

# 02

## 전류에 의한 자기장과 에너지 전환

**학습 목표** | 전류의 자기 작용을 이용하여 에너지를 전환하는 장치의 원리를 알고, 스피커와 전동기 등을 설계할 수 있다.

주변 사람들에게 피해를 주지 않고 음악을 감상할 수 있도록 사용자에게만 소리가 향하게 만들어진 스피커가 있다. 이 밖에도 특별한 목적으로 설계된 다양한 스피커가 있다. 스피커는 전기 신호를 어떻게 음성으로 재생할까?



### 전류에 의한 자기장

덴마크의 물리학자 외르스테드(Ørsted, H. C., 1777~1851)는 1819년에 전류가 흐르는 도선 근처에 있던 나침반 자침이 북극을 가리키지 않는 것을 관찰하고, 전류에 의해서도 자기장이 만들어진다는 것을 발견했다. 이는 자기와 전기가 서로 관련 없는 것으로 생각하던 당시에는 놀라운 발견이었다.

다양한 도선에 전류가 흐를 때 도선 주위에 자기장이 만들어지는 전류의 자기 작용에 대해 알아보자.

**직선 전류에 의한 자기장** | 긴 직선 도선에 전류가 흐를 때 그림 II-31과 같이 도선을 중심으로 하는 동심원 모양의 자기장이 생긴다. 자기장의 방향은 오른손 엄지손가락이 전류가 흐르는 방향을 향하게 할 때 나머지 네 손가락이 도선을 감아주는 방향이다.

직선 전류에 의한 자기장의 세기는 전류의 세기가 셀수록 크고, 도선으로부터 떨어진 거리가 멀수록 작다.

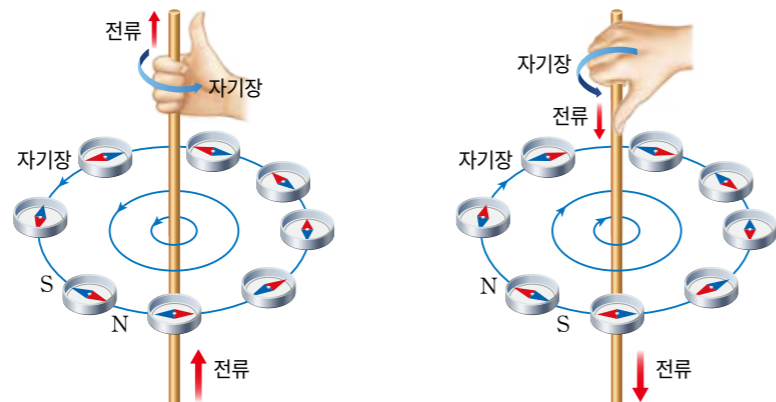


그림 II-31 직선 전류에 의한 자기장

**원형 전류에 의한 자기장** | 직선 도선을 구부려 만든 원형 도선에 전류가 흐를 때 도선 주위의 자기장의 모양은 그림 II-32와 같다. 이는 원형 도선을 작게 나누어 무수히 많은 직선 도선이 이어진 것으로 생각했을 때 작은 직선 도선이 만드는 자기장을 합성한 것과 같다.

원형 도선 중심에서 자기장의 방향은 원형 도선이 만드는 평면에 수직이며, 자기장의 세기는 전류의 세기가 셀수록 크고 도선이 만드는 원의 반지름이 클수록 작다.

