

03

전자기 유도와 에너지 전달

학습 목표 전자기 유도 현상이 센서, 무선 통신, 무선 충전 등 에너지 전달 기술에 적용되어 현대 문명에 미친 영향을 인식할 수 있다.

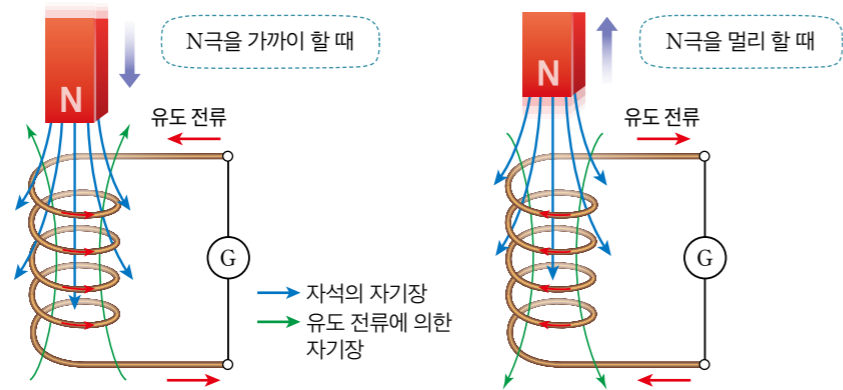
전선을 연결하지 않아도 스마트 기기끼리 사진이나 영상을 직접 주고받는 정보 전달 기능은 어떤 원리로 작동할까?



자기장의 변화와 전자기 유도

코일 근처에 막대자석이 정지해 있으면 아무런 변화가 생기지 않는다. 그러나 그림 II-39와 같이 자석을 위아래로 움직이면 코일을 통과하는 자기장이 시간에 따라 변하면서 코일에 전류가 흐른다. 이것을 **전자기 유도**라고 하며, 코일에 흐르는 전류를 **유도 전류**라고 한다.

전자기 유도에 의해 코일에 흐르는 전류는 코일 내부를 통과하는 자기장의 변화를 방해하는 방향으로 유도된다. 이를 **렌츠 법칙**이라고 한다. 그림 II-40은 유도 전류의 방향을 나타낸 것이다.



자석의 N극을 코일에 가까이 가져가면 코일 내부에서 아래 방향으로 향하는 자기장의 세기가 증가하므로 코일에는 이 자기장의 변화를 방해하는 방향, 즉 위 방향(반대 방향)의 자기장이 생기도록 유도 전류가 흐른다.

자석의 N극이 멀어지는 동안에는 코일 내부에서 아래 방향으로 향하는 자기장의 세기가 감소하므로 코일에는 이 자기장의 변화를 방해하는 방향, 즉 아래 방향(같은 방향)의 자기장이 생기도록 유도 전류가 흐른다.

그림 II-40 유도 전류의 방향

코일 주위에서 자석을 더 빠르게 움직이거나 더 센 자석을 이용하면 코일을 통과하는 자기장의 시간당 변화 정도가 커서 더 큰 유도 전류가 흐른다.



그림 II-39 전자기 유도

연계 통합과학2

전자기 유도는 '환경과 에너지' 단원에서 배웠다.

렌츠

(Lenz, H. F. E., 1804~1865)

독일의 물리학자. 패러데이의 전자기 유도 연구 소식을 접하고 유도 전류의 방향을 연구해 유도 전류가 자기장 변화를 방해하는 방향으로 흐른다는 것을 발견했다.

코일에 의한 전자기 유도

코일에 전류가 흐르면 자기장이 생긴다. 그림 II-41과 같이 전류가 흐르는 1차 코일 옆에 2차 코일을 고정하면 1차 코일에 의한 자기장 중 일부가 2차 코일 내부를 통과한다. 만약 1차 코일에 흐르는 전류의 세기가 변하면 2차 코일 내부를 통과하는 자기장의 세기도 변해 2차 코일에 유도 전류가 흐른다. 이때 2차 코일에 흐르는 유도 전류는 1차 코일에 흐르는 전류에 의한 자기장의 변화를 방해하는 자기장이 생기도록 흐른다.

