

# 7. 전자석

활동 주제	차시	자료명 (내용 주제)	쪽수	
단원 도입		단원 소개, 단원 구성, 단원 개관, 참고 자료, 준비물	3	
1. 전류가 흐르는 에나멜선 주위의 나침반 방향 관찰하기	1	실험 매뉴얼 : 직선 에나멜선 주위의 나침반 방향 관찰	9	
		보조 자료	개념 해설 : 전하가 내는 두 가지 힘 등	14
			수업 도우미 : 에나멜선에 대해 등	15
			참고 자료 : 전기와 자기의 역사 I	17
			학생 활동 : 자기력의 성질 조사 생활과 과학 : 나침반에 대해 등	18 19
2. 고리 모양으로 감은 에나멜선 주위에서 나침반 방향 관찰하기	2	실험 매뉴얼 : 고리 모양 에나멜선 주위의 나침반 방향 관찰	21	
		보조 자료	개념 해설 : 고리 모양 전류와 자기력의 방향	26
			수업 도우미 : 나침반 바늘이 반쯤만 돌아가는 이유는? 등	27
			참고 자료 : 전기와 자기의 역사 II	28
			도전 과제 : 나침반과 전선의 배치	29
3. 여러 종류의 막대에 에나멜선을 감고 전지 연결하기	3~4	실험 매뉴얼 : 막대 종류에 따른 자기력 세기 관찰	31	
		보조 자료	개념 해설 : 자석도 전류인가?	38
			생활과 과학 : 외르스텍의 발견은 우연인가?	39
			수업 도우미 : 쇠못을 불에 달구는 이유는? 등	40
			참고 자료 : 세상에서 가장 작은 자석	41
4. 전자석의 특징 알아보기	5	실험 매뉴얼 : 전자석 특징에 관한 탐구 활동	43	
		보조 자료	개념 해설 : 자극은 홀로 존재할 수 있을까?	48
			참고 자료 : 파인만의 과학 교육 이야기	49
			도전 과제 : 전선의 배치와 나침반 바늘의 움직임	50
			학생 활동 : 전자석과 막대 자석의 특징 비교	51
5. 전자석 세기에 영향을 주는 요인 조사하기	6	실험 매뉴얼 : 전자석 세기에 영향을 주는 요인 조사	53	
		보조 자료	개념 해설 : 과학적 탐구의 방법	58
			생활과 과학 : 위대한 실험 물리학자 마이클 패러데이	59
			도전 과제 : 쇠막대와 막대 자석을 구별하는 방법	60
			학생 활동 : 과학적 탐구 방법에 대해	61
6. 센 전자석 만들기 (심화)	7	실험 매뉴얼 : 센 전자석 만들기 심화 학습	63	
		보조 자료	개념 해설 : 누가 만든 전자석이 더 셀까?	68
			참고 자료 : 초전도체란 무엇인가?	69
			생활과 과학 : 자기 부상 열차의 원리	70
			학생 활동 : 전자석 제조업체 탐방하기	71
7. 전자석의 성질을 이용한 장난감 만들기	8~9	실험 매뉴얼 : 전자석 응용 장난감 만들기 활동	73	
		보조 자료	개념 해설 : 전동기의 원리 등	80
			수업 도우미 : 간이 전동기의 에나멜선 피복 벗기기	81
			생활과 과학 : 전자석과 소리의 재생	82
			학생 활동 : 생활용품과 전자석의 역할	83
총괄 평가		평가 문항 / 낱말 퍼즐	84	

## 단원 소개

- 본 단원에서는 전기도 자석과 동일한 자기 작용을 가지고 있음을 다룬다. 이를 전자기 효과라고 하며, 전자석은 이 원리를 적용한 실생활에서의 대표적인 예이다. 선수 학습으로 3학년의 자석놀이, 5학년의 전기 회로 꾸미기가 있다. 그런데 전자석의 이론적 기초인 전기와 자기의 근본 원리를 이해하기란 간단치 않다. 이에 초등 교과서와 교사용 지도서는 실험 관찰 중심으로 이에 접근하고 있다. 그러나 교사가 배경 이론을 다소나마 이해하고 가르칠 때, 아동은 과학에 대한 단편적 호기심을 넘어서 풍성한 물리적 세계로 나아갈 수 있을 것이다. 이에 본 단원의 도입에서는 전자석의 배경 이론을 전체적인 이론적 관점에서 해설하고자 하였으며, 차시별로는 실험 매뉴얼과 함께 다음과 같은 보조 자료를 구성하여 수록하였다.
- 5, 6 주제는 같은 내용이므로 시간 부족시 심화인 6주제(7차시)는 수업하지 않고 5주제(6차시)만으로 수업을 진행할 수 있다.