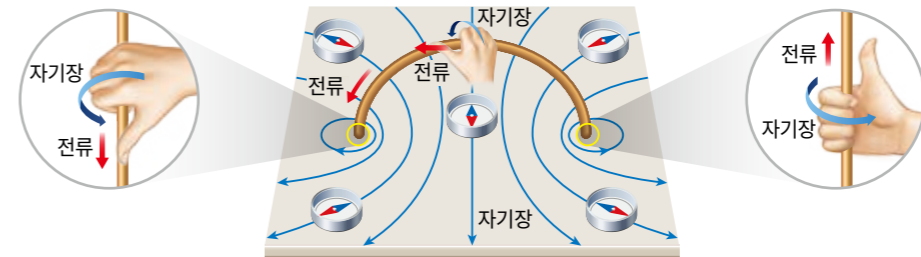


그림 II-32 원형 전류에 의한 자기장

**솔레노이드에 의한 자기장** | 도선을 원통형으로 균일하게 감은 솔레노이드에 전류가 흐를 때 자기장의 모양은 그림 II-33과 같다. 솔레노이드 내부 자기장은 각 원형 고리가 만드는 자기장이 합쳐져 중심축과 방향이 같고, 세기가 균일하다. 이때 내부 자기장의 방향은 그림과 같이 오른손의 네 손가락을 전류 방향으로 감아줄 때 엄지손가락이 가리키는 방향이며, 세기는 단위 길이당 도선의 감은 수와 솔레노이드에 흐르는 전류의 세기에 비례한다. 솔레노이드의 외부에는 막대자석 주위에 형성되는 자기장과 비슷한 자기장이 형성된다.

**\* 솔레노이드**  
도선을 촘촘하게 원통형으로 감아 만든 기구이다.

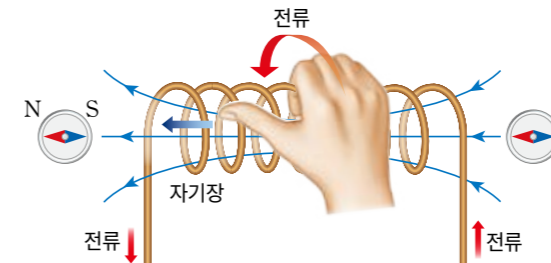


그림 II-33 솔레노이드에 의한 자기장

**연계 전자기와 양자**  
자기장을 선으로 시각화한 자료로부터 전류가 흐르는 도선 주위의 자기장의 세기와 방향을 추리하는 것을 '전자기적 상호작용' 단원에서 배운다.

#### 스스로 확인

- 1 직선 도선으로부터 떨어진 거리가 멀어지면 자기장의 세기는 ( )진다.
- 2 도선에 흐르는 전류의 세기가 같을 때, 0.1 m에 100 번 감은 솔레노이드가 0.2 m에 100 번 감은 솔레노이드보다 내부에서 자기장의 세기가 더 세다. (○, ×)



### 전동기에서 전류의 자기 작용과 에너지 전환

전동기는 전류가 흐르는 도선 주위에 자기장이 생기는 현상을 이용한 대표적인 사례이다. 그림 II-34와 같이 전동기 내부에 있는 코일에 전류가 흐를 때 생기는 자기장과 자석의 자기장이 상호작용 하며 코일에 힘이 작용해 코일이 회전한다. 이때 코일에 연결된 정류자를 이용해 전류의 방향을 바꾸면 코일이 계속 같은 방향으로 회전할 수 있다.

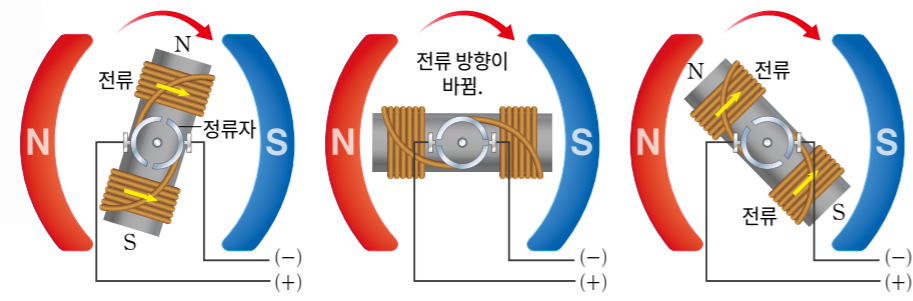


그림 II-34 전동기의 회전 원리

전동기는 자기장의 상호작용으로 코일에 공급된 전기 에너지를 운동 에너지로 바꾼다. 전동기 코일의 회전축에 자동차의 바퀴나 선풍기 회전 날개 등을 연결하면 물체를 운동시킬 수 있다. 다음 활동을 하면서 우리 주변에서 전동기가 어떻게 활용되는지 조사해 보자.

