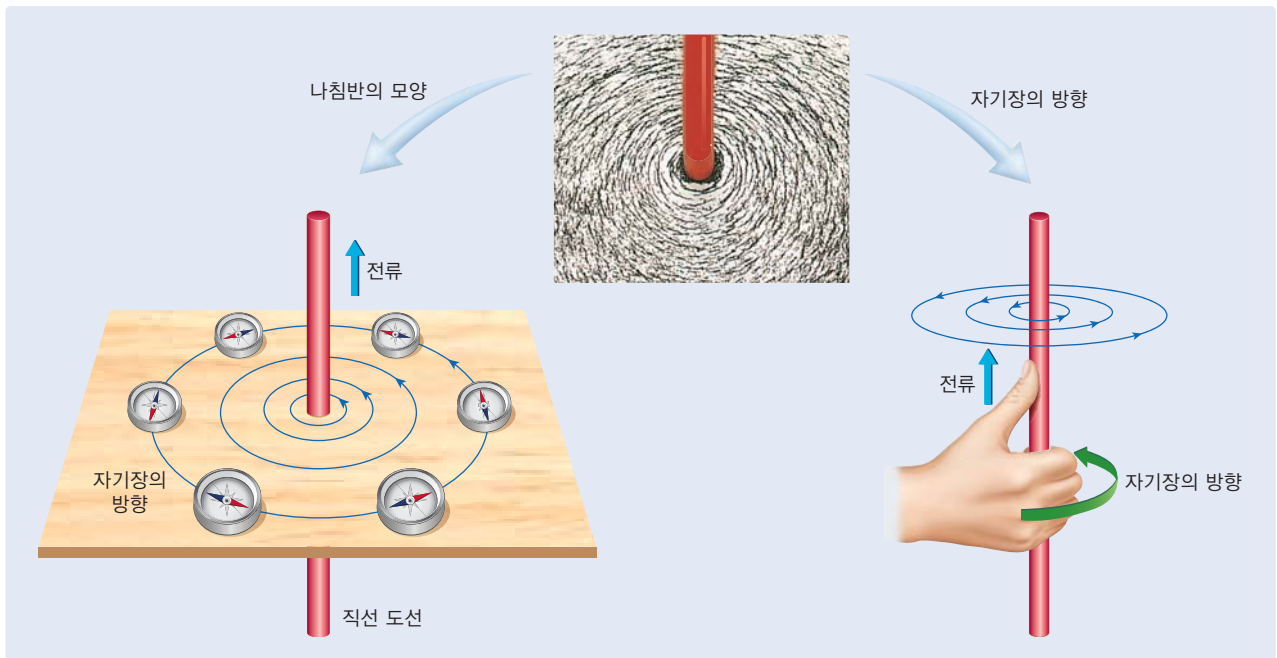
- 이 단원을 배우면
  - 직선 전류 주위에 생기는 자기장의 모양과 방향을 설명할 수 있다.
  - 직선 전류 주위에 생기는 자기장의 세기에 영향을 주는 요소를 설명할 수 있다.



전동차가 들어오면 전동차와 연결된 직선 도선에 센 전류가 흘러 자기장이 생긴다. 직선 전류 주위의 자기장은 어떤 성질을 가질까?

### 직선 전류 주위에 생기는 자기장의 방향

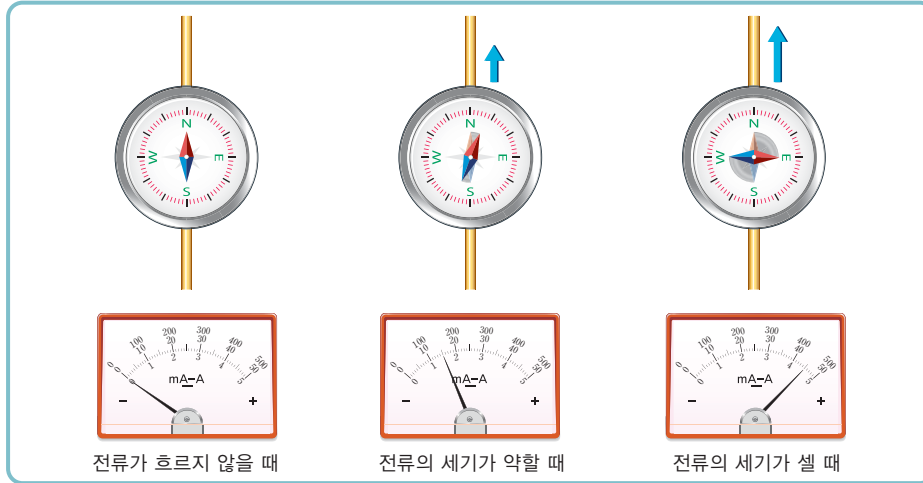
전류가 흐르는 직선 도선 주위에 철 가루를 뿌리면 철 가루가 동심원 모양으로 늘어서고, 나침반을 놓고 나침반 자침의 N극이 가리키는 방향을 연결하면 동심원 모양이 된다. 이와 같이 전류가 흐르는 직선 도선 주위에는 도선을 중심으로 동심원 모양의 자기장이 생기는데, 이때 자기장의 방향은 오른손을 이용하면 쉽게 찾을 수 있다. 그림 44와 같이 오른손 엄지손가락이 전류의 방향을 향하도록 하여 도선을 감아줄 때, 나머지 네 손가락의 방향이 자기장의 방향이다.



● 그림 44 직선 도선에 의한 자기장 직선 도선 주위에는 자기장이 생기며, 자기장의 방향은 오른손을 이용하여 찾을 수 있다.

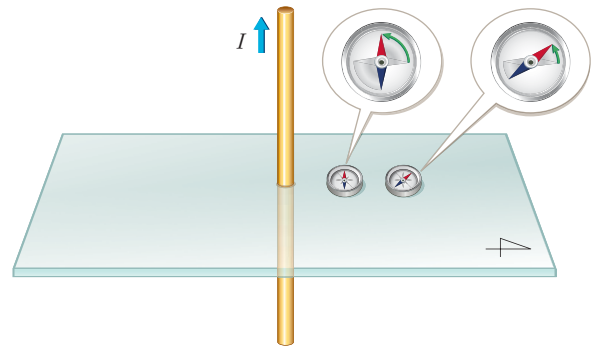
### 직선 전류 주위에 생기는 자기장의 세기

직선 도선 주위에 생기는 자기장의 세기에 영향을 주는 요인은 무엇일까? 직선 도선 위에 나침반을 놓고 도선에 흐르는 전류를 세게 하면 나침반의 자침이 회전하는 정도가 처음보다 커진다. 이것으로 보아 도선 주위에 생기는 자기장의 세기는 도선에 흐르는 전류의 세기에 비례한다는 것을 알 수 있다.



◉ 그림 45 전류의 세기와 자기장 직선 도선 주위에 생기는 자기장의 세기는 전류의 세기에 비례한다.

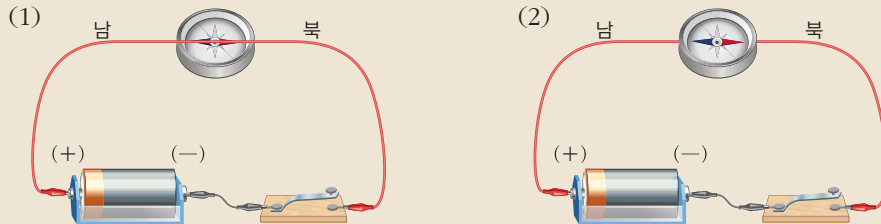
같은 세기의 전류가 흐를 때는 도선 가까운 곳에 있는 나침반의 자침이 먼 곳에 있는 것보다 많이 회전한다. 이것은 도선에 가까울수록 자기장의 세기가 세기 때문이다. 즉, 직선 도선 주위에 생기는 자기장의 세기는 도선에 흐르는 전류의 세기에 비례하고, 도선으로부터의 거리에 반비례한다.



◉ 그림 46 도선으로부터의 거리와 자기장 자기장의 세기는 도선으로부터의 거리에 반비례한다.

### 스스로 확인하기

① 그림과 같이 장치하고 도선에 전류를 흐르게 할 때 나침반의 자침은 어느 방향으로 움직이는가?



② 직선 전류 주위에 생기는 자기장의 세기는 도선에 흐르는 \_\_\_\_\_에 비례하고, \_\_\_\_\_에 반비례한다.

### 전선 주위의 자기장

전류가 흐르는 전선 주위에 생기는 자기장의 방향과 크기를 알아보자.



준비물

직류 전원 장치, 스위치, 집게 달린 전선, 스탠드, 나침반, 직선 도선, 면장갑

유의할 점

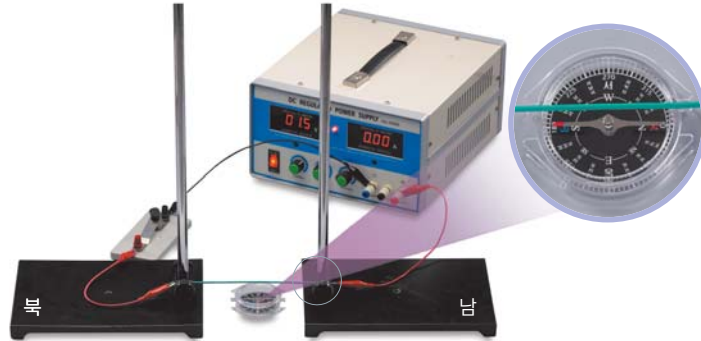
전류를 너무 세게 흐르게 하면 도선이 과열되므로 위험하다.

| 목표 |

직선 전류 주위에 생기는 자기장의 특징을 찾을 수 있다.

| 과정 1 | 직선 전류 주위에 생기는 자기장의 방향

1 직류 전원 장치, 직선 도선 및 스위치를 그림과 같이 장치하자.