## 단원 구성

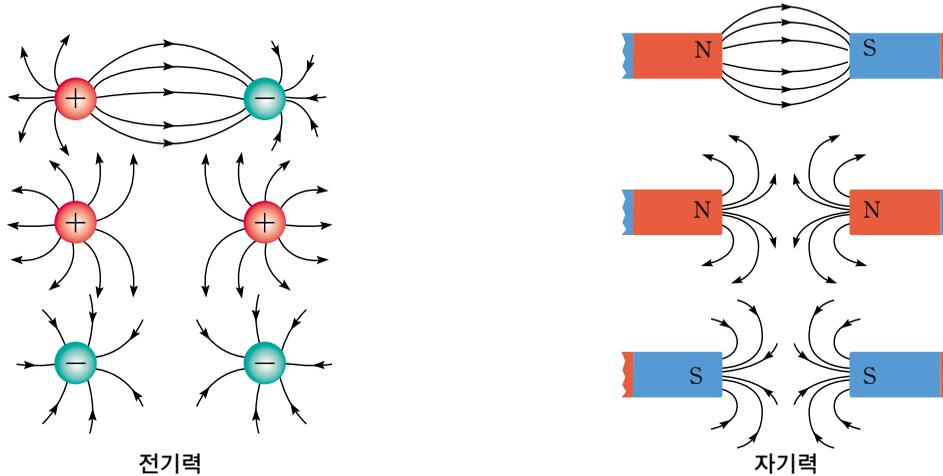
활동 주제	내용 분류	차시	실험 매뉴얼	보조 자료					
				개념 해설	도전 과제	생활과 과학	수업 도우미	참고 자료	학생 활동
단원 도입				○				○	
1. 전류가 흐르는 에나멜선 주위의 나침반 방향 관찰하기		1	○	○		○	○	○	○
2. 고리 모양으로 감은 에나멜선 주위에서 나침반 방향 관찰하기		2	○	○	○		○	○	
3. 여러 종류의 막대에 에나멜선을 감고 전지 연결하기		3-4	○	○		○	○	○	
4. 전자석의 특징 알아보기		5	○	○	○			○	○
5. 전자석 세기에 영향을 주는 요인 조사하기		6	○	○	○	○			○
6. 센 전자석 만들기(심화)		7	○	○		○		○	○
7. 전자석의 성질을 이용한 장난감 만들기		8-9	○	○		○	○		○
총괄 평가									○

## 단원 개관

약 200년 전만 하더라도 전기와 자기는 인류에게 생소하여, 일부 과학자들의 호기심은 자극하였지만 전혀 실용적인 것은 아니었다. 그러나 19세기 이후 전기와 자기 사이의 놀라운 관계가 밝혀지면서, 상황은 전혀 달라졌다. 그 전까지는 자기 효과란 자석과 관련되는 것으로만 알았다. 그러나 전류도 자석과 마찬가지로 자기적 성질을 낸다는 것이 발견되었다. 특히 전선을 쇠막대기에 여러 겹 감은 전자석은 막대 자석 주위의 자기장과 같은 자기장을 형성하며, 이것은 과학 기술이 만들어 낸 중요한 기구 중의 하나이다. 전자석을 이용한 대표적인 기기로는 전동기와 발전기가 있다. 전동기는 인간과 가축의 수고를 크게 덜어 주었고, 발전기를 사용하여 얻은 전기는 호롱불을 대신하여 밤을 대낮처럼 밝히는가 하면, 난방을 하고 요리를 하는 데 사용된다. 더욱이 빛과 전파도 전기장과 자기장의 방출이라는 것이 밝혀지면서, 전기 진동을 통해 각종 정보를 순식간에 지구 어디나 전달하는 정보 통신의 혁명이 가능하게 되었다.

### 1. 전기력과 자기력은 누가 내는 힘인가?

전기를 띤 대전체나 전하 사이에 작용하는 힘을 전기력이라 하고, 자석과 자석 사이에 작용하는 힘을 자기력이라 한다. 전기력과 자기력에는 인력(당기는 힘)과 척력(미는 힘)이 있는데, 그 각각의 경우를 비교해 보자. (\*중력은 인력만 있고 척력은 없다.)



### 2. 멀리 떨어진 물체끼리도 서로 당기거나 밀 수 있을까?

물체에 힘을 작용하기 위해서는 그 물체에 직접 접촉해야 한다. 그런데 접촉하지 않고도 물체에 힘을 작용할 수 있다는 것이 알려졌다. 지구가 사과를 끌어당기거나, 대전체가 서로 당기거나 밀며, 자석이 쇠붙이를 끌어당기는 힘 등이다. 이들 사이에는 서로를 연결해 주는 아무런 매개체가 없다. 이것은 힘에 대한 우리의 상식과 맞지 않는다. 그래서 과학



자기장의 성질

자들은 장(場, field)이라는 개념을 도입하여 이 현상을 설명하였다. 즉 전기력의 작용은 전기장으로, 자기력은 자기장, 중력은 중력장을 설정하는 것이다. 두 물체 사이에 눈에 보이지는 않지만 장이 형성되어 이 장을 매개로 하여 힘이 작용한다고 설명한다.

### 3. 자석이 대전된 풍선을 끌어당길 수 있을까?

같은 종류의 장끼리만 힘을 주고 받을 수 있다. 즉 중력장은 중력장끼리, 전기장은 전기장끼리, 자기장은 자기장끼리만 상호 작용한다. 아무리 센 자석이라도 대전된 풍선을 당기거나 밀지는 못하며, 대전체가 나침반 바늘을 움직이지는 못한다. 이들은 서로 다른 종류의 장을 형성하기 때문이다. 대전체나 전하는 전기장을 만들기 때문에 자기장에는 힘을 가하지 못하는 것이다.



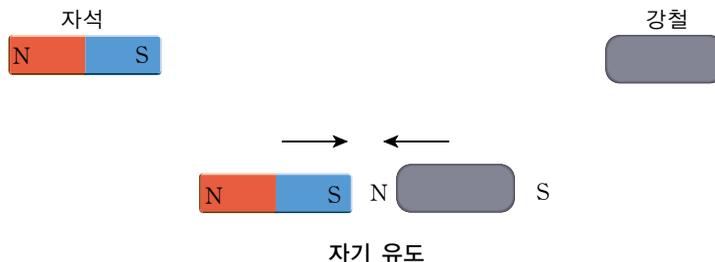
자기장과 전기장의 관계

### 4. 혼자서도 힘을 작용할 수 있을까?

힘은 반드시 상대방이 있어야 작용할 수 있다. 즉 아주 센 자석이 있어도, 옆에 다른 자석이나 쇠붙이가 없다면 아무런 힘도 발휘할 수 없다. 자기장이 힘을 작용하기 위해서는 또 하나의 자기장이 있어야 서로 상호 작용할 수 있기 때문이다. 이것이 바로 뉴턴이 밝힌 '작용과 반작용의 법칙'이다.