**드론**  
드론은 전동기를 이용해 전기 에너지를 운동 에너지로 전환한다.

**\*정류자**  
정류자는 코일이 반 바퀴 돌 때마다 전원과 연결된 접점을 바꿔 전류의 방향을 바꿔 주는 장치이다.

### 스피커에서 전류의 자기 작용과 에너지 전환

전류에 의한 자기장을 이용하는 다른 사례로 스피커가 있다. 스피커는 그림 II-35와 같이 자석과 코일, 진동판으로 구성되어 있다. 코일에 전류가 흐를 때 생기는 자기장과 자석의 자기장이 상호작용 하여 코일을 밀거나 당긴다. 코일에 흐르는 전류의 세기와 방향이 변하면 코일에 작용하는 힘의 세기와 방향이 변한다. 즉, 코일과 자석의 상호작용으로 코일이 진동하고, 이 진동이 코일에 연결된 진동판으로 전달되어 공기가 떨리면서 소리가 발생한다.

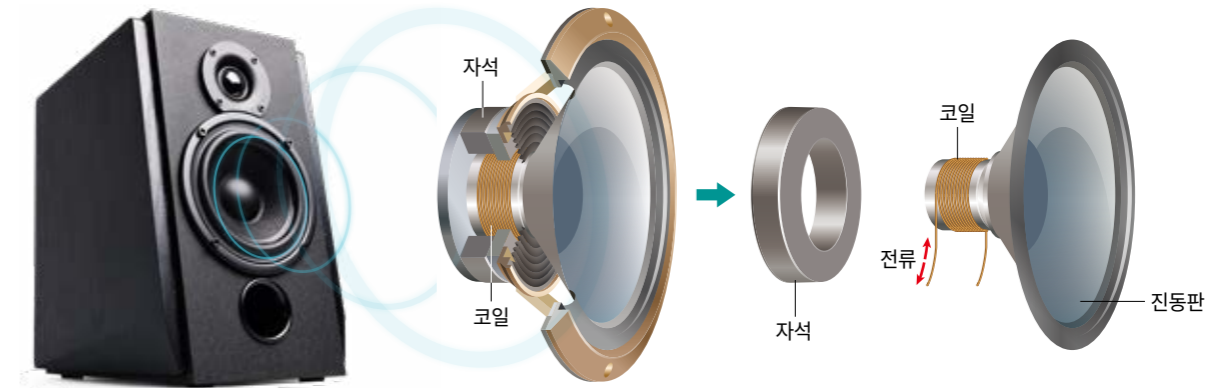
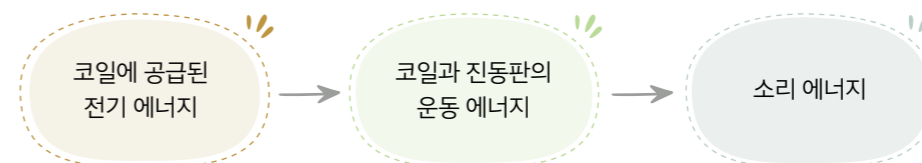


그림 II-35 스피커에서 전류의 자기 작용

코일에 전기 에너지가 공급되면 전류에 의한 자기장이 발생하고, 이 자기장이 자석의 자기장과 상호작용 하며 코일이 진동한다. 이 과정에서 코일에 공급된 전기 에너지가 코일과 진동판의 운동 에너지로 전환된다. 진동판이 진동하면 공기가 진동하여 소리가 발생하므로 진동판의 운동 에너지는 소리 에너지로 전환된다.

#### 스피커에서의 에너지 전환



#### 스스로 확인

- 1 전동기에서는 운동 에너지가 전기 에너지로 전환된다. (○, ×)
- 2 ( )은/는 전류의 자기 작용을 이용하여 전기 에너지를 소리 에너지로 전환하는 장치이다.

### 디지털 해보기

탐구 능력 | 문제 해결 능력

- 준비물
- 스마트 기기

### 주변에서 전동기를 활용한 사례 조사하기



1. 우리 주변에서 볼 수 있는 여러 가지 전자 제품에서 전동기를 활용한 경우를 찾아 어떻게 이용하는지 조사한다.
2. 조사한 내용을 바탕으로 하여 전자 제품에서 일어나는 에너지 전환 과정을 분석한다.
3. 공유 분석한 내용을 인포그래픽으로 제작하여 공유 플랫폼에 공유한다.

