



전자기 유도 활용

차례

Part 1 · 개념 정리	1
자기선속과 전자기 유도	1
전자기 유도를 이용한 자기 브레이크	3
변압기와 인덕터	4
Part 2 · 정답	6
개념 체크 정답	6

Part 1 · 개념 정리

학습 목표 자기선속의 변화로 전자기 유도를 이해하고, 변압기, 인덕터 등 전자기 유도의 활용 기술을 설명할 수 있다.

접촉에 따른 마찰력을 이용하는 자동차 브레이크와는 달리 고속 열차는 **비접촉식 자기 브레이크**를 사용한다. 고속 열차에서 사용하는 자기 브레이크의 원리와 장점은 무엇일까?

연계 · 물리학 — 전자기 유도는 ‘전기와 자기’ 단원에서 배웠다.

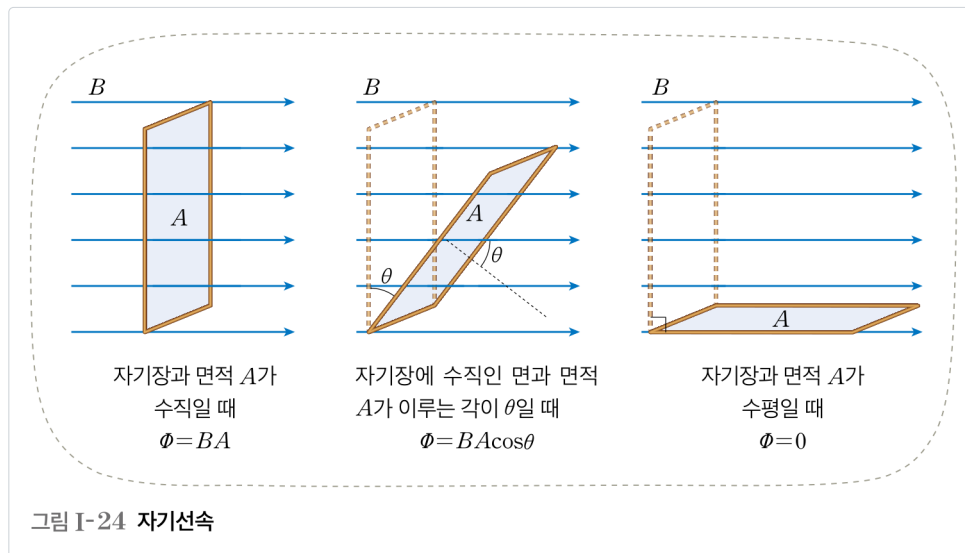


1 자기선속과 전자기 유도

(1) 자기선속

자기장을 표현할 때 자기력선을 사용하면 편리하다. 어떤 단면을 지나가는 자기력선의 총수를 **자기선속**이라고 한다. 그림 I-24와 같이 자기선속 Φ 는 자기장의 세기 B 와 그 자기장에 수직인 단면적 A 를 곱한 값이다. 자기선속의 단위는 **Wb(웨버)**를 사용한다.

$$\text{자기선속}(\Phi) = \text{자기장의 세기}(B) \times \text{자기장에 수직인 단면적}(A)$$



핵심 정리 자기선속 $\Phi = BA \cos \theta$ (단위: Wb). 자기장의 세기가 클수록, 자기장에 수직인 단면적이 넓을수록 자기선속이 크다. 면이 자기장과 수직이면 $\Phi = BA$ 로 최대, 나란하면 $\Phi = 0$ 이다.