- 2 스탠드에 고정해 놓은 직선 도선 아래에 나침반을 놓고, 나침반의 자침과 직선 도선이 평행하도록 직선 도선의 방향을 남북으로 맞추자.
- 3 스위치를 닫아 직선 도선에 전류가 남쪽에서 북쪽으로 흐르게 하고, 자침이 회전하는 방향을 관찰해 보자.
- 4 전류의 방향을 바꾸어 직선 도선에 전류가 북쪽에서 남쪽으로 흐르게 하고, 자침이 회전하는 방향을 관찰해 보자.

| 결과 |

● 과정 3, 4에서 전류가 흐를 때 나침반의 자침이 가리키는 방향을 그려 보자.



〈전류가 흐르지 않을 때〉



〈전류가 남쪽에서 북쪽으로 흐를 때〉



〈전류가 북쪽에서 남쪽으로 흐를 때〉

- 전류의 방향에 따라 나침반의 자침이 회전하는 방향은 어떻게 달라지는가?

| 정리 |

● 전류가 흐르는 직선 도선 주위에 생기는 자기장의 방향은 무엇에 따라 달라지는가?

-----

## | 과정 2 | 직선 전류 주위에 생기는 자기장의 세기

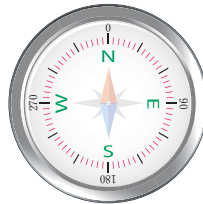
- 1 과정 1의 장치에서 스위치를 닫아 직선 도선에 전류가 흐르게 하고, 전류의 세기를 증가시키면서 나침반의 자침이 회전하는 정도를 관찰해 보자.
- 2 전류의 세기를 일정하게 유지하고, 직선 도선을 위쪽으로 조금씩 옮겨 나침반과 직선 도선 사이의 거리가 멀어지게 한 뒤, 나침반의 자침이 회전하는 정도를 관찰해 보자.

## | 결과 |

- 1 과정 1에서 전류의 세기에 따라 나침반의 자침이 회전하는 정도를 그려 보자.



〈전류의 세기가 약할 때〉



〈전류의 세기가 셀 때〉

- 전류의 세기에 따라 나침반의 자침이 회전하는 정도는 어떻게 달라지는가?

- 2 과정 2에서 나침반과 직선 도선 사이의 거리에 따라 나침반의 자침이 회전하는 정도를 표시해 보자.



〈나침반과 도선이 가까울 때〉



〈나침반과 도선이 멀 때〉

- 나침반과 직선 도선 사이의 거리에 따라 나침반의 자침이 회전하는 정도는 어떻게 달라지는가?

## | 정리 |

- 전류가 흐르는 직선 도선 주위에 생기는 자기장의 세기는 무엇에 따라 달라지는가?

-----

# 3

## 원형 전류 주위의 자기장

이 단원을 배우면 • 원형 전류에 의한 자기장의 모양과 방향을 설명할 수 있다.



직선 전류 주위에는 동심원 모양의 자기장이 생긴다. 원형 전류 주위에는 어떤 모양의 자기장이 생길까?

### 원형 도선에 의한 자기장

원형 도선을 끼운 종이 위에 철 가루를 뿌리고 도선에 전류를 흐르게 하면 원형 도선의 중심에 있는 철 가루는 원형 도선을 수직으로 지나가는 방향으로 배열되고, 도선 가까운 곳에 있는 철 가루는 도선 주위에 원 모양으로 배열된다.

원형 도선에 전류가 흐를 때 중심에서의 자기장 방향은 오른손의 엄지손가락이 전류의 방향을 가리키도록 하고 네 손가락을 살짝 감아줄 때, 네 손가락이 향하는 방향이다.

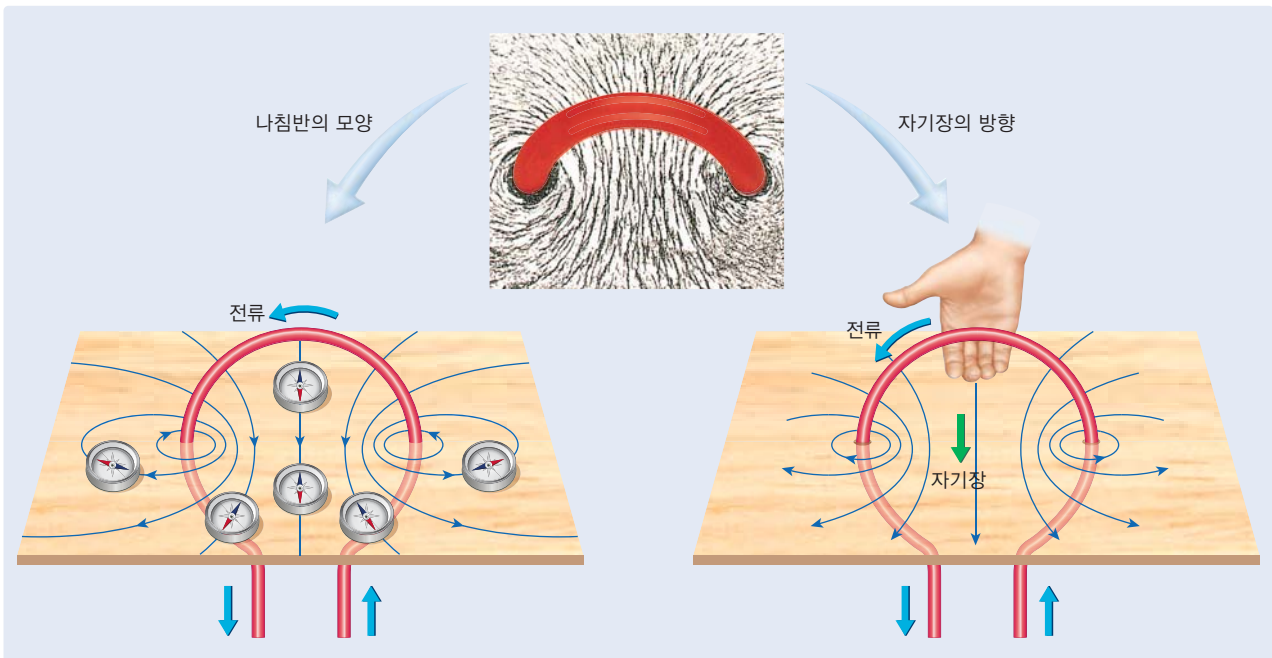


그림 47 원형 전류에 의한 자기장

## 코일 주위의 자기장

코일은 원형 도선을 여러 개 겹쳐 놓은 것과 같으므로 코일에 흐르는 전류에 의한 자기장은 여러 개의 원형 전류에 의한 자기장을 합한 것과 같다.



그림 48 코일 주위에 생기는 자기장

코일 내부에 생기는 자기장의 방향은 오른손 네 손가락이 전류의 방향을 향하도록 원형 도선을 감아쥐고 엄지손가락을 뻗었을 때, 엄지손가락이 가리키는 방향이다. 코일 내부에는 직선 모양으로 자기장이 생기고 외부에는 막대자석에 의한 자기장과 비슷한 모양으로 생긴다.