# 탐구

● 문제 인식 / 탐구 설계 / 다양한 도구 활용



## 준비물

- 원형 네오디뮴 자석 2 개
- 에나멜선(지름 0.3 mm)
- 투명 플라스틱 컵 2 개
- 오디오용 전선  사포
- 스피커를 꾸밀 재료
- 접착테이프  칼
- 스마트 기기  가위
- 면장갑

## 역할 나누기

3명~5명을 한 모둠으로 하고, 역할을 나눠 보자.

- 인터넷 검색: \_\_\_\_\_
- 실험 수행: \_\_\_\_\_
- 결과 기록: \_\_\_\_\_
- 발표: \_\_\_\_\_

## 안전

- 네오디뮴 자석은 자성이 매우 강하므로 주의해서 다룬다.
- 칼, 가위 등 날카로운 도구를 다룰 때는 면장갑을 낀다.

Q 탐구 능력 | 문제 해결 능력 | 의사 결정 능력

## 다양한 재료로 스피커를 설계하고 제작하여 음성 정보의 전기적 재생 과정 탐색하기

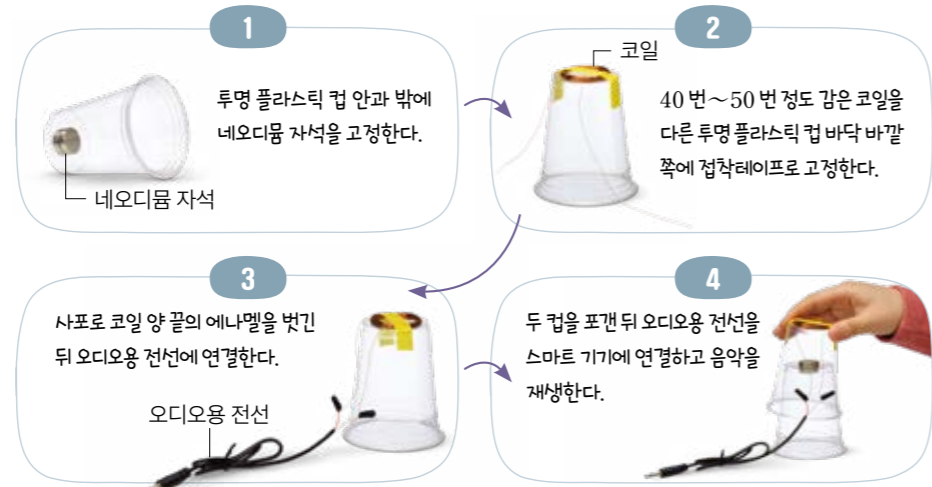
### 목표

다양한 재료를 활용한 스피커를 공학적으로 설계하고 제작하여 음성 정보의 전기적 재생 과정을 설명할 수 있다.

### 과정

#### 탐구 ① 간단한 재료로 스피커 만들기

1. 간단하게 스피커 만드는 방법을 검색하고 모둠별로 재료를 선택하여 스피커를 만든다.



2. 스피커에서 음성 정보가 재생되는 과정을 정리한다.

#### 탐구 ② 공학적 설계로 스피커 개선하기

1. 모둠원들과 토의하여 탐구 ①에서 만든 스피커에서 개선할 점을 찾는다.

2. 음성 정보 재생 과정을 고려하여 탐구 ①에서 만든 스피커를 개선하기 위한 창의적인 설계 아이디어를 모은다.

## 탐구 길잡이

가능한 한 많은 아이디어를 모으고, 아이디어에 대한 분석이나 비판은 하지 않는다.

3. 탐구 ①의 스피커 제작 과정에서 제한 조건을 확인한다.

- 사용 가능한 재료
- 재료 구입 비용
- 제작 시간
- 디자인

4. 과정 2에서 구상한 설계 아이디어 중에서 제작 목적과 제한 조건을 만족하는 것을 선정한다.

5. 개선한 스피커의 설계를 그리고, 필요한 재료를 준비하여 스피커를 제작한다.

6. 제작한 스피커를 스마트 기기에 연결하여 음악을 재생해 보고, 개선하려고 한 점이 잘 반영되었는지 확인한다.

## 결과및정리

1. 제작 과정을 정리하여 발표 자료를 만든 뒤 스피커를 시연하면서 발표한다. 이때 다음 내용을 포함한다.