### 5. 보통의 쇠붙이도 자석 구실을 할 수 있는가?

쇠붙이가 자석 구실을 할 수도 있고, 그렇지 않을 수도 있다. 쇠붙이가 혼자 있을 때에는 자석이 아니지만, 그 쇠붙이 부근에 센 자석이 있다면 쇠붙이도 자석이 된다. 즉, 영구 자석은 보통의 쇠붙이를 자화(자기 유도)시킨다. 결과적으로 쇠붙이도 자석으로 역할하면서, 두 자기장이 서로 끌어당긴다. 그러나 어떤 물질이나 다 자화되는 것은 아니며, 철이나 크롬, 니켈과 같이 자화가 가능한 물질을 자성체라 한다.



## 6. 전류가 흐르는 전선도 자석 역할을 하는가?

전류가 흐르는 전선 주변에 나침반을 가져가면 바늘이 움직인다. 이것은 전선 주위에 자기장이 형성되었다는 것을 의미한다. 정지한 전하는 나침반을 움직이지 못하지만, 전류는 나침반을 움직인다. 이것은 매우 이상한 현상이다. 정지한 전하는 주위에 전기장을 만들지 자기장을 만드는 것은 아닌데, 움직이는 전자는 자기장도 만든다는 뜻이므로 이것은 매우 놀라운 일이 아닐 수 없다. 왜 이런 현상이 가능할까? 자석과 전기는 어떤 관계일까? 이에 대해서는 계속 탐구해 보자.

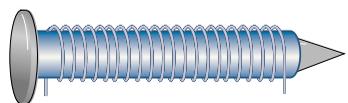


### 미리 준비하세요

주제 4(5차시) : 전자석을 만드는 데 사용하는 쇠못은 길이 7cm, 굵기 5mm 이상되는 것으로 휴대용 가스 렌즈나 토치로 충분히 달군 후 천천히 식혀서 사용한다.( 본교재 40쪽 참고) 개수는 수업에 필요한 만큼 충분히 준비해 둔다.



주제 5(6차시) : 쇠못에 에나멜선을 50, 100, 150번 감은 것으로 각각 필요한 만큼 충분히 준비해 둔다.(만드는 법은 본교재 40쪽 참고)





## 참고 자료

### ■ 인터넷

<http://www.science.go.kr> : 국립중앙과학관/과학관 파노라마 및 사이버 과학교실 전자석 코너

<http://www.edunet4u.net> : 에듀넷/전자석 만들기 (학생용 시뮬레이션)

<http://211.43.16.1/study> : 6학년/1학기/과학/웹자료/전류와자기장 (교사용 시뮬레이션)

### ■ 참고문헌

개인적 지식 (2001). 표재명 등 역. 아카넷.

기초전자기학 (1996). 임재호 역. 교학사.

맛보기 물리학 (2002). 김용은 등 역. 청문각.

물리 이야기 (1998). 차동우 등 역. 전파과학사.

발견하는 즐거움 (2001). 승영조 등 역. 승산.

생활 속의 물리 (2000). 한국과학기술원 과학영재교육연구소.

수학없는 물리 (1994). 엄정인 등 역. 에드텍.

알기쉬운 물리학 강의 (1997). 공창식 등 역. 청범출판사.

일반인을 위한 파인만의 QED 강의 (2001). 박병철 역. 승산.

전자기 오개념 편람 (2000). 한국교원대학교 물리학습연구실.

파인만씨 농담도 정말 잘 하시네요! (1989). 김재삼 등 역. 도솔.

하늘을 나는 물리의 서커스 (1995). 김은숙 역. 전파과학사.

행성운동에 관한 파인만 강의 (1996). 강주상 역. 한승.

현대물리학의 선구자 (2001). 임경순 저. 다산출판사.

주제 1

# 전류가 흐르는 에니멜선 주위의 나침반 방향 관찰하기

차시	1/9 차시		
교과서	76~77쪽	실험 관찰	56쪽

## 학습 목표

- 개념 영역**
- 전류가 흐르는 직선 전선 주변에는 나침반 바늘을 움직이는 힘이 존재한다는 것을 말할 수 있다.
  - 전류의 방향이 달라지면 나침반 바늘이 움직이는 방향도 달라진다는 것을 말할 수 있다.
- 과정 영역**
- 전류가 흐르는 직선 전선 주변에서 나침반 바늘의 움직임을 관찰하여 자기적인 힘이 존재한다는 것을 추리할 수 있다.

고과서

전류가 흐르는 에니멜선 주위에서 나침반 바늘이 어떻게 움직이는지 알아봅시다.

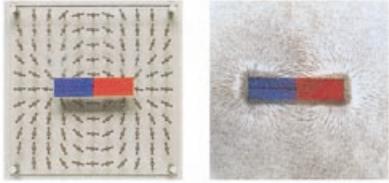
나침반 바늘이 어디를 가리키고 있습니까?



나침반 바늘이 가리키는 방향은 무엇에 의해 영향을 받습니까?