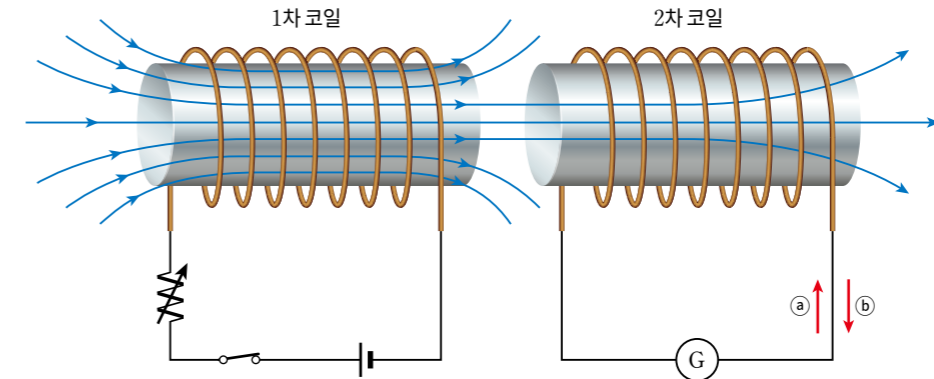


그림 II-41 전류의 세기 변화에 따라 2차 코일에 흐르는 유도 전류의 방향

그림에서 1차 코일에 흐르는 전류의 세기가 증가하면 2차 코일 내부에 오른쪽 방향의 자기장 세기가 증가하므로 2차 코일에는 왼쪽 방향의 자기장이 생기도록 유도 전류가 흐른다. 1차 코일에 흐르는 전류의 세기가 감소하면 2차 코일에는 오른쪽 방향의 자기장이 생기도록 유도 전류가 흐른다.

잠깐 활동

그림 II-41에서 1차 코일에 흐르는 전류의 세기가 감소하면 2차 코일에는 ㉠와 ㉡ 중 어느 방향으로 유도 전류가 흐르는지 이야기해 보자.

1차 코일에 흐르는 전류의 세기나 방향이 주기적으로 변하면 2차 코일에 흐르는 전류의 세기나 방향도 주기적으로 변한다. 이 원리를 이용하면 떨어져 있는 두 코일 사이에서 전기 에너지나 전기 신호를 전달할 수 있다.

스스로 확인

- 1 코일에 자석을 가까이 할 때 유도 전류에 의한 자기장 방향은 자석의 자기장 방향과 (같다, 반대이다).
- 2 코일에 자석의 N극을 가까이 할 때와 S극을 멀어지게 할 때 코일에 흐르는 유도 전류의 방향은 같다. (O, X)

탐구

모형의 생성과 활용 / 결론 도출 및 기술에 적용



준비물

- 전선(검정, 초록, 노랑)
- 트랜지스터(2N2222)
- 전지(1.5 V)
- 전지 끼우개
- 절연 테이프
- 동근 통 가위
- 저항(1 kΩ)
- 에나멜선 사포
- 발광 다이오드(LED)
- 스마트 기기 면장갑

역할 나누기

3명~5명을 한 모둠으로 하고, 역할을 나눠 보자.

- 부품 확인: _____
- 회로 조립: _____
- 기록 정리: _____

탐구 길잡이

- 트랜지스터에 전선을 연결할 때 방향에 주의한다.
- 전선과 연결한 부위는 절연 테이프로 감싸서 고정한다.

안전

끝부분이 뾰족한 부품을 다룰 때에는 면장갑을 낀다.

탐구 능력 | 문제 해결 능력

전자기 유도 작용을 이용한 무선 충전 원리를 이해하고 구현하기

목표

전자기 유도 작용을 이용한 무선 충전 원리를 이해하고 구현할 수 있다.