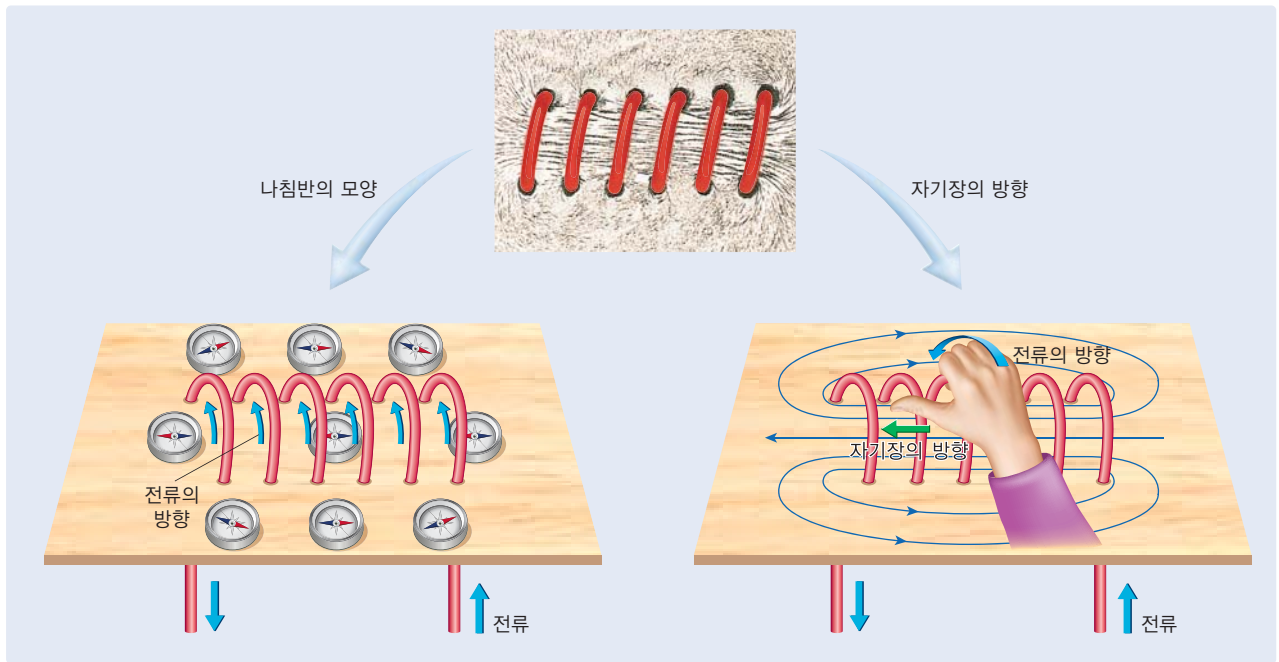


그림 49 코일에 의한 자기장

### 스스로 확인하기

- 그림과 같이 원형으로 감은 도선 주위에 나침반을 놓고 도선에 전류를 흐르게 할 때, 각 나침반의 N극이 가리키는 방향은?
- 전류가 흐를 때 코일에 생기는 자기장의 방향을 반대로 바꾸려면 어떻게 해야 하는가?





# 자기장에서 전류가 받는 힘

- 이 단원을 배우면**
- 전류가 흐르는 도선이 자기장 속에서 힘을 받는다는 것을 말할 수 있다.
  - 전류가 흐르는 도선이 자기장 속에서 받는 힘의 크기와 방향을 설명할 수 있다.



자석 사이에 놓은 알루미늄박에 전류가 흐를 때 알루미늄박이 휘어지는 까닭은 무엇일까?



**그림 50** 알루미늄박이 받는 힘  
알루미늄박이 위로 힘을 받아 휘어진다.

## 자기장에서 전류가 흐르는 도선이 받는 힘

알루미늄박을 말굽자석 사이에 놓고 전류를 흐르게 하면 알루미늄박이 휘어진다. 이것은 알루미늄박에 흐르는 전류에 의해 생기는 자기장과 자석에 의해 생기는 자기장이 상호 작용을 하여 알루미늄박이 힘을 받기 때문이다. 자기장 내에서 전류가 흐르는 도선이 받는 힘의 크기와 방향은 어떻게 될까?



### 미니 탐구

#### 실험

### 자기장에서 전류가 받는 힘

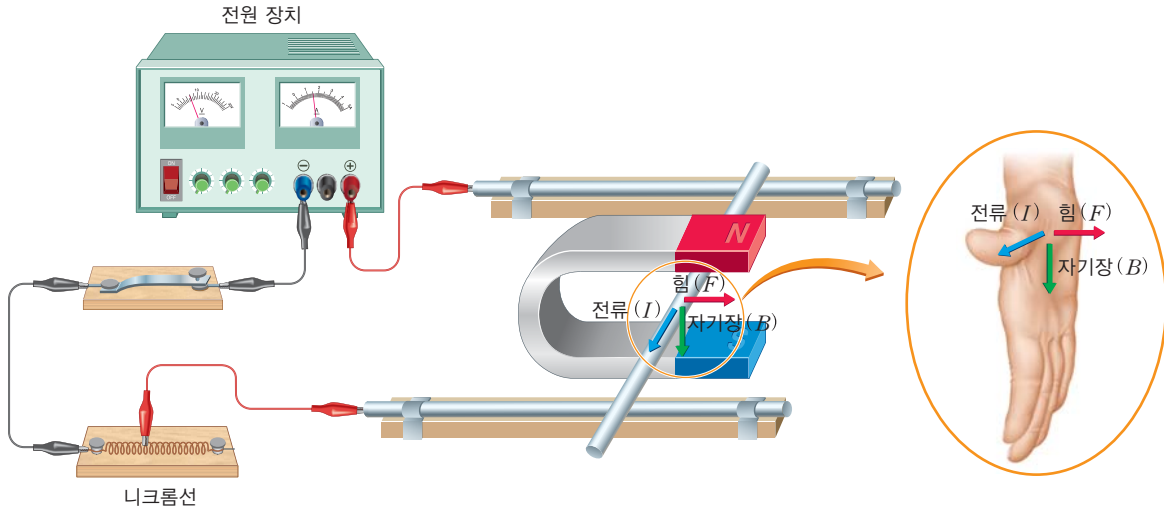
**준비물** 전원 장치, 구리 막대 2개, 알루미늄 막대, 집게 달린 전선, 니크롬선, 말굽자석, 스위치, 면장갑

- 1 동근 구리 막대 두 개를 나란히 고정하고 알루미늄 막대를 올려놓은 다음 그림과 같이 장치하자.
- 2 전원 장치의 전압을 6 V로 조절하고 스위치를 닫을 때, 알루미늄 막대가 움직이는 방향과 그 정도를 관찰해 보자.
  - 알루미늄 막대는 어느 쪽으로 움직이는가?
- 3 전원 장치의 전압을 12 V로 높인 다음 스위치를 닫을 때, 알루미늄 막대가 움직이는 정도를 관찰해 보자.
  - 과정 2와 비교할 때 알루미늄 막대가 움직이는 정도는 어떻게 달라지는가?
- 4 전류의 방향을 반대로 하거나, 자석의 N극과 S극을 바꿀 때 알루미늄 막대가 움직이는 방향을 관찰해 보자.
  - 알루미늄 막대가 움직이는 방향은 어떻게 달라지는가?



## 자기장에서 전류가 흐르는 도선이 받는 힘의 방향

자기장 속에서 전류가 흐르는 도선은 전류와 자기장의 방향에 각각 수직인 방향으로 힘을 받는다. 이때 도선이 받는 힘의 방향은 오른손을 이용하면 쉽게 찾을 수 있다. 오른손을 펴서 네 손가락의 방향을 자기장의 방향과 일치시키고, 엄지손가락을 전류의 방향과 일치시켰을 때, 손바닥이 향하는 방향이 도선이 받는 힘의 방향이다. 전류의 방향이 바뀌거나 자기장의 방향이 바뀌면 도선이 받는 힘의 방향도 바뀐다.



● 그림 51 자기장 속에서 전류가 받는 힘의 방향

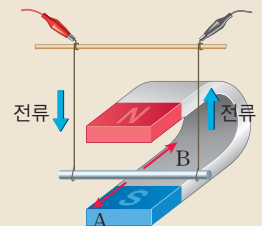
**물음 2.** 그림 51의 장치에서 전류의 방향과 자기장의 방향이 모두 바뀔 때 도선이 받는 힘의 방향은 어떻게 되는가?

## 자기장에서 전류가 흐르는 도선이 받는 힘의 크기

자기장 속에서 도선이 받는 힘의 크기는 도선에 흐르는 전류의 세기가 셀수록 커지고, 전류의 세기가 같을 경우 자석의 자기장이 셀수록 커진다. 또 전류가 흐르는 도선이 자기장 속에서 받는 힘의 크기는 도선이 자석의 자기장과 서로 수직으로 놓여 있을 때 가장 큰 힘을 받고, 나란하게 놓여 있을 때는 힘을 받지 않는다.

### 스스로 확인하기

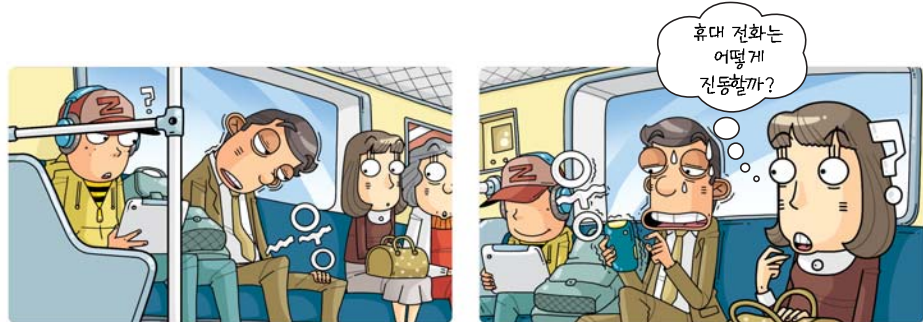
- 1 그림과 같이 말굽자석 사이에 놓인 도선에 전류가 흐르고 있다. 이 도선이 받는 힘의 방향은 A, B 중 어느 쪽인가?
- 2 그림의 도선이 받는 힘의 크기를 크게 하기 위한 방법에는 어떤 것이 있는가?



# 2

## 자기장에서 전류가 받는 힘의 이용

- 이 단원을 배우면
  - 자기장에서 전류가 받는 힘을 이용한 예를 찾을 수 있다.
  - 자기장에서 전류가 받는 힘을 이용한 장치의 원리를 설명할 수 있다.