**이런 실험도 있어요**

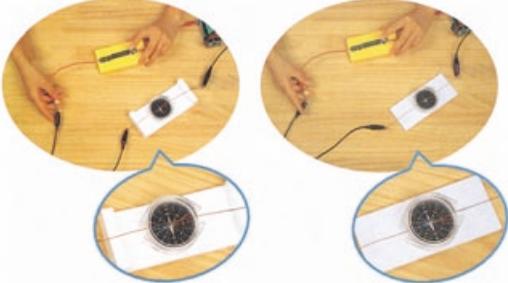
아주 작은 나침반 여러 개를 막대 자석 주위에 놓으면 어떻게 될까요? 막대 자석에 철가루를 뿌렸을 때와 철가루의 모습과 서로 비교하여 봅시다.



76

나침반 바늘과 나란한 방향으로 놓은 에니멜선을 전지에 연결한 다음, 나침반을 가까이 가져가 봅시다.

바늘이 어떻게 움직이는지 관찰하여 봅시다.

전지의 극을 반대로 연결하여 봅시다. 바늘이 어느 방향을 가리킵니까? 전류가 흐르는 에니멜선은 어떤 성질을 가졌습니까?

77

## 학습 개요

1. 막대 자석 주위의 자기력의 방향 관찰하기

- 나침반의 방향을 관찰하여 막대 자석 주위의 자기력의 방향 설명하기



2. 직선 전선 주위의 나침반 바늘 관찰하기

- 직선 위, 아래에서 나침반 바늘의 움직임 관찰하기



3. 전류가 흐르는 에나멜선 주위의 자기력 성질 알아보기

- 전류가 흐르는 에나멜선 주위에 나침반 바늘을 움직이게 하는 자기력이 생기는 것 확인하기

## 실험 관찰

전류가 흐르는 에나멜선 주위의 나침반 방향 관찰하기 76~77쪽

자석 주위의 나침반

전류를 흐르게 할 때 나침반 바늘이 움직이는 방향 표시하기

전류가 흐르는 에나멜선의 성질

- 전류가 흐르는 에나멜선 주위에 나침반 바늘을 움직이게 하는 자기력이 생긴다.
- 전류의 방향을 바꾸면 자기력의 방향도 바뀐다.

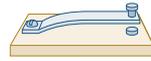
준비물

막대 자석 (1개/모둠)



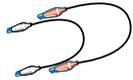
나침반(8개/모둠)

에나멜선(1개/모둠)  
길이 15cm, 굵기 1mm  
정도가 적당하다.



DM 사이즈 전지 1.5V  
와 전지 끼우개, 스위  
치, 소켓에 끼운 전구(1  
개/모둠)

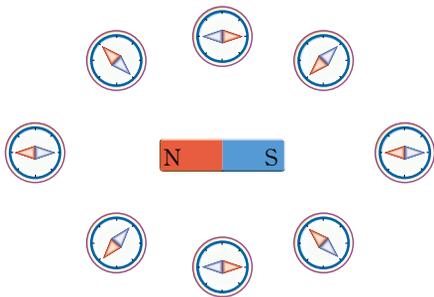
집게 전선(4개/모둠)



알코올 램프(1개/모둠)  
에나멜선 양끝의 피복  
을 벗기 위해 알코올  
램프 대신 칼 또는 사포  
를 사용할 수 있다.

탐구 활동 과정

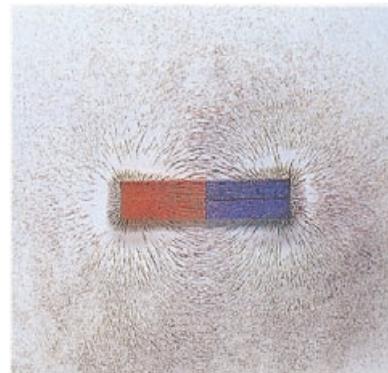
1. 그림과 같이 8개의 나침반을 배열한다.  
나침반이 배열된 곳의 중앙에 막대 자석  
을 놓는다. 나침반의 바늘이 가리키는  
방향을 관찰한다.



본교재 18쪽 참고

막대 자석의 극과 나침반 바늘이 움직  
인 방향에 유의하여 관찰하도록 한다.

2. 교과서(76쪽)의 아래 그림과 같은 사진  
을 보고 막대 자석 주변의 나침반 바늘  
이 가리키는 방향과 철가루의 모양에서  
공통점을 찾아본다.



<교과서 76쪽 사진>



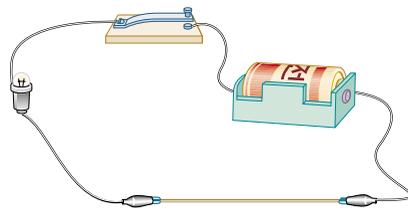
3. 약 15cm의 길이가 되도록 에나멜선을 잘라 양끝의 피복을 1cm 가량 벗겨낸다.



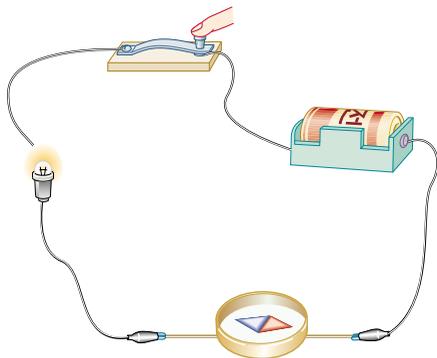
절연 물질로 피복된 선의 양끝을 칼 또는 사포를 이용하여 에나멜선 양끝의 피복을 완전히 벗겨낼 수 있도록 지도한다.(본 교재 15쪽 참조)

4. 에나멜선 15cm와 전선 4개, 1.5V 전지, 전지 끼우개, 꼬마 전구, 소켓, 스위치 각 1개씩 준비하여, 그림과 같이 전기 회로를 완성한다.