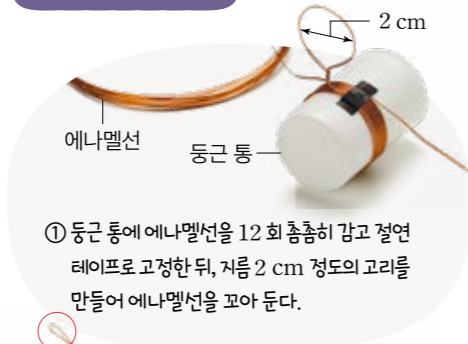
조사

인터넷에서 전자기 유도를 이용한 무선 충전 원리를 조사해 보자.

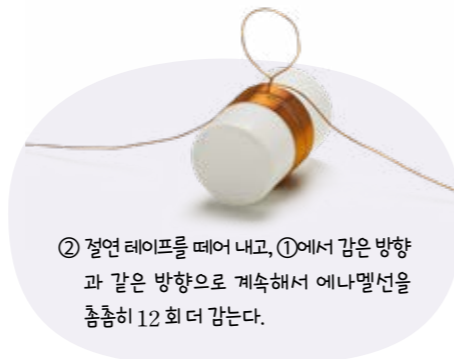
과정

1. 다음 과정에 따라 전자기 유도를 이용한 무선 전송 회로를 만든다.

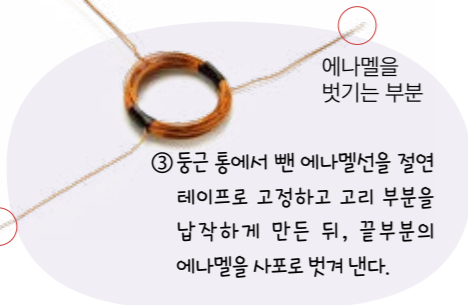
송신부 회로 만들기



① 동근 통에 에나멜선을 12회 총총히 감고 절연 테이프로 고정하되, 저름 2 cm 정도의 고리를 만들어 에나멜선을 꼬아 둔다.



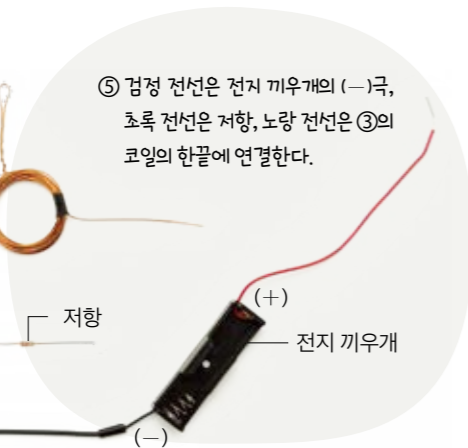
② 절연 테이프를 떼어 내고, ①에서 감은 방향과 같은 방향으로 계속해서 에나멜선을 총총히 12회 더 감는다.



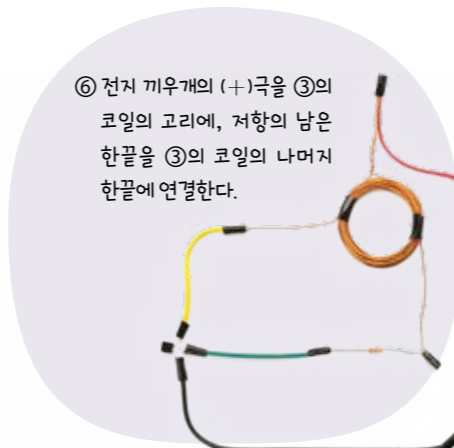
③ 동근 통에서 뺀 에나멜선을 절연 테이프로 고정하고 고리 부분을 납작하게 만든 뒤, 끝부분의 에나멜을 사포로 벗겨 낸다.



④ 그림과 같이 트랜지스터의 납작한 면이 위로 오게 한 뒤 검정, 초록, 노랑 전선을 차례대로 연결한다.