사람이 많은 장소에서는 휴대 전화를 진동 상태로 바꾸어 사용한다. 휴대 전화를 진동하게 하는 원리는 무엇일까?

### 전동기

전동기는 자기장 속에서 전류가 흐르는 도선이 받는 힘을 이용하여 전기 에너지를 역학적 에너지로 전환시키는 장치이다. 전동기는 작은 모터에서부터 공장의 동력 장치에 이르기까지 많은 분야에서 이용되고 있다. 간단한 전동기를 만들어 보고 전동기가 작동하는 원리를 알아보자.



### 미니 탐구

#### 실험

### 전동기 만들기

**준비물** 굵은 에나멜선, 전지, 네오디뮴 원형 자석, 클립, 사포

① 다음과 같이 간단한 전동기를 만들어 보자.

<p>사포를 이용하여 에나멜을 완전히 벗긴.</p> <p>사포를 이용하여 에나멜을 반만 벗긴.</p>	<p>클립의 일부분을 펴서 전지의 양극에 고정하고 앞에서 만든 코일을 클립에 걸어 놓는다.</p>	<p>네오디뮴 원형 자석을 코일 밑에 놓는다. 이때 코일이 회전할 때 자석과 부딪치지 않게 한다.</p>
<p>에나멜선을 지름 2 cm 정도의 원형으로 7~8회 감은 코일을 만든다. 이때 양쪽에 2 cm 정도를 남긴다.</p>		

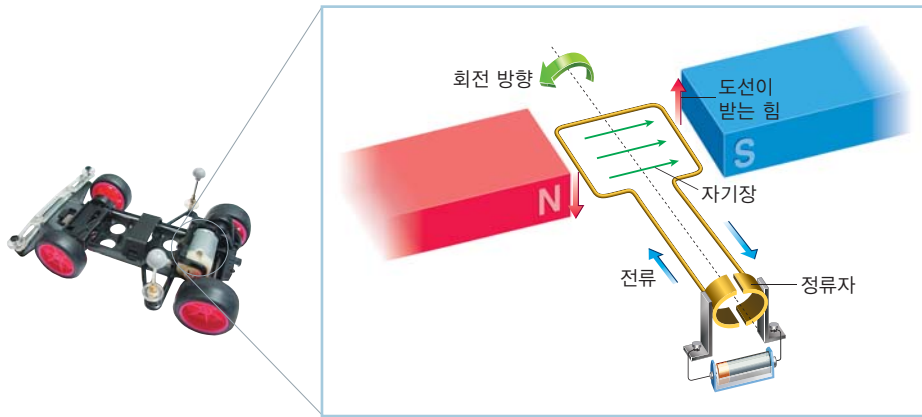
② 두 클립을 전지에 연결하고 코일의 움직임을 관찰해 보자.

- 코일은 어떻게 움직이는가?

③ 전지의 극을 바꾸어 연결한 다음 코일이 회전하는 방향이 어떻게 되는지 관찰해 보자.

- 전지의 극을 바꾸면 코일의 움직임은 어떻게 달라지는가?

그림 52는 간단한 전동기의 원리를 나타낸 것이다. 코일에 전류가 흐르면 코일의 왼쪽 부분과 오른쪽 부분에 흐르는 전류의 방향이 서로 반대가 된다. 따라서 코일이 받는 힘의 방향도 반대가 되어 코일이 회전하게 된다. 이때 코일이 반 바퀴 돌 때마다 정류자에 의해 전류의 방향이 바뀌므로 코일은 계속 같은 방향으로 회전한다.



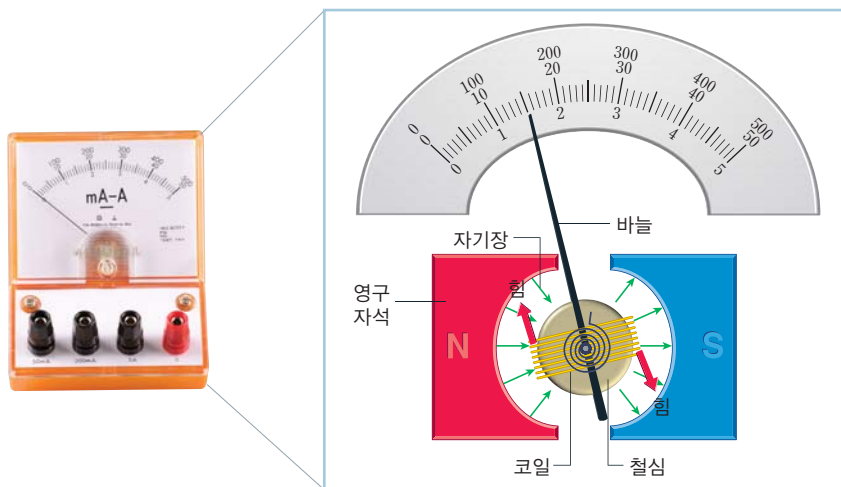
### 정류자

전류를 순간적으로 끊어 전동기가 계속 같은 방향으로 회전하게 한다.

➊ 그림 52 전동기의 구조 자석 사이에 코일이 들어 있고, 코일에 전류가 흐르면 코일이 힘을 받아 회전한다.

### 전류계

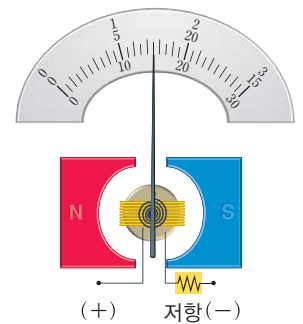
전류계는 영구 자석의 N극과 S극 사이에 코일을 넣어 자석 속에서 회전할 수 있도록 만든 장치이다. 코일에 전류가 흐르면 자석의 자기장에 의해 힘을 받아 코일이 회전하게 된다. 이때 코일을 회전시키는 힘의 크기는 전류의 세기에 비례하므로 바늘이 움직인 정도를 보고 전류의 세기를 측정할 수 있다.



➋ 그림 53 전류계의 구조 코일에 전류가 흐르면 코일이 힘을 받아 회전하면서 바늘이 움직인다.

### 전압계의 구조

전압계는 전류계와 작동 원리가 같으나, 큰 저항을 코일에 직렬로 연결한 점이 다르다.



### 스스로 확인하기

- 1 전동기에 흐르는 전류의 방향을 바꾸면 코일의 회전 방향은 어떻게 되는가?
- 2 자기장에서 전류가 흐르는 도선이 받는 힘을 이용한 장치에는 어떤 것이 있는가?



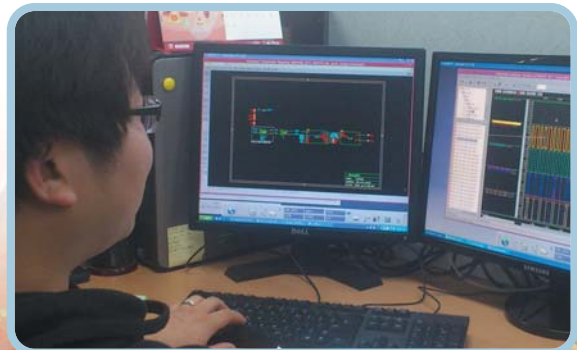
# “반도체 설계 기술자”

반도체는 전기 저항이 도체와 부도체의 중간 정도인 물질로 규소와 저마늄 등이 있다. 순수한 반도체는 전류가 거의 흐르지 않지만 불순물을 넣으면 전류를 흐르게 할 수도 있고 전류의 흐름을 조절할 수도 있기 때문에 전자 소자를 만드는 데 많이 쓰인다. 예를 들어, 지하철 등의 전광판에서 전기를 빛으로 바꿔 주기도 하고, 컴퓨터에서 정보를 저장하거나 수치를 계산하기도 하며, 반도체 집적 회로(IC: Integrated Circuit)에서는 작동 순서를 프로그램화하여 기억시켜 두면 그 순서에 따라 자동적으로 작업을 통제할 수도 있다. 이와 같이 반도체는 전기밥솥, 김치냉장고, 휴대전화, 카메라, 자동차 엔진 제어 장치 등 우리 주변에서 볼 수 있는 거의 모든 전자 제품에 사용되고 있다.

반도체 설계 기술자는 반도체 집적 회로를 제조하기 위해 설계 도면을 개발하는 사람을 말한다. 반도체 설계 기술자는 반도체 집적 회로를 설계하고, 디지털 회로의 도면을 작성하며, 제작한 회로를 검증하고 분석하는 일을 한다. 이러한 반도체 설계 기술자가 되기 위해서는 물리학, 전자 공학, 통신 정보 공학, 기계 설계 공학 등 반도체와 관련이 있는 분야를 공부하여야 한다.



◉ 그림 54 반도체 칩



◉ 그림 55 반도체 설계 기술자 모습



### 창의적 사고

전자 기기의 혁명을 일으킨 집적 회로가 어떤 과정으로 발명되었는지 조사해 보자.



# “터치스크린은 어떤 방식으로 작동할까?”

최근 스마트폰이 널리 보급되면서 손가락으로 화면을 살짝 터치하는 방식으로 정보를 입력하는 터치스크린(Touch screen)이 유행하고 있다. 터치스크린은 어떤 방식으로 작동할까?