스위치를 닫았을 때 전구에 불이 들어오는 것으로 닫힌 회로가 되었는지 확인할 수 있다.



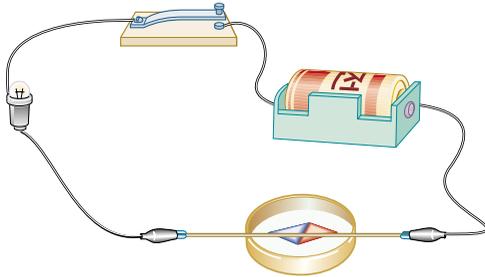
5. 에나멜선 위에 나침반을 놓고 나침반 바늘과 에나멜선이 나란하게 되도록 놓는다. 전기 회로의 스위치를 닫은 후, 나침반 바늘의 움직임을 관찰하여 기록한다.



나침반을 놓고 전선을 나침반 바늘과 나란하게 놓은 후에 전류를 흐르게 함으로써 바늘이 돌아가는 것을 쉽게 확인할 수 있다.  
(본 교재 11쪽 참조)



6. 에나멜선을 나침반 위로 옮겨 놓은 후에 스위치를 닫아 나침반 바늘의 움직임을 관찰하여 기록한다.



나침반 바늘이 에나멜선과 수직이 될 때까지 움직여야 하지만, 지구 자기장의 영향으로 수직이 되지 않을 수도 있다.

7. 에나멜선의 위에 놓은 나침반 바늘과 에나멜선의 아래에 놓은 나침반 바늘은 각각 어느 방향으로 움직이는지 말해 본다.

나침반을 에나멜선의 위와 아래에 놓은 경우 나침반 바늘의 회전 방향은 반대이다.

8. 전기 회로에서 전지의 방향을 바꾼다. 나침반이 에나멜선 위에 있을 때와 에나멜선 아래에 있을 때, 나침반 바늘의 움직임을 관찰하여 기록한다.



기존 회로에서 전지만 반대 방향으로 바꾸어 준다.

9. 전류의 방향이 바뀌었을 때 나침반 바늘의 회전 방향을 보고 자기력의 방향이 어떻게 바뀌었는지 말해 본다.

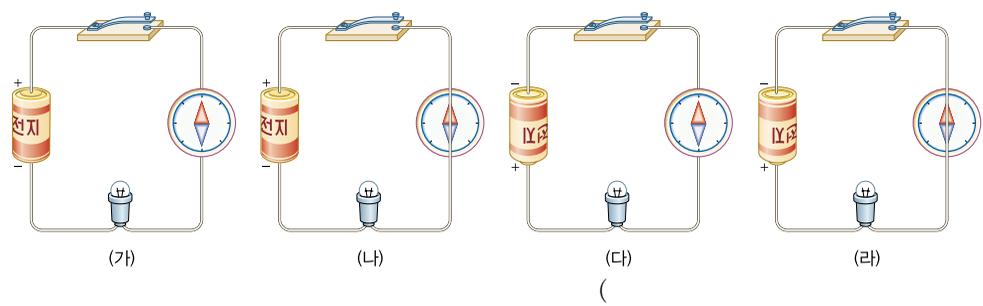
나침반을 에나멜선의 위와 아래에 놓은 경우 나침반 바늘의 회전 방향은 반대이다.

 정리

1. 나침반 바늘이 움직이는 이유는 자석이나 전류의 영향 때문이다.
2. 전류가 흐르는 전선 주위에는 나침반 바늘을 움직이게 하는 자기력이 생긴다.
3. 전류가 흐르는 전선 주위에서 나침반 바늘이 움직이는 방향은 전류의 방향과 나침반(또는 전선)의 위치에 따라 달라진다.

 평가

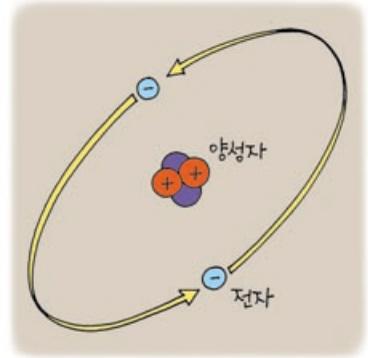
1. 전류가 흐르는 전선 주위의 나침반 바늘이 움직이는 것을 보면, 전선에 전류가 흐를 때 전선 주위에 무엇이 생긴다는 것을 알 수 있는가?  
( )
2. 전류가 흐르는 전선 주위의 나침반 바늘이 가리키는 방향을 바꾸려면 어떻게 해야 하는가?  
( )
3. 다음 중 나침반이 움직인 방향이 같은 것끼리 짝을 지으시오.