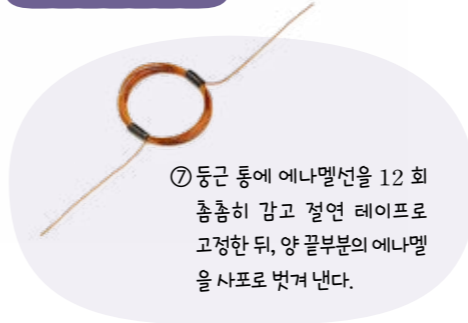


⑤ 검정 전선은 전지 끼우개의 (-)극, 초록 전선은 저항, 노랑 전선은 ③의 코일의 한끝에 연결한다.



⑥ 전지 끼우개의 (+)극을 ③의 코일의 고리에, 저항의 남은 한끝을 ③의 코일의 나머지 한끝에 연결한다.

수신부 회로 만들기



⑦ 동근 통에 에나멜선을 12회 총총히 감고 절연 테이프로 고정하되, 양 끝부분의 에나멜을 사포로 벗겨 낸다.



⑧ 에나멜선의 양 끝부분에 발광 다이오드(LED)를 연결하고, 연결 부위를 절연 테이프로 감싼다.

2. 수신부 코일을 송신부 코일에 가까이 가져갔을 때 불이 켜지는지 관찰한다.
3. 수신부 코일을 뒤집어 송신부 코일에 가까이 가져갔을 때 불이 켜지는지 관찰한다.



결과 및 정리

1. 다음 단어들을 이용해 에너지 전환 과정을 설명해 보자.

LED의 빛, 수신부 코일의 유도 전류, 송신부 코일에 흐르는 전류, 송신부 코일 내부의 자기장



2. 제작한 무선 전송 회로에서 전기 에너지가 LED로 전달되는 과정을 조사에서 조사한 무선 충전 원리로 설명해 보자.



스스로 평가

- | 지식·이해 | 무선 충전기에서 에너지가 전달되는 원리를 설명할 수 있는가? ☆☆☆
- | 과정·기능 | 실험 결과를 바탕으로 하여 무선 충전이 일어나는 경우의 공통점을 찾아 결론을 내릴 수 있는가? ☆☆☆
- | 가치·태도 | 문제 해결을 위해 끈기 있게 실험에 참여했는가? ☆☆☆
- | 가치·태도 | 무선 전송 회로를 직접 만들어 보면서 전자기 유도가 무선 충전, 무선 통신과 같은 에너지와 신호 전달 기술의 기초가 된다는 것을 체감했는가? ☆☆☆

연계 전자기와 양자

트랜지스터를 활용하는 전자 회로를 '전자기적 상호작용' 단원에서 배운다.

탐구 후기



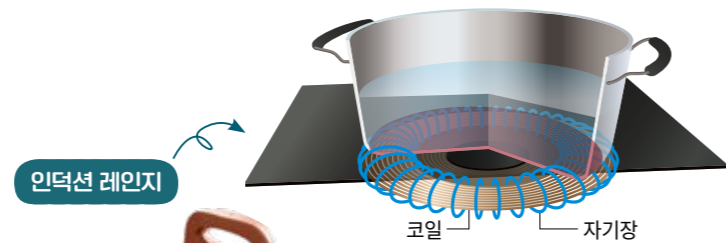
전자기 유도를 활용한 예

두 코일 사이에서 일어나는 전자기 유도를 이용하면 전기 에너지를 한 코일에서 다른 코일로 전달할 수 있어 무선 충전을 할 수 있다. 또한 코일에 입력된 전기 신호를 자기 신호로 변환하고 다른 코일에서 이를 다시 전기 신호로 바꿀 수 있으므로 정보 전달에도 활용할 수 있다.