(2) 패러데이 법칙

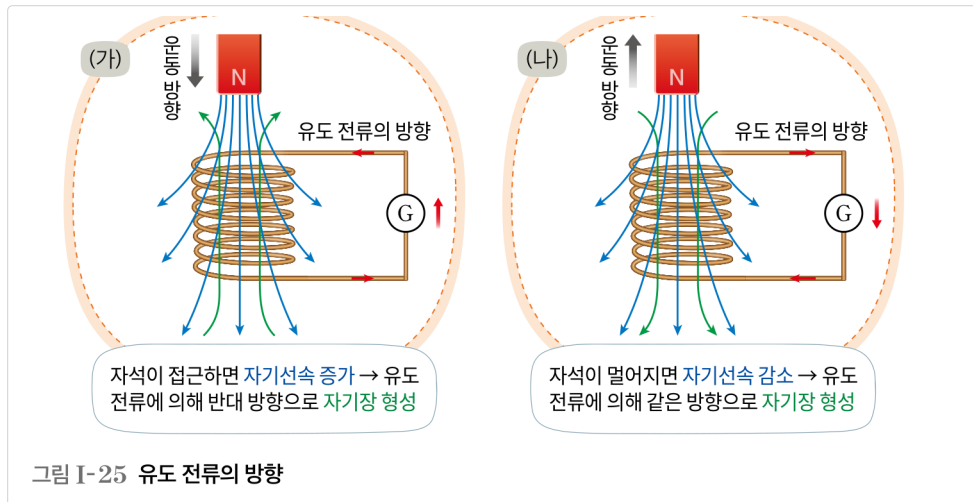
코일 주위에서 자석을 움직이면 코일 내부의 자기장 세기가 변하므로 코일을 통과하는 자기선속이 변한다. 이때 코일에 유도 기전력이 생기는 **전자기 유도** 현상이 일어난다. N 번 감은 코일에서 시간 Δt 동안 자기선속이 $\Delta\Phi$ 만큼 변할 때, 유도 기전력 V 는 다음과 같다.

$$V = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (\text{단위: V})$$

이를 **패러데이 법칙**이라고 한다. 코일을 감은 수가 클수록, 단위 시간당 자기선속의 변화가 클수록 유도 기전력이 크다. 자기선속은 자기장 세기와 코일 단면적의 곱이므로 자기장과 단면적 중 하나만 변해도 전자기 유도가 일어난다. 식에서 ‘-’ 부호는 유도 기전력이 자기선속의 변화를 줄이는 방향으로 생기는 것을 의미한다.

(3) 렌츠 법칙

그림 I-25의 (가)와 같이 코일을 통과하는 자기선속이 증가하면 유도 전류는 자석에 의한 자기장과 **반대 방향**으로 자기장을 만들어 자기선속의 증가를 방해한다. 그림 (나)와 같이 코일을 통과하는 자기선속이 감소하면 유도 전류는 자석에 의한 자기장과 **같은 방향**으로 자기장을 만들어 자기선속의 감소를 방해한다. 이처럼 전자기 유도가 일어날 때 자기선속의 변화를 방해하도록 유도 전류가 흐르는 것을 **렌츠 법칙**이라고 한다.



핵심 정리 패러데이(Faraday, M., 1791-1867) — 영국의 물리학자. 전자기 유도 현상을 발견해 전기와 자기의 연관성을 더욱 명확하게 했다.

렌츠(Lenz, H. F., 1804-1865) — 독일의 물리학자. 유도 전류가 항상 자기선속의 변화를 방해하는 방향으로 흐른다는 법칙을 발표했다.

개념 체크 A 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

1. 자기선속은 자기장의 세기와 자기장에 수직인 _____의 곱이며, 단위는 _____이다.
2. 단면적이 0.2 m^2 인 코일과 세기가 2 T 인 자기장이 이루는 각이 45° 일 때, 코일을 통과하는 자기선속은 _____ Wb이다.
3. 코일을 통과하는 자기선속이 증가하면 코일에는 외부 자기장과 같은 방향으로 자기장이 형성되도록 유도 전류가 흐른다. ()
4. 코일을 감은 수가 클수록, 단위 시간당 자기선속의 변화가 클수록 유도 기전력이 크다. ()

2 전자기 유도를 이용한 자기 브레이크

(1) 맴돌이 전류와 자기 브레이크

그림 I-26의 (가)와 같이 도체판이 자기장 영역으로 들어오면 도체판을 통과하는 자기선속이 증가하고, 도체판에는 자기선속의 증가를 방해하도록 유도 전류가 흐른다. 이때 도체판에 흐르는 전류를 **맴돌이 전류**라고 한다. 맴돌이 전류는 도체판 내부에 부분적으로 소용돌이 모양으로 생긴다. 맴돌이 전류에 의한 자기장과 외부 자기장의 상호작용에 따라 도체판에는 **운동을 방해하는 힘**이 작용한다.