음성 정보의 전기적 재생 과정을 고려한 개선 방향

제한 조건을 해결한 방법

2. 다른 모둠의 발표를 듣고 다음 기준에 따라 상중하로 평가한다.

기능적 측면	스피커의 음질이 개선되었는가?	상 중 하
심미적 측면	스피커의 디자인이 개성 있고 아름다운가?	상 중 하
경제적 측면	제작 비용은 적절한가?	상 중 하

## 스스로 평가

- | 지식·이해 | 스피커에서 나오는 음성 신호의 전기적 재생 과정을 설명할 수 있는가? ☆☆☆
- | 과정·기능 | 음성 정보의 전기적 재생 과정을 고려해 스피커를 개선하고 제한 조건을 해결했는가? ☆☆☆
- | 과정·기능 | 협업을 통해 스피커를 아름답고 실용성 있게 제작했는가? ☆☆☆
- | 가치·태도 | 설계와 제작 과정에서 개방적 태도로 아이디어를 수용하고 참여했는가? ☆☆☆

**탐구 길잡이**  
스피커 성능을 방해하지 않는 범위에서 심미적 감각을 발휘하여 스피커를 꾸민다.



## 탐구 후기

**\*지향성 스피커**  
소리가 사방으로 퍼지는 일반 스피커와 달리 일정 범위 내 사람에게만 소리를 전달할 수 있다.

전기 신호를 소리 신호로 재생하는 스피커는 사용 목적과 쓰임새를 고려하여 공학적 설계를 바탕으로 개발해야 한다. 예를 들어 소리를 좁은 범위에 집중시키면 곳까지 일정하게 전달하기 위해 설계된 **\*지향성 스피커**는 그림 II-36과 같이 전시회장이나 횡단보도의 보행자 안내 시스템 등에 활용한다.