**정답** 1. 자기력  
 2. 전류의 방향을 바꾸거나 나침반의 위치를 바꾼다.  
 3. (가)와 (라), (나)와 (다)

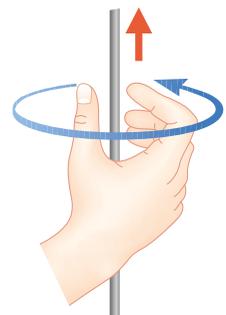
### 1. 전하가 내는 두 가지 힘

전기를 띠는 입자를 전하라 하며 전하에는 +, -의 두 종류가 있다. 그런데 모든 원자 속에는 +전기를 띠는 양성자와 -전기를 띠는 전자가 들어있다. 즉, 원자는 이 두 종류의 전하를 지니고 있다. 그리고, 전하는 서로 밀거나 당기는 전기력이 작용한다. 같은 전기를 띤 전하는 서로 밀고, 다른 전기를 띤 전하는 서로 끌어당기는 것이다. 이와 같이 전하와 전하 사이에 작용하는 힘을 전기력이라 한다. 그런데 전하가 움직일 경우에는 전기력 뿐만 아니라 또 다른 힘도 생긴다. 그 힘이 바로 나침반을 움직이게 하는 자기력이다. 그런데 전류는 전하가 움직이는 상태이므로 전류 주변에도 자기력이 생기고, 이 힘이 나침반 바늘을 움직이게 하는 것이다. 그러면 거꾸로 자석도 전하의 운동으로 볼 수 있을까? 그것은 다음 차시에서 더 알아보자.



### 2. 직선 전류와 자기장의 방향 관계 - 오른 나사의 법칙

직선 전선에 전류가 흐르면 전선과 직각을 이루는 평면 위에 동심원 형태의 자기장이 생긴다. 이 때 전류의 방향과 자기장의 방향은 오른손의 구조와 흡사하다. 즉 오른손의 엄지를 전류의 방향으로 향하도록 펼 때, 나머지 네 손가락이 감기는 방향으로 원형의 자기장이 생긴다. 이는 오른 나사의 진행 방향과 오른 나사를 돌리는 방향과도 일치하므로 오른손의 법칙, 혹은 오른 나사의 법칙이라고도 한다.



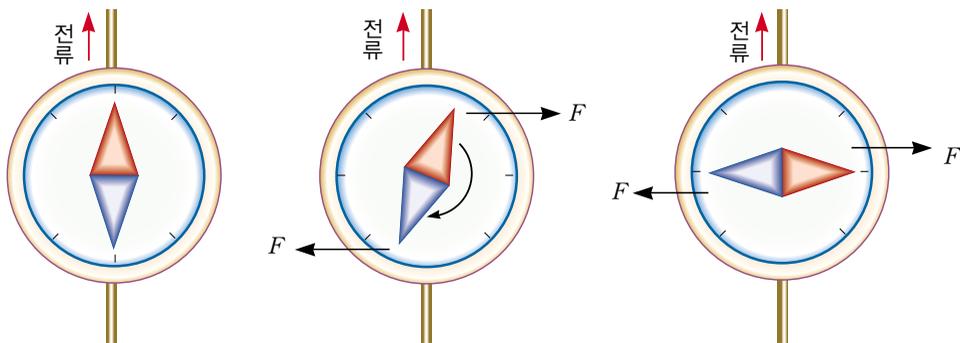
### 1. 에나멜선에 대해

에나멜선, 구리선, 니크롬선을 잘 구별하지 못하는 경우가 많다. 금속 물질은 대체로 전기를 잘 통하는 도체이며, 특히 구리는 은 다음으로 저항이 작아서 전선의 재료로 쓰인다. 이처럼 전선은 구리로 만들지만 표면은 전기가 통하지 않는 PVC 절연체로 피복을 한다. 그렇지 않으면 전류에 감전이 될 것이기 때문이다. 그런데 니퍼로 전선의 피복을 살짝 까보면, 그 안에 여러 겹의 가느다란 붉은 구리선이 들어 있는 것을 볼 수 있다.

에나멜선도 구리선에 절연 피복을 입힌 것이다. 에나멜은 투명한 절연 니스 물질이며 이것을 고열 상태에서 구리선에 매우 얇게 바른다. 그러므로 에나멜선과 구리선은 색깔이나 겉모습만으로는 구별하기가 어렵다. 그러나 보통의 구리선은 전기 절연이 되지 않기 때문에 전자석을 만들 수가 없다. 구리선은 절연이 안되므로 여러 겹 감아도 여러 번 감은 효과가 없기 때문이다. 또 에나멜선과 구리선이 잘 구별되지 않기 때문에 에나멜 피복을 벗기지 않고 그대로 전원에 연결하는 경우도 있으나 그런 경우에는 물론 전기가 통하지 않는다. 그러므로 에나멜 피복을 칼이나 사포로 잘 벗겨내야 하며 잘 벗겨내지 못하면 접촉 불량에 원인이 된다. 그리고 에나멜선을 둥글게 여러 겹 감은 것을 코일이라 하고 원통 막대에 여러 겹 감은 것을 솔레노이드라고 한다.

그리고 에나멜선을 니크롬선과 혼동하는 경우도 간혹 있다. 니크롬선은 저항이 크고 회색 광택이 나는 니켈과 크롬의 합금 물질로서, 발열용 전선이나 정밀 저항 재료로 사용하므로 표면에 절연피복을 싸지는 않는다. 만약 니크롬선에 피복을 입힌다면 열 때문에 절연 물질이 바로 타버릴 것이다. 그러므로 니크롬선으로는 물론 전자석을 만들 수 없다.

### 2. 전선과 나침반 바늘의 방향이 나란해야 하는 이유는?



자기장의 방향은 나침반 바늘의 N극이 가리키는 방향으로 약속되었다. 직선 전류에 의해 전선 주위에 생기는 자기장은 동심원을 이루므로 전선 주위의 모든 점에서 자기장은 전선과 수직하게 형성된다. 그러므로 전선 주위에 나침반을 놓으면 나침반 바늘은 전선과 수직하게

되기까지 회전한다. 그런데 전선과 나침반 바늘을 처음부터 수직하게 놓으면 나침반 바늘이 회전하지 않고 처음 상태를 그대로 유지하므로, 전류에 의한 자기장의 방향으로 나침반 바늘이 다시 정렬되는 것을 관찰할 수 없다. 반면 나침반 바늘을 전선과 나란하게 놓으면, 바늘이 회전하는 현상을 잘 관찰할 수 있다.