그림 I-26의 (나)와 같이 금속이 자기장 영역으로 들어올 때에는 들어오지 못하게 힘이 작용하고, 자기장 영역을 빠져나갈 때에는 빠져나가지 못하도록 힘이 작용한다. **자기 브레이크**는 이러한 원리를 이용해 운동하는 금속 물체의 속력을 줄이는 장치이다. 자기 브레이크는 직접 접촉하지 않고 작동하므로 잘 마모되지 않고 소음이 적게 발생한다.

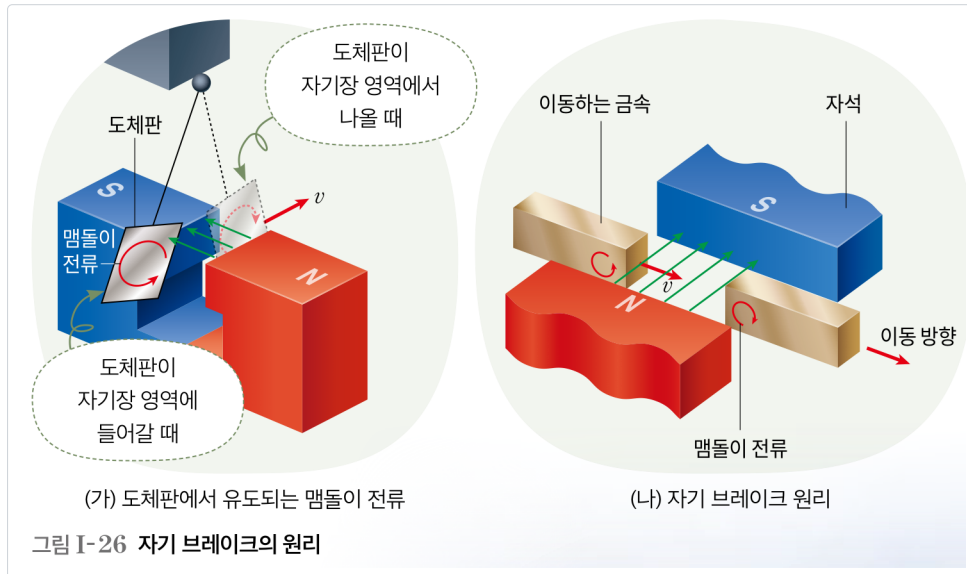
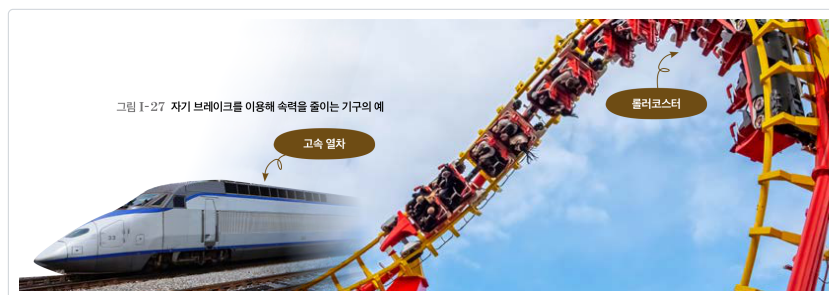


그림 I-27과 같이 자기 브레이크는 고속 열차, 롤러코스터, 낙하 놀이기구 등 교통수단이나 놀이기구의 제동 장치에 쓰이고 있다.



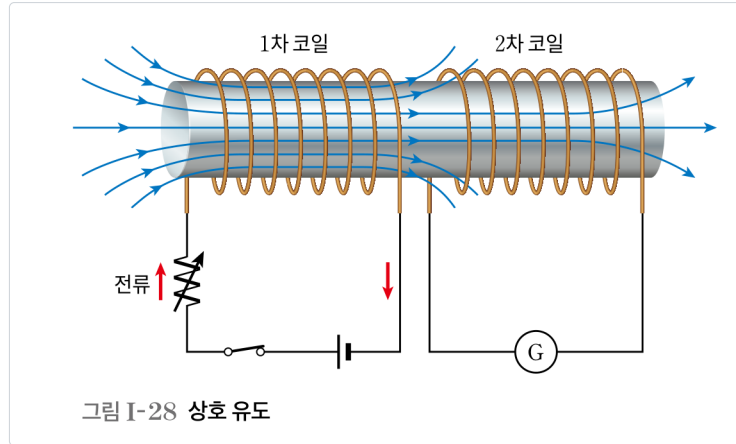
개념 체크 B 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