## 정전식 터치스크린

‘정전식 터치스크린’은 우리 몸의 정전기를 이용하는 방식이다. 즉, 액정 유리에 전기가 통하는 화합물을 코팅해서 전류가 계속 흐르도록 만들고, 화면에 손가락이 닿으면 액정 위를 흐르던 전자가 접촉 지점으로 끌려오게 된다. 그러면 터치스크린 모뎀의 센서가 이를 감지해서 입력 신호를 인식한다. 따라서 화면을 살짝 스치듯 만져도 입력이 가능하며, 여러 접촉 부위를 동시에 인식할 수도 있다. 최근에 나오는 대부분의 스마트폰, 태블릿 PC는 이 방식을 이용하고 있다.



그림 56 정전식 터치스크린의 구조

## 감압식 터치스크린

‘감압식 터치스크린’은 액정 위에 여러 겹의 막이 쌓여 있는데, 손이나 펜이 닿는 가장 바깥쪽에는 부드러우면서 흡집에 강한 재질의 막이 있고, 다음에는 충격을 완화시켜 주는 막, 그리고 전기가 통하는 얇고 투명한 막 2장이 겹쳐 있다. 사용자가 화면을 누르면 투명 전도막 2장이 서로 맞닿으면서 발생한 전류와 저항의 변화를 감지해 입력 신호를 인식한다. 따라서 손가락은 물론, 터치 펜 등 손에 짤 수 있는 거의 모든 도구를 이용할 수 있다. 휴대용 게임기가 주로 이 방식을 이용하고 있다.

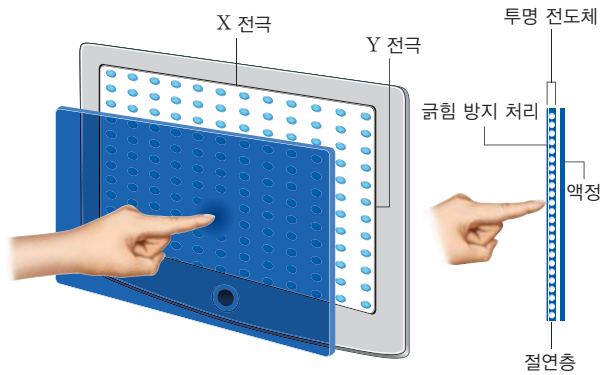


그림 57 감압식 터치스크린의 구조

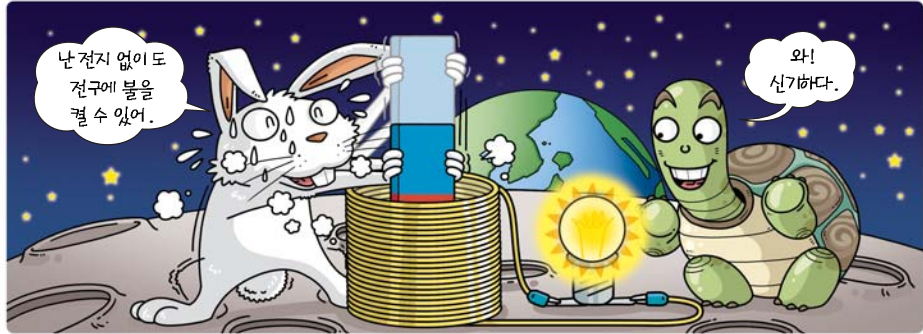
### 창의적 사고

장갑을 낀 상태에서 정전식 터치스크린을 조작하기 위해서는 장갑에 어떤 장치가 필요할까?

# 1

## 전자기 유도 현상

- 이 단원을 배우면
  - 자기장의 변화로 전류가 발생하는 현상을 설명할 수 있다.
  - 유도 전류에 영향을 주는 요소를 설명할 수 있다.



자석과 코일을 이용하면 전기를 만들 수 있다. 전지 없이 자석으로 전기를 어떻게 만들 수 있을까?

코일의 양 끝을 검류계에 연결하고 코일 안으로 자석을 집어넣거나 빼면 검류계의 바늘이 움직이는 것을 볼 수 있다. 전지를 연결하지 않고 자석만 코일 속으로 움직였을 뿐인데 전류가 발생한 것이다. 이와 같은 현상은 자석을 고정된 상태에서 코일을 움직일 때에도 일어난다.



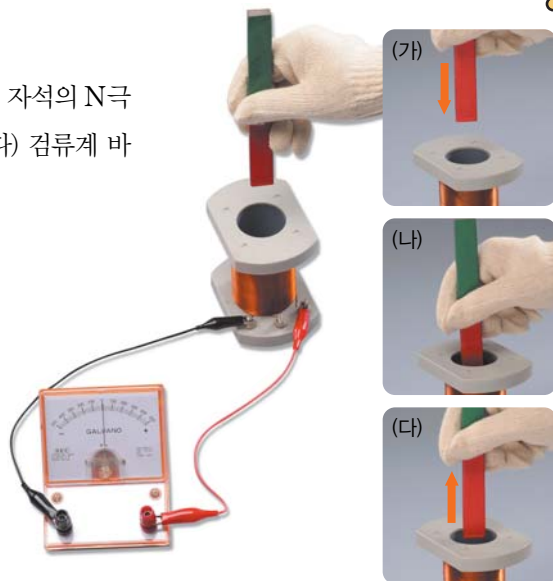
### 미니 탐구

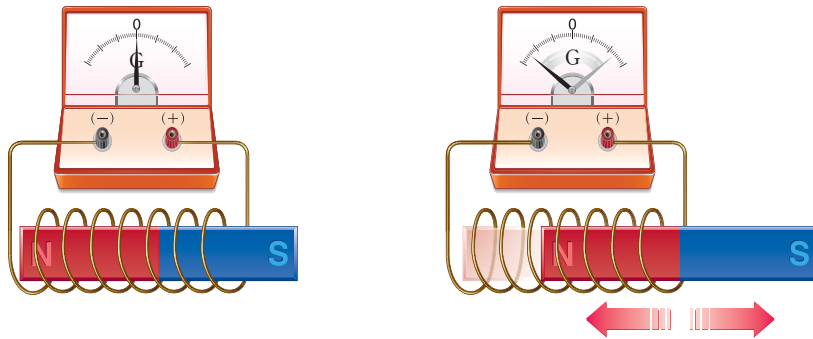
### 실험

### 전자기 유도

**준비물** 막대자석, 코일, 집게 달린 전선, 검류계

- 코일과 검류계를 이용하여 회로를 만든 다음 코일 속에 자석의 N극을 넣을 때(가), 넣은 채로 가만히 있을 때(나), 뺄 때(다) 검류계 바늘을 관찰해 보자.
  - 검류계 바늘이 움직이는 방향은 각각 어떠한가?
- 자석을 빠르게 또는 느리게 움직여 보자.
  - 검류계 바늘의 움직임은 어떻게 다른가?
- 자석의 극을 바꾸어 과정 ①을 반복해 보자.
  - 검류계 바늘이 움직이는 방향은 어떻게 달라지는가?
- 창의·인성** 자석 대신 코일을 움직이면 어떤 현상이 발생할까?





❖ **그림 58 전자기 유도** 자석이 정지해 있으면 검류계의 바늘이 움직이지 않으나, 자석을 코일 안에 넣거나 뺄 때는 움직인다.

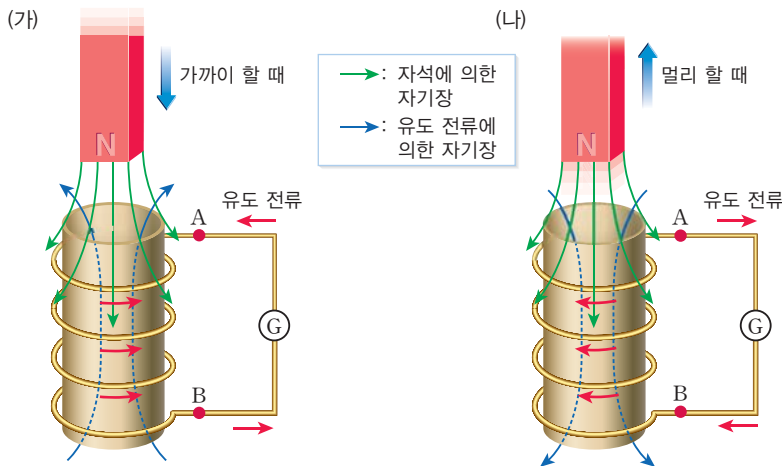


**패러데이**  
(Faraday, M., 1791~1867)  
영국의 과학자로, 실험을 통해 전자기 유도 현상을 발견하였다.

코일 주위에서 자석을 움직이면 코일 내부의 자기장이 변하게 되며, 이에 따라 코일에 전류가 흐르게 된다. 이러한 현상을 **전자기 유도**라고 하고, 이때 코일에 흐르는 전류를 **유도 전류**라고 한다. 유도 전류는 자석이 움직여 자기장이 변할 때 흐르고, 자석이 멈추면 자기장이 변하지 않으므로 흐르지 않는다. 그리고 자석이 빠르게 움직일수록, 자석의 세기가 강할수록 유도 전류의 세기가 커진다.

유도 전류의 방향은 자기장의 변화에 따라 어떻게 달라질까?