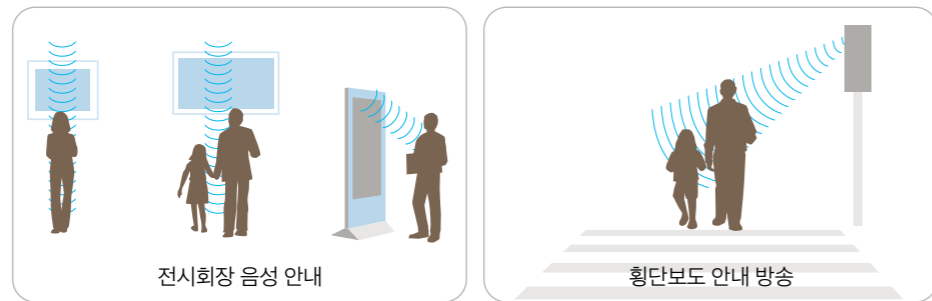


그림 II-36 지향성 스피커의 활용

### 전류에 의한 자기장 이용

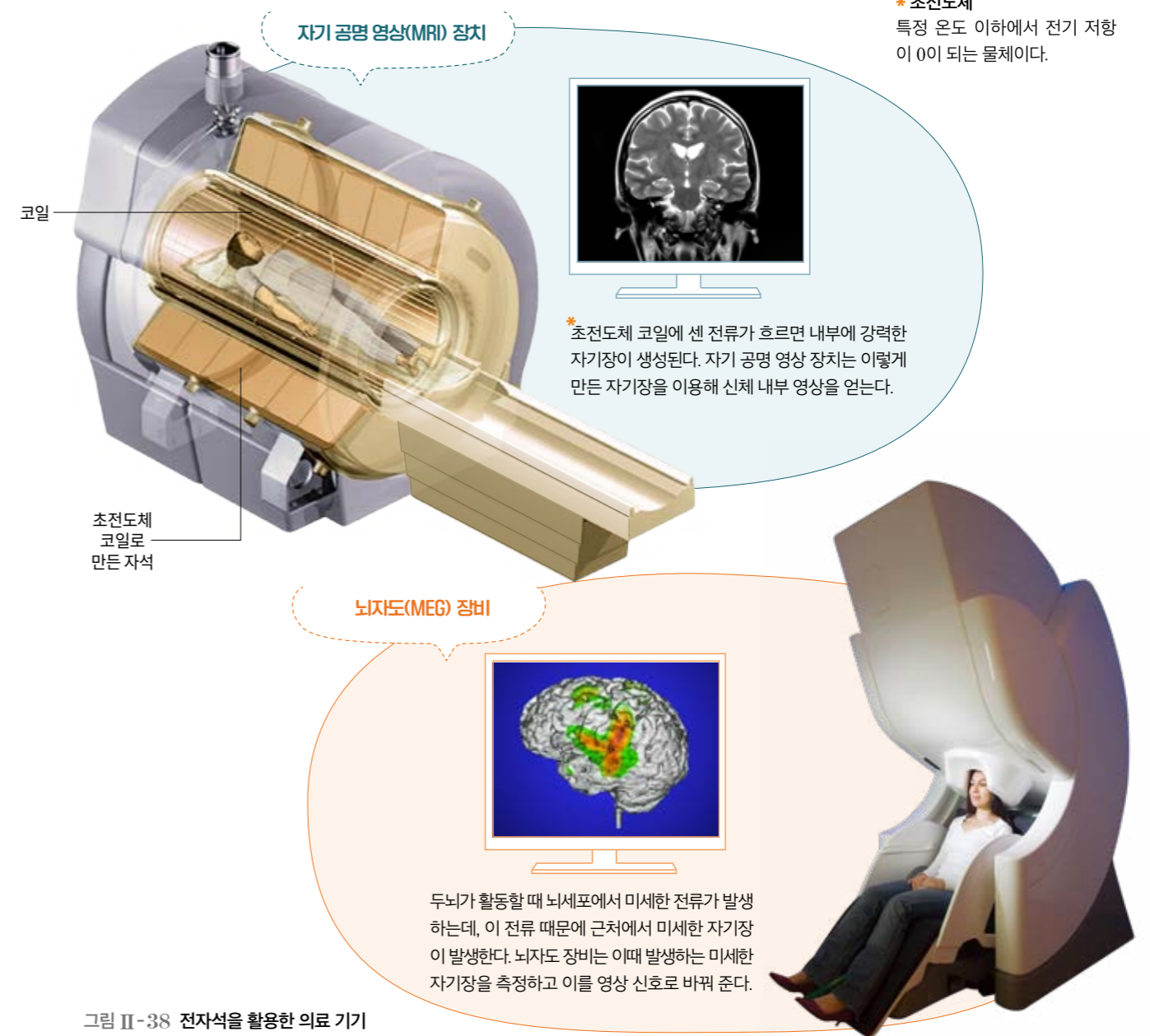
전동기와 스피커 외에도 우리는 일상생활에서 전류에 의한 자기장을 이용하는 다양한 전자 제품을 사용하고 있다.

전류에 의한 자기장은 공중에 살짝 떠서 달리는 자기 부상 열차에 활용한다. 그림 II-37과 같이 차량 아래에 있는 전자석에 전류가 흐르면 자기장이 형성되어 전자석과 레일 사이에 서로 당기는 힘이 작용한다. 자기 부상 열차는 전자석에 흐르는 전류의 세기를 조절하여 열차가 레일과 적당한 간격을 유지하며 떠 있도록 한다.

그림 II-37 자기 부상 열차



그림 II-38과 같이 전류에 의한 자기장을 이용하는 자기 공명 영상(MRI, magnetic resonance imaging) 장치나 뇌자도(MEG, magnetoencephalography) 장비 같은 의료 기기를 통해 인체 내부의 모습이나 활동을 관찰할 수 있다.



**\*초전도체**  
특정 온도 이하에서 전기 저항이 0이 되는 물체이다.

그림 II-38 전자석을 활용한 의료 기기

### 스스로 확인

- 1 스피커에서 소리가 날 때 코일 내부에 생기는 자기장의 세기는 변하지만 방향은 일정하다. (○, ×)
- 2 자기 공명 영상 장치나 뇌자도 장비는 전류에 의한 ( )을/를 이용하여 인체 내부의 모습이나 활동을 관찰한다.

### 스스로 정리

**공유** 상상력을 발휘해 미술관, 경기장, 캠핑장 등 스피커가 있는 풍경을 그려 보고, 공유 플랫폼에 공유해 보자.