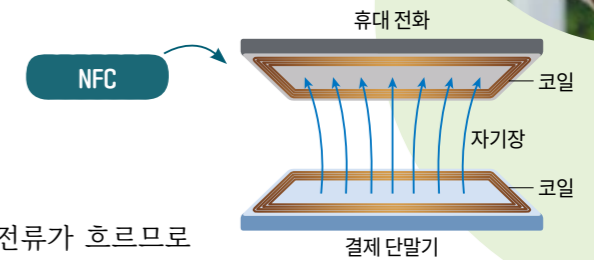
무선 충전기 위에 휴대 전화를 올려 두면 충전기 내부의 코일에 의해 생긴 자기장이 변하며 휴대 전화 내부의 코일에 유도 전류가 흐른다. 이 과정을 통해 충전기에서 휴대 전화로 전기 에너지가 전달되면서 휴대 전화가 충전된다.



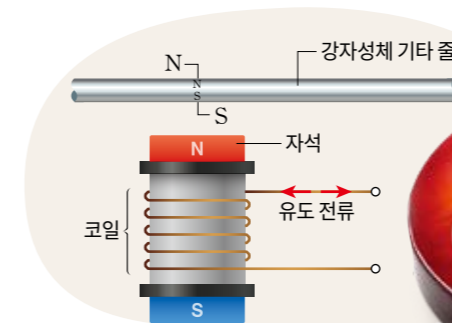
불 없이 조리가 가능한 인덕션 레인지도 전자기 유도를 이용해 에너지를 전달한다. 인덕션 레인지 안의 코일에 전류가 흘러 자기장이 만들어지면, 이 자기장에 의해 금속 용기에 유도 전류가 흘러 열이 발생한다. 이때 세라믹으로 만든 인덕션 레인지의 상판에는 전류가 흐르지 않으므로 상판은 가열되지 않고 금속 용기만 가열된다.



휴대 전화를 단말기에 가까이 가져가면 자동으로 결제가 되는 근거리 무선 통신 (NFC, near field communication)에도 전자기 유도가 이용된다. 휴대 전화를 단말기에 가까이 가져가면 두 기기에 들어 있는 코일 형태의 안테나 사이에 자기장을 형성하고, 전자기 유도를 이용해 서로 정보를 주고받는다. NFC 방식은 보안이 뛰어나고 양방향 정보 전달이 가능하여 스마트 기기 사이의 정보 송수신, 교통 카드, 신분증, 전자 출입문 개폐 등 다양하게 쓰인다.



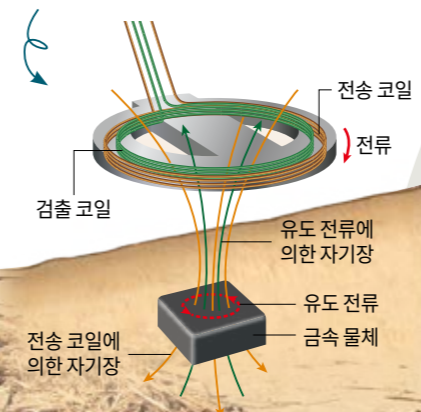
또 자석과 코일의 상대적 운동에 의해 유도 전류가 흐르므로 전자기 유도는 물체의 운동이나 자기장 변화를 감지하는 센서로 사용할 수 있다. 전자기 유도를 이용한 센서는 전기 기타, 도난 방지기, 금속 탐지기 등에 활용한다.



전기 기타의 픽업은 전자기 유도를 이용해 기타 줄의 진동을 감지한다.

금속 탐지기

금속 탐지기의 전송 코일에서 자기장을 발생시킬 때 주변 금속에 의해 자기장이 변하면 검출 코일에 유도 전류가 흘러 감지한다.



도난 방지기

물건에 붙어 있는 작은 자석에 의해 도난 방지기의 내부 코일에 유도 전류가 흘러 경보음을 울린다.