1. 자기장 영역에 들어가는 도체판 내부에 소용돌이 모양으로 생기는 유도 전류를 _____ 라고 한다.
2. 자기 브레이크에서 자기장 영역으로 금속이 들어올 때와 나갈 때 금속에 작용하는 힘의 방향은 서로 반대 방향이다. ()
3. 자기 브레이크는 직접 접촉하지 않고 작동하므로 잘 마모되지 않고 소음이 적다. ()
4. 도체판이 자기장 영역을 빠져나갈 때에는 도체판에 유도 전류가 흐르지 않는다. ()

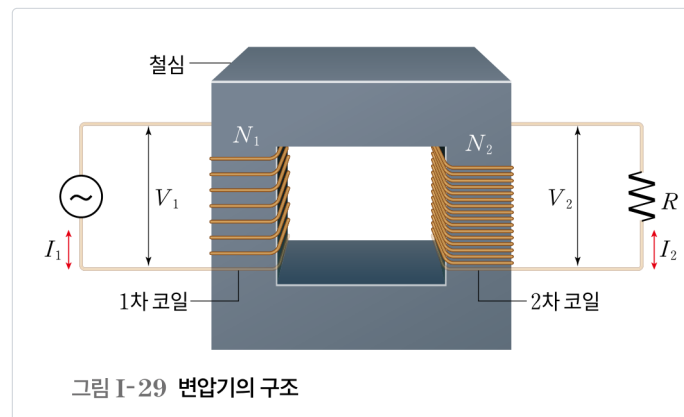
3 변압기와 인덕터

(1) 상호 유도와 변압기

그림 I-28에서와 같이 1차 코일에 전류가 흐르면 자기장이 생성되어 2차 코일을 통과한다. 1차 코일에 흐르는 전류의 세기가 변하면 2차 코일을 통과하는 자기선속이 변하므로 2차 코일에 유도 전류가 흐른다.



이러한 성질을 활용하는 장치로 그림 I-29와 같은 **변압기**가 있다. 변압기는 전자기 유도 현상을 이용해 전압을 바꾸는 장치로, 고리 모양의 철심에 코일 두 개가 각각 감긴 구조로 되어 있다. 변압기의 1차 코일에 전류가 흘러 생성되는 자기장이 철심을 따라 2차 코일을 통과한다. 1차 코일에 교류가 흐르면 1차 코일과 2차 코일을 통과하는 자기선속이 시간에 따라 변해 2차 코일에 유도 기전력이 생긴다. 이상적인 변압기라면 자기력선이 모두 철심을 따라 형성되므로 1차 코일을 통과하는 자기선속 Φ_1 과 2차 코일을 통과하는 자기선속 Φ_2 는 같다.



1차 코일과 2차 코일의 감은 수를 각각 N_1, N_2 , 1차 코일에 공급되는 전압을 V_1 , 2차 코일에 발생하는 유도 기전력을 V_2 라고 하면

$$V_1 = -N_1 \frac{\Delta \Phi_1}{\Delta t}, \quad V_2 = -N_2 \frac{\Delta \Phi_2}{\Delta t}$$