### 3. 지구 자기장

나침반의 N극이 북쪽을 가리키는 것은 지구 자체가 거대한 자석이기 때문이다. 그러나 지구 자극은 지리상의 극과 일치하지 않는다. 북반구의 자극(자북)은 지리적 북극(진북)에서 1800km 떨어진 캐나다 북부의 허드슨 만 근처라 한다. 따라서 나침반이 가리키는 방향과 진북 사이에는 차이가 있으며 이를 자기 편각이라 한다.

지구가 자석인 이유는 아직 정확히 밝혀지지 않았다. 지구 자기장의 형상은 마치 지구 중심부에 커다란 막대 자석이 있는 것처럼 생겼다. 그러나 지구는 막대 자석처럼 자화된 철 조각이

아니다. 지구 내부는 너무 뜨거워서 보통 자석처럼 원자들이 정렬하여 그대로 있을 수 없기 때문이다. 이보다는 지각 밑에서 대류하고 있는 고온의 용융 대전 입자들이 만드는 전류가 오히려 자기장의 원인이라는 학설이 더 유력하다. 게다가 지구 자기장은 고정되어 있지 않고, 지구 자극의 N극과 S극이 바뀌는 자극 역전 현상이 일어난다. 그 주기는 비록 불규칙하지만 지난 5백만 년 동안 약 20번 이상 바뀐 것으로 밝혀졌다.





### 전기와 자기의 역사 I

전기뿐만 아니라 자기 효과를 체계적으로 설명한 최초의 사람은 길버트(William Gilbert 1540-1603)이다. 그는 영국의 유복한 가정에서 태어나 케임브리지에서 의학을 공부했고, 후에 엘리자베스 1세 여왕의 주치의로 활동했다. 그는 자기에 관한 많은 오개념을 바로 잡았으며, 지구가 하나의 거대한 자석이라는 사실을 밝히는가 하면, ‘극’과 같은 과학 용어도 만들어 냈다.



길버트

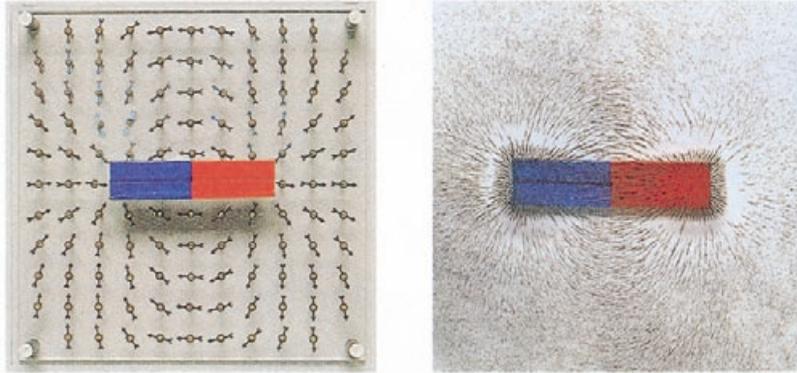
1600년대 말부터는 마찰로 인해 생기는 정전기에 관한 실험이 많이 이루어지면서, 특히 1752년에 벤자민 프랭클린(Benjamin Franklin, 1706-1790)은 번개의 원리를 탐구하여 피뢰침을 발명하였다. 그는 전기의 종류를 양(+)과 음(-)으로 나누어서 각각의 명칭도 붙였으나, 전기가 흐른다는 사실은 알지 못했다. 그 후 프랑스의 쿨롱(Charles Coulomb, 1736-1806), 영국의 캐빈디쉬(Henry Cavendish, 1731-1810) 등은 정전하들 사이에 작용하는 힘의 크기를 알아내었다. 그러나, 캐빈디쉬는 은둔 생활을 함으로써 그 결과를 공개하지 않은 관계로, 이것은 결국 ‘쿨롱의 법칙’으로 명명되었다.

자기의 원인이 되는 전류는 이탈리아의 해부학 교수인 갈바니(Luigi Galvani, 1737-1798)가 개구리 해부 실험을 하다가 우연히 관찰함으로써 연구가 시작되었다. 그는 그 원리를 바르게 이해하지 못했으나, 이탈리아 북부의 물리학자인 볼타(Allessandro Volta, 1745-1827)는 이 현상에 큰 관심을 가지고 연구를 계속한 결과, 전류가 계속 흐르는 장치인 전지를 발명하였다. 이는 전자기학 역사에서 매우 중요한 발명으로, 이후 전기에 관한 관심은 정전기에서 전류로 급속히 바뀌었다.

그 후 독일의 평범한 학교 교사였던 옴(Georg Simon Ohm, 1787-1854)은 볼타 전지를 이용해서 많은 연구를 하였다. 이 과정에서 그는 중요한 물리량인 전압, 전류, 저항의 개념을 도입하였으며, 옴의 법칙도 발견하였다. 그러나 옴은 다른 학자들과는 달리 과학 학회의 일원이 아니었기 때문에 그가 죽기 2년 전까지만 해도 그의 발견은 미심쩍게 여겨지거나 심지어 비난을 받기도 했다. 그러나 전기와 자기가 서로 관련이 있다는 사실은 아무도 알아내지 못했다.