자석을 코일에 가까이 할 때와 멀리 할 때 검류계의 바늘이 반대쪽으로 움직이는 것으로 보아, 자석을 가까이 할 때와 멀리 할 때 유도 전류의 방향이 반대라는 것을 알 수 있다.



❖ **그림 59 유도 전류의 방향** 자석을 코일에 가까이 하거나 멀리 할 때, 코일에는 자기장의 변화를 방해하는 방향으로 유도 전류가 흐른다.

**유도 전류의 방향**

(가) 자석을 가까이 하면 아래 방향의 자기장이 강해지므로 이를 방해하기 위해 B → A 방향으로 유도 전류가 흐른다.  
(나) 자석을 멀리 하면 아래 방향의 자기장이 약해지므로 이를 방해하기 위해 A → B 방향으로 유도 전류가 흐른다.

**스스로 확인하기**

❶ 다음 중 코일에 유도 전류가 흐르는 경우를 있는 대로 골라 보자.

- ㄱ. 자석을 코일에서 멀리 할 때
- ㄴ. 자석을 코일에 가까이 할 때
- ㄷ. 자석을 코일 속에 넣고 있을 때

❷ 유도 전류의 세기를 크게 하는 방법을 두 가지 써 보자.

# 2

## 전자기 유도 현상의 이용

- 이 단원을 배우면
  - 전자기 유도 현상을 이용한 예를 찾을 수 있다.
  - 전자기 유도 현상을 이용한 장치의 원리를 설명할 수 있다.



교통 카드 속에 있는 메모리 칩을 작동시키기 위해서는 전원이 필요하다. 교통 카드 속에는 전기가 들어 있지 않은데, 어떻게 작동하는 것일까?

전자기 유도 현상을 이용하는 장치에는 전기를 생산하는 발전기, 공항의 검색대에서 금속을 확인하는 금속 탐지기, 도서관이나 음반 매장 등에 설치된 도난 방지 장치, 버스나 지하철 등을 탈 때 사용하는 교통 카드 등이 있다.

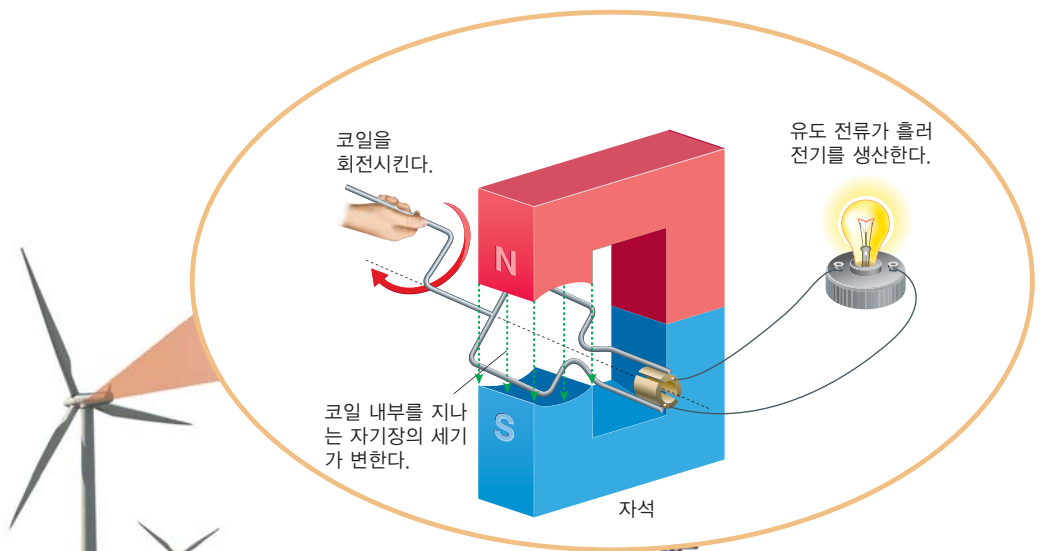
### 발전기

발전기는 자석 사이에 넣은 코일을 회전시켜 전기를 생산하는 장치이다. 그림 60과 같이 코일을 회전시키면 전자기 유도 현상에 의하여 코일에 유도 전류가 흐른다. 발전소의 발전기는 매우 큰 코일을 빠르게 회전시켜 많은 전기를 생산한다.

#### 발전기



발전기는 역학적 에너지를 전기 에너지로 전환하는 장치로, 화력, 수력, 풍력 에너지를 이용한다.



▶ 그림 60 발전기의 원리

## 교통 카드

교통 카드 속에는 코일이 들어 있고, 이 카드를 버스나 지하철에 설치된 단말기에 가까이 하면 교통 카드의 코일 내부를 지나는 자기장이 변하면서 유도 전류가 흐른다. 이때 흐르는 유도 전류는 교통 카드 속에 들어 있는 메모리 칩을 작동시켜 요금 등의 정보를 기록한다.

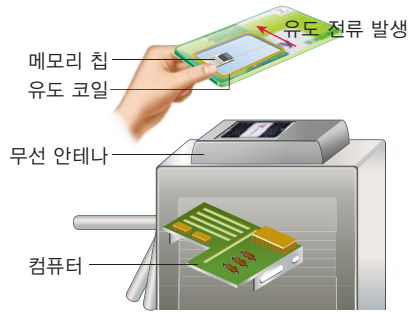


그림 61 교통 카드의 작동 원리

## 과학과 기술

### RFID(Radio Frequency Identification)

RFID는 초소형 칩에 정보를 저장하고 무선으로 데이터를 송수신하는 장치로, 교통 카드, 도난 방지 장치, 도서관의 도서 관리 등에 이용된다.



## 도난 방지 장치

도서관에 있는 책에는 작고 얇은 자기 테이프가 붙어 있다. 책이 도난 방지 장치를 통과하면 도난 방지 장치 사이의 자기장이 변하여 유도 전류가 흘러 경고음이 울린다. 책을 대출할 때에는 자기 테이프가 띠는 자성을 없애 도난 방지 장치를 통과해도 경고음이 울리지 않는다.



그림 62 도난 방지 장치



## 자전거 발전기는 어떻게 작동할까?

밤에 자전거를 탈 때는 안전을 위하여 밝은색 옷을 입거나 비상등 또는 전조등을 설치하여 길을 밝히는 것이 좋다. 전조등은 전지에 연결하여 켤 수도 있지만 발전기를 설치하여 켤 수도 있다. 발전기는 자전거 바퀴가 회전하면 바퀴에 접촉되어 있는 발전기 축이 돌아가고, 축에 연결된 영구 자석이 회전한다. 영구 자석이 회전하면 코일에 유도 전류가 발생하여 램프에 불이 켜진다. 이때 자전거의 페달을 빨리 밟을수록 센 유도 전류가 흐르므로 전구의 밝기가 더 밝아진다.



그림 63 자전거 발전기 구조



### 스스로 확인하기

- ① 전자기 유도 현상을 이용한 장치의 예를 세 가지 써 보자.
- ② 교통 카드를 단말기에 가까이 하면 교통 카드의 코일을 지나는 \_\_\_\_\_ 이/가 변하면서 \_\_\_\_\_ 이/가 흐른다.



준비물

직류 모터, 집게 달린 전선, 전지, 검류계, 바람개비, 손 발전기, 면장갑

| 목표 |

직류 모터를 이용하여 전동기와 발전기의 원리를 설명할 수 있다.

| 과정 |

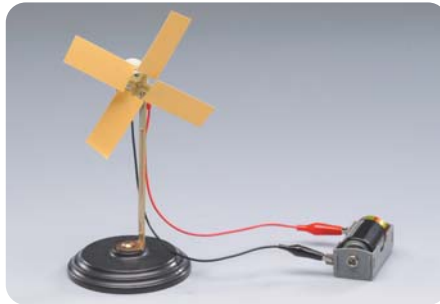
- ① 직류 모터에 바람개비를 달고 전지를 연결한 후 바람개비를 관찰해 보자.
- ② 과정 ①에서 전지를 떼어 내고 검류계를 연결한 다음, 바람개비를 손으로 돌리면서 검류계를 관찰해 보자.
- ③ 손 발전기에 꼬마전구를 연결한 다음, 손 발전기를 손으로 돌리면서 꼬마전구를 관찰해 보자.
- ④ 손 발전기 A에 다른 손 발전기 B를 집게 달린 전선으로 연결한 다음, 손 발전기 B의 축을 손으로 돌리면서 다른 손 발전기 A를 관찰해 보자.

손 발전기

손으로 축을 돌리면 직류 전기가 발생하는 장치이다.



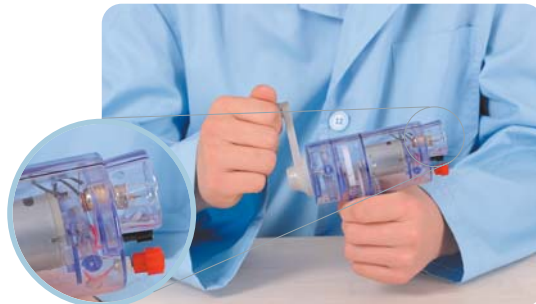
과정 ①



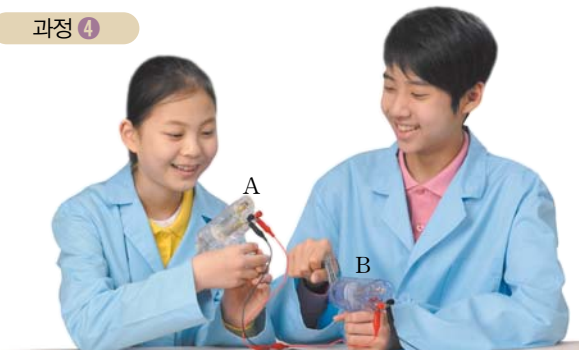
과정 ②



과정 ③



과정 ④



| 결과 |

- 각 실험 결과를 표에 기록하자.