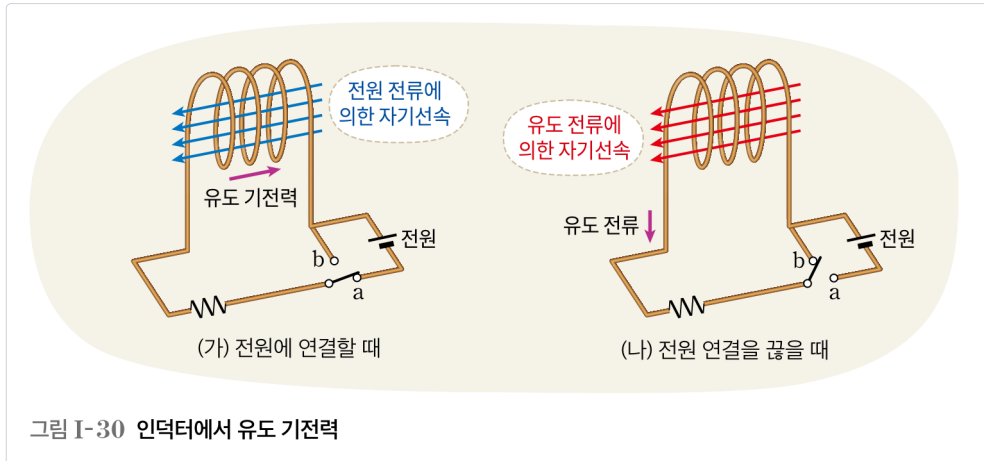
이다. 이상적인 변압기에서는 $\Phi_1 = \Phi_2$ 이므로 $\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$ 이다. 즉, 1차 코일과 2차 코일의 감은 수를 조절해 교류 전압을 바꿀 수 있다.

핵심 정리 이상적인 변압기에서 $V_1 : V_2 = N_1 : N_2$. 2차 코일의 감은 수가 많으면 전압이 높아지고(승압), 적으면 전압이 낮아진다(강압).

(2) 인덕터에서의 전자기 유도

인덕터는 전선을 나선 모양으로 감아 코일처럼 만든 장치이다. 인덕터에 전류가 흐르면 자기장이 형성되고, 인덕터를 통과하는 자기선속이 변하면 전자기 유도에 의해 유도 기전력이 형성된다.

그림 I-30의 (가)와 같이 인덕터와 전원이 연결된 회로에서 스위치를 전원에 연결하면 인덕터 내부에 자기선속이 커지므로 이를 방해하는 유도 기전력이 발생하고, 저항에 흐르는 전류가 **서서히 증가**한다. 그림 (나)와 같이 전원 연결을 끊으면 인덕터 내부의 자기선속이 빠르게 줄어들므로 이를 방해하는 유도 기전력이 발생하고, 저항에 **큰 유도 전류**가 흐른다.



유도 기전력 V 의 크기는 $V = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 이고, 감은 수 N 인 인덕터를 통과하는 자기선속 변화 $\Delta\Phi$ 는 시간 Δt 에 따른 전류 변화 ΔI 에 의해 생기므로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$V = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta I} \frac{\Delta I}{\Delta t} = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

여기서 인덕터의 특성을 나타내는 비례 상수 L 를 **자체 유도 계수**라고 하며, 단위는 **H(헨리)**를 사용한다. 자체 유도 계수가 1 H인 인덕터에서 1초 동안 1 A의 비율로 전류가 변하면 1 V의 유도 기전력이 발생한다.

핵심 정리 인덕터는 전류의 변화를 방해한다. 유도 기전력 $V = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$, 자체 유도 계수 L 의 단위는 H(헨리).

개념 체크 C 빈칸을 채우고, ○ 또는 ×로 답하시오. (정답은 교재 말미 해설)

- 이상적인 변압기에서 1차, 2차 코일의 전압의 비 $\frac{V_1}{V_2}$ 는 감은 수의 비 _____ 와 같다.
- 변압기에서 2차 코일의 감은 수가 1차 코일보다 작으면 2차 코일에 생기는 유도 기전력은 1차 코일에 공급되는 전압보다 _____.
- 인덕터의 특성을 나타내는 자체 유도 계수 L 의 단위는 _____ 이다.
- 인덕터가 연결된 회로에서 스위치를 전원에 연결하는 순간 저항에 흐르는 전류는 곧바로 최대값이 된다. ()

스스로 정리 놀이기구에서 마찰을 이용한 브레이크와 자기 브레이크를 사용할 때 어떤 차이가 있을지 상상해 보고, 이를 모둠원과 공유해 보자.

Part 2 · 정답

1 개념 체크 정답

A	1. 단면적, Wb(웨버)	2. $0.2\sqrt{2}$ (≈ 0.28)	3. ×	4. ○
B	1. 맴돌이 전류	2. ×	3. ○	4. ×
C	1. N_1/N_2	2. 작다	3. H(헨리)	4. ×