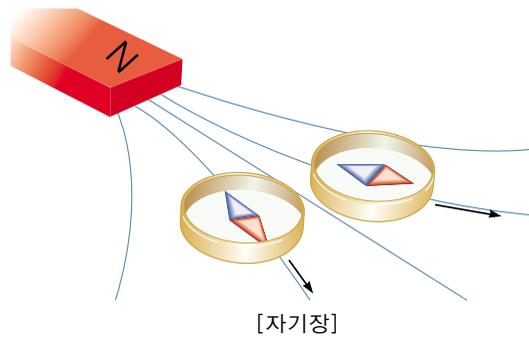
자기력의 성질 조사

다음은 막대 자석 주변에 뿌려진 쇳가루와 나침반의 모습이다. 이것을 보고 막대 자석이 만드는 자기장의 특징을 알아보자.



1. 자기력선을 그려 보자.
2. 자기력의 방향을 화살표로 표시해 보자.
3. 쇳불이를 가까이 할 때 쇳불이가 가장 잘 붙는 곳을 표시해 보자.

**정답 및 해설** 1. 자기력선은 쇳가루나 자침이 늘어선 모습과 비슷하다. 2. N극에서 나와 S극을 향함 (나침반을 보고 알 수 있다) 해설) 자기력은 다른 힘과 마찬가지로 일정한 방향이 있다. 자기력의 방향은 N극에서 나와 S극을 향하는 것으로 약속되었다. 자석의 극을 모를 때에는, 나침반의 N극이 가리키는 방향을 보고 자기장(자기력)의 방향을 알아낸다. 3. 양극 주변

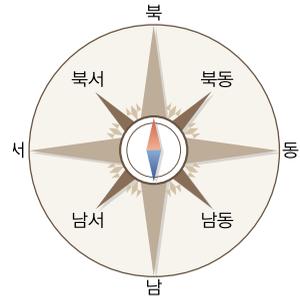


**지도상의 유의점** 이 활동은 실제 실험으로도 간단히 해 볼 수 있다. 만일 자기력 실험 세트가 없다면, 자석 위에 투명판(아크릴이나 유리)이나 두꺼운 종이를 깔고 그 위에 쇳가루를 살살 뿌리면 된다(후추통 이용).



### 1. 나침반에 대해

기원전 600년경 고대 그리스 사람들은 에게해의 마그네시라는 섬에서 철조각을 끌어당기는 돌을 발견하고 이를 마그네트(자석), 혹은 왕돌이라고 불렀다는 기록이 전해진다. 이와 비슷한 시기에 중국인들도 자석에 관해 알게 되었고 그 후 12세기 경에는 이 돌을 바늘처럼 갈아서 매달아 두면 지구의 남북 방향을 가리킨다는 것을 알게 되었다. 이것을 이용하여 AD 1087년에 중국인들은 드디어 나침반을 발명하였다. 이로써 밤중이나 구름 낀 날씨에도 바다에서 북쪽 방향을 분별할 수 있게 되었고, 그 후 항해술과 세계 무역 시장에 큰 변혁을 가져왔다. 그림처럼 바닥에 32방위를 그린 종이를 깔고 그 위에 흔들거리는 자침을 살짝 걸어두면, 이 자침의 한쪽 끝은 언제나 북쪽을 가리킨다. 이 때 만약 동쪽으로 가고 싶으면 자침이 향하는 북쪽 방향의 오른쪽으로 가면 되고, 서쪽으로 가고 싶으면 왼쪽으로 가면 될 것이다. 이 나침반 발명의 덕분에 중국인들은 온 세계를 여행하며 무역을 할 수 있게 되었다. 특히 아랍에 많은 물건을 팔았고, 아랍인들은 중국에서 들어 온 물건들을 유럽 상인에게 되팔았다. 1200년경에 중국에서 나침반 사용법까지 아랍에 가르쳐 줌으로써, 결과적으로 아랍은 유럽과의 무역으로 큰 부자가 되었다. 또한 아랍에서는 자석의 괴력에 대한 숭한 전설과 이야기까지 생겨났다. 한 예로 바다를 지나던 큰 어선이 어느 섬에 끌려가서 못을 비롯한 쇠붙이는 모두 빠져나가고 나무 토막들만 남았다는 황당한 이야기도 있으니, 그들에게도 자석이란 것이 무척 신기했음에 틀림없다.



### 2. 바늘 없는 나침반

인류는 오래 전부터 나침반(compass)을 이용하여 지리적 방향을 가늠하였다. 특히 탐험가나 어부들에게 나침반은 더욱 요긴했다. 항해에 이처럼 요긴한 나침반을 요즘의 배에서도 쓸 수 있을까? 그런데 큰 쇳덩어리 자체가 다소나마 자성을 가지고 있기 때문이다. 그러므로 철로 만들어진 배에서는 이런 나침반을 쓸 수 없다. 그러면 무엇으로 방향을 알아내는 걸까? 그 답이 바로 바늘 없는 나침반이며, 이와 같은 나침반은 영구 자석 대신 전자석을 이용하여 만들며 자력계, 혹은 회전 나침반(gyrocompass) 등이 이에 속한다. 그러나 내부 회로와 작동 원리는 다소 복잡하지만, 보통 나침반보다는 훨씬 민감하여 미약한 자기장도 정확히 측정할 수 있다. 그래서 지자기 측정, 고지자기 조사, 차량의 움직임, 땅 속에 파묻힌 금속 탐지 등에도 사용한다.