누르지 않고도 감각을 느끼는

햅틱 기술

햅틱 기술은 디지털 기기에 진동이나 힘을 발생시켜 사용자가 실제로 물체를 만지고 있다는 감각을 느끼게 하는 기술이다. 초기에는 주로 산업용 로봇 등을 활용한 원격 작업이나 모의 훈련 분야에 쓰였고, 1990 년대에 가상 현실 기술의 출현과 함께 지속적으로 발전해 왔다. 이후 물체의 형상과 움직임, 질감을 느낄 수 있는 햅틱 장갑이나 복장이 개발되었으며, 스마트 기기에서 버튼을 누르는 듯한 느낌을 주기 위해서 햅틱 기술을 활용하였다.

최근에는 원격으로 촉각을 제어하는 방식으로 발전하여, 10여 미터 이상 떨어진 거리에서도 금속, 플라스틱, 고무 등의 질감을 손가락으로 느낄 수 있다. 센서가 물체의 촉각 정보를 수집하여 통신을 통해 전송하면 장비에서 촉감을 재생하는 것이다. 햅틱 기술은 교육,

의료, 게임 등 다양한 분야에서 사용 중이며 계속 발전해 나가고 있다. 햅틱 기술을 원격 의료 분야에 적용하면 의사의 동작에 따라 로봇이 원격으로 수술을 할 때 의사에게 촉감과 힘에 관한 정보를 전달해, 의사가 직접 수술하는 것과 같은 감각을 느끼도록 할 수 있다. 또 가상 현실 게임에서 사용자에게 현실감 있는 촉각 정보를 제공해 사용자가 실감 나는 게임을 즐길 수 있게 될 것이다. 그 밖에도 원격으로 옷을 구매할 때 손으로 질감을 느껴 볼 수 있고, 가상 세계에서 반려동물을 쓰다듬으며 털의 감촉을 느끼거나 처음 만난 사람과 악수하며 손의 체온과 감촉을 느낄 수도 있을 것이다.



글쓰기

가상 현실, 증강 현실, 햅틱 기술이 더욱 발달한 세상에서 사람의 감각을 어디까지 믿을 수 있을지 글로 써 보자.



다음 활동을 하면서 전자기 유도 현상을 적용한 에너지 전달 기술이 현대 문명에 미친 영향을 생각해 보자.

해보기

의사 결정 능력

에너지 전달 기술이 현대 문명에 미친 영향 표현하기

활동 길잡이
그림, 노래, 연기, 코딩 등 자신의 재능을 발휘해 모둠 활동에 기여할 수 있는 방법을 생각해 활동에 적극적으로 참여한다.



1. 일상생활에서 전자기 유도 현상을 적용한 에너지 전달 기술이 활용되는 사례를 몇 가지 고르고, 모둠원의 재능을 발휘할 수 있는 방법으로 이를 설명하는 작품을 만든다.
2. **공유** 1에서 만든 작품을 공유 플랫폼에 공유한다.
3. 공유된 작품들을 보며 전자기 유도 현상을 이용한 에너지 전달 기술이 현대 문명에 미친 영향에 대해 토의한다.

우리 모둠에는 그림 그리기를 좋아하는 사람이 많아.

그럼 미술 작품으로 표현해 볼까?



전자기 유도를 이용한 무선 에너지 전달 기술을 통해 전자 기기를 편리하게 충전하고, 별도의 통신망 없이 전자 기기끼리 직접 정보를 주고받으며, 전선의 발열에 의한 화재 위험과 전력 손실을 줄일 수 있게 되었다. 이처럼 무선 에너지 전달 기술은 과학기술 분야뿐만 아니라 경제, 문화 등 우리 삶 전반에 영향을 미치고 있다.

스스로 확인

- 1 무선 충전기 위에 휴대 전화를 올려 두면 휴대 전화에 () 현상이 일어나 전기 에너지가 전달된다.
- 2 전자기 유도를 이용해 가까운 거리에서 정보를 주고받는 () 방식은 보안이 뛰어나고 양방향 정보 전달이 가능하다.

스스로 정리

공유 전자기 유도 현상이 일상 생활에 유용하게 활용되는 장면을 네 칸 만화로 그리고, 이를 공유 플랫폼에 공유해 보자.