과정	결과
과정 ①	
과정 ②	
과정 ③	
과정 ④	

| 정리 |

- ① 과정 ①, ②에서 직류 모터는 어떤 역할을 하였는지 설명해 보자.

-----

- ② 과정 ③에서 손 발전기는 어떤 역할을 하였는지 설명해 보자.

-----

- ③ 과정 ④에서 손 발전기 A와 B는 각각 어떤 역할을 하였는지 설명해 보자.

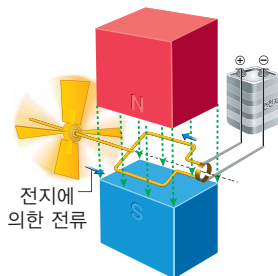
-----

- ④ 전동기와 발전기의 원리를 각각 설명해 보자.

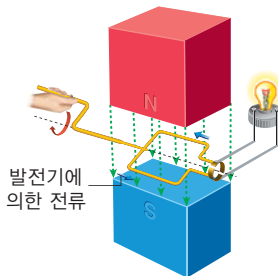
-----

💡 창의·인성 활동

다음 그림은 전동기와 발전기의 구조를 나타낸 것이다. 전동기와 발전기의 구조와 작동 원리를 비교하여, 빈칸을 완성해 보자.



전동기의 구조



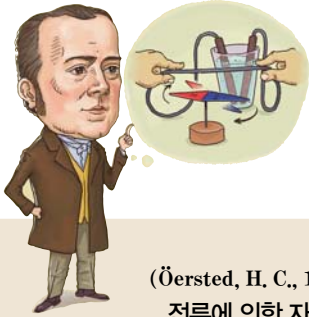
발전기의 구조

- 전동기: \_\_\_\_\_ 에너지 → \_\_\_\_\_ 에너지

- 발전기: \_\_\_\_\_ 에너지 → \_\_\_\_\_ 에너지



# “전자기학은 어떻게 완성되었을까?”



**외르스테드**  
(Ørsted, H. C., 1777~1851)  
전류에 의한 자기 작용 발견

나침반을 전류가 흐르는 도선에 가까이 하면 나침반의 바늘이 회전하는 현상을 발견하여 전기와 자기가 밀접한 관계가 있다는 사실을 발견했다.

연대

1820

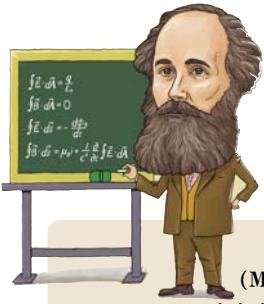
1821



**패러데이**  
(Faraday, M., 1791~1867)  
전자기 유도 현상 발견

실험을 통해, 변하는 전기장이 주변에 자기장을 만들어 낸다는 사실을 증명하였다. 이것은 후에 전동기의 기본 원리가 되었다. 1831년에는 변하는 자기장도 전류를 유도한다는 사실을 알아냈다. 이 현상을 전자기 유도라고 하는데, 이것은 발전기의 기본 원리가 되었다. 패러데이가 전자기학에서 이룬 두 가지 업적은 오늘날 세계를 움직이는 전기 기술의 기본이 되었다.

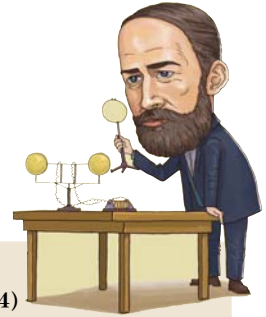
1871



**맥스웰**  
(Maxwell, J. C., 1831~1879)  
전자기학 이론을 수학적으로 정리

패러데이의 이론을 수학적으로 정리하여, 모든 전기와 자기 현상을 단 네 가지 방정식으로 표현하였다. 이를 통해 빛의 속도를 이론적으로 계산하였고, 전자기파가 존재할 것임을 밝혔다.

1888



**헤르츠**  
(Hertz, H. R., 1857~1894)  
전자기파 발견

실험을 통해 전자기파의 존재를 증명하였고, 이로써 전자기파를 이용하는 시대가 개막되었다.

**창의적 사고**

헤르츠가 전자기파를 발견한 이후 전자기파는 현재 어떤 분야에서 이용되고 있는지 조사해 보자.



## “자이로드롭은 어떻게 멈출까?”

놀이공원에 가면 사람들이 가장 크게 고함을 지르면서 타는 자이로드롭이라는 놀이 기구가 있다. 자이로드롭은 시속 97 km의 속도로 약 45 m의 거리를 자유 낙하하다가 지상 25 m 높이에 오면 브레이크가 작동하면서 멈추기 시작한다.

자이로드롭의 브레이크가 자동차의 브레이크처럼 마찰력을 이용한 브레이크라면 오래 사용할 때 마모되거나 파손되어 제대로 정지하지 못할 수도 있을 것이다. 또 전자석을 이용하는 경우 갑자기 정전이 되면 정지하지 못하는 사태가 발생할 수도 있다.

자이로드롭에는 어떤 브레이크가 장치되어 있을까?

자석의 N극과 S극 사이에 금속을 넣으면 순간적으로 전류가

흐르면서 금속이 자석의 성질을 띠게 되어, 이때 금속에 의한 자기장과 자석의 자기장 사이에는 서로 밀어내는 힘이 작용한다. 자이로드롭에는 의자 뒤에 12개의 긴 말굽 모양의 자석과 타워 중앙에 12개의 금속판이 각각 장치되어 있는데, 이 두 물체는 지상 25 m 높이에서 서로 만나게 된다. 이때 영구 자석과 전자기 유도 현상에 의해 전자석이 된 타워의 금속 사이에는 강한 반발력이 생기게 되고, 이 반발력에 의해 자이로드롭은 멈추게 된다. 즉, 접촉하지 않으면서도 힘을 작용하여 자이로드롭이 안정적으로 멈출 수 있게 해 준다.

이와 같이 자이로드롭의 브레이크는 전자기 유도를 이용하여 안전하게 놀이 기구를 즐기게 해 준다.



### 창의적 사고

자이로드롭의 브레이크와 같은 원리를 이용하는 장치에는 어떤 것이 있을까?

## • 정전기로부터 안전하려면?

다음은 유류 운반선의 폭발 사고와 관련된 신문 기사의 일부이다.

유증기는 유류가 증발하면서 생긴 공기로, 단순한 정전기에 의해서도 폭발을 유발할 정도로 인화성이 높다.

유류 운반선 탱크에서 유류를 하역하면 빈 탱크에는 유증기가 가득 차게 된다. 이후 선원들은 다음 화물인 새 유류를 탱크 안에 넣기 위해 유증기를 제거한 뒤 탱크에서 유류 잔량을 깨끗이 닦아 내야 하는데, 사고는 이 과정에서 주로 발생한다.

이때 선원들은 정전기 방지용 특수 작업복을 입고 작업을 하며, 플라스틱이나 나일론, 철제 등 정전기를 유발할 수 있는 물품을 절대 탱크 안으로 가지고 들어갈 수 없다.



◉ 그림 64 유류 운반선 폭발 사고

1. 유증기 제거 작업을 할 때 안전 수칙을 지키지 않으면 위험한 까닭을 정전기와 관련지어 설명해 보자.

---



---



---



---

2. 주유소에서 정전기로 인한 폭발 사고가 일어나기 쉽다. 주유소에서 정전기로 인한 폭발 사고를 예방하기 위한 방법에는 어떤 것이 있는지 설명해 보자.

---



---



---



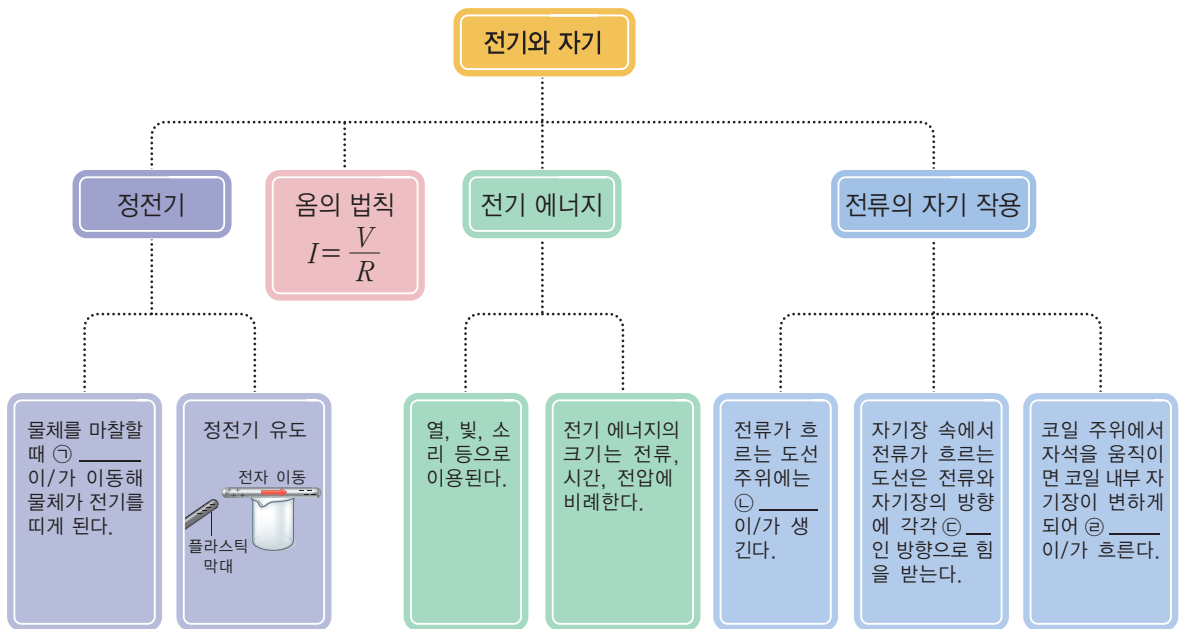
---



## 핵심 개념 확인하기

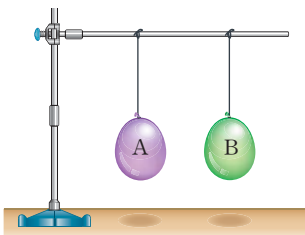
- 1 마찰에 의해 물체가 띠는 전기를  (이)라고 하는데, 이는 물체에 머물러 있기 때문에  (이)라고도 한다.
- 2 금속에 대전체를 가까이 할 때 금속에 전하가 유도되는 현상을  (이)라고 한다.
- 3 전기 회로에서 전하의 흐름을  (이)라고 하고, 단위로는  을/를 사용한다.
- 4 전기 회로에서 전류를 흐르게 하는 능력을  (이)라고 하고, 단위로는  을/를 사용한다.
- 5 전류의 흐름을 방해하는 정도를  (이)라고 하고, 단위로는  을/를 사용한다.
- 6 전류가 흐르는 직선 도선 주위에는 도선을 중심으로  모양의 자기장이 생긴다.
- 7 자기장 속에서 전류가 흐르는 도선은 전류와 자기장의 방향에 각각  인 방향으로  을/를 받는다.
- 8 코일 내부에서 자석을 움직일 때 코일에 전류가 흐르는 현상을  (이)라고 하고, 이때 코일에 흐르는 전류를  (이)라고 한다.

## 한눈에 정리하기

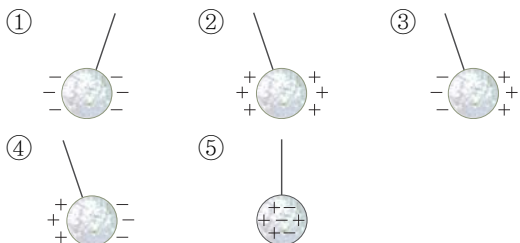


이해하기

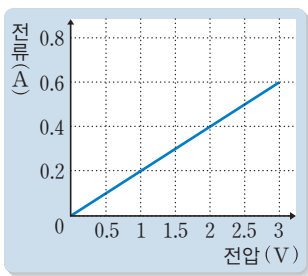
1. 스탠드에 매달린 두 고무풍선 A와 B를 각각 털가죽으로 문지른 다음 서로 가까이 하였다. 이때 두 고무풍선 사이에 작용하는 힘의 방향을 화살표로 표시해 보자.



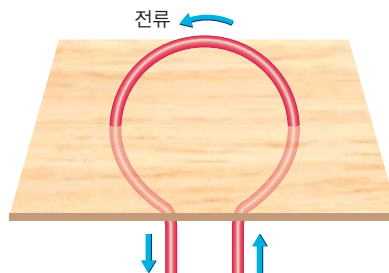
2. 스타yro폼 공에 얇은 금속박을 입혀 실로 매단 다음 (-) 전하로 대전된 물체를 가까이 하였다. 이때 공이 움직이는 모습과 공 표면의 전하 분포를 바르게 나타낸 것은?



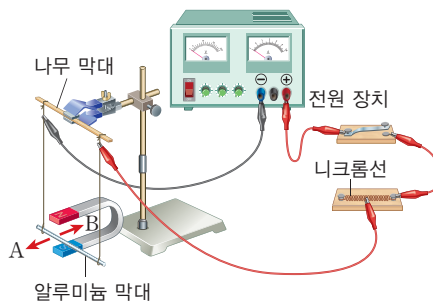
3. 다음 그래프는 어떤 니크롬선의 양 끝에 걸리는 전압을 변화시키면서 회로에 흐르는 전류의 세기를 측정한 결과를 나타낸 것이다. 이 실험에 사용한 니크롬선의 저항은 몇  $\Omega$ 인가?



4. 원형 도선에 화살표 방향으로 전류가 흐를 때 자기장의 모습을 자기력선으로 나타내 보자.

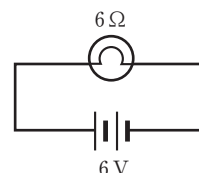


5. 그림과 같이 장치하고 스위치를 닫아 전류를 흐르게 할 때, 알루미늄 막대가 움직이는 방향은?

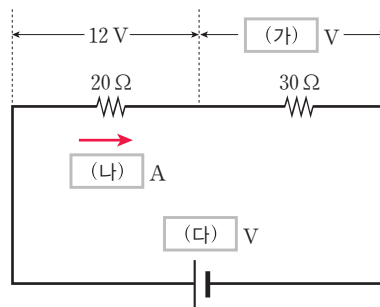


적용하기

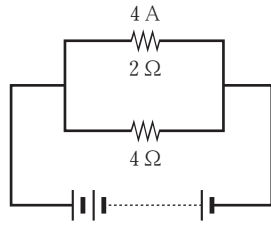
6. 그림과 같은 회로에 5분 동안 전류가 흘렀을 때, 꼬마 전구에 공급된 전기 에너지는 몇 J인가?



7. 다음의 전기 회로는 20  $\Omega$ 와 30  $\Omega$ 의 저항에 걸리는 전압과 회로에 흐르는 전류를 나타낸 것이다. (가), (나), (다)에 알맞은 값을 써 보자.

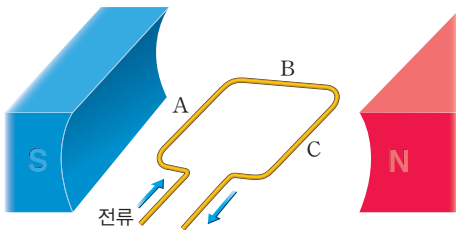


8. 그림과 같이  $2\ \Omega$ ,  $4\ \Omega$  인 두 개의 저항을 병렬로 연결한 회로에서  $2\ \Omega$ 의 저항에 흐르는 전류가  $4\ \text{A}$ 였다.



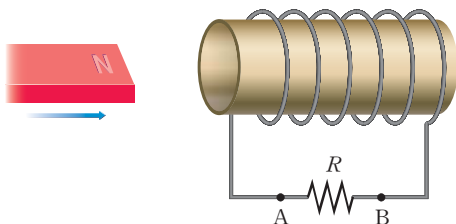
- (1) 합성 저항은 몇  $\Omega$ 인가?
- (2) 전지의 전압은 몇 V인가?

9. 그림과 같이 자기장 속에 도선을 넣고 화살표 방향으로 전류를 흐르게 할 때, 도선의 A, B, C 부분이 받는 힘의 방향을 화살표로 표시해 보자.

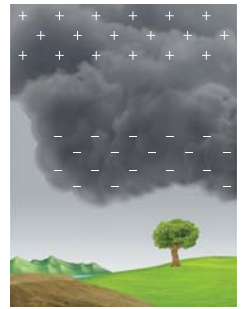


서술하기

10. 그림과 같이 코일에 막대자석의 N극을 가까이 할 때 저항  $R$ 에 흐르는 유도 전류의 방향을 설명해 보자.



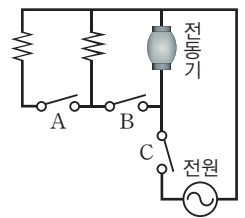
11. 그림은 번개가 발생하기 전에 구름이 대전된 모습을 나타낸 것이다. 구름에 의해 지표면과 나무에 유도된 전하를 표시해 보자.



12. 그림과 같은 회로를 꾸미고 전류의 세기를 측정하였을 때, 전류계의 바늘이 왼쪽으로 회전하여 전류 값을 측정할 수 없었다. 이 문제를 해결하기 위한 방법을 설명해 보자.



13. 그림은 헤어드라이어의 회로도이다. 1단, 2단, 3단으로 스위치를 돌릴 때 바람의 종류가 표와 같이 되는 원리를 스위치 A, B, C와 연결지어 설명해 보자.



단	바람의 종류
1단	찬 바람
2단	따뜻한 바람
3단	뜨거운 바람