

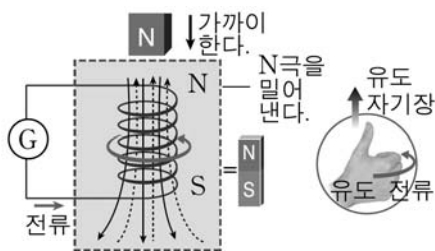
전자기 유도 현상 (electromagnetic induction)

코일과 자석 사이의 상대적인 운동으로 코일에 자속의 변화가 생길 때, 유도 기전력과 유도전류가 발생하는 현상

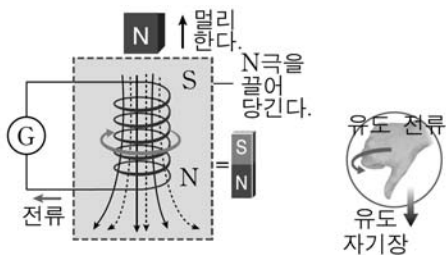
유도전류	전자기 유도에 의해 코일에 흐르는 전류
유도기전력	전자기 유도에 의해 유도 전류를 흐르게 하는 전압

렌츠의 법칙 (lenz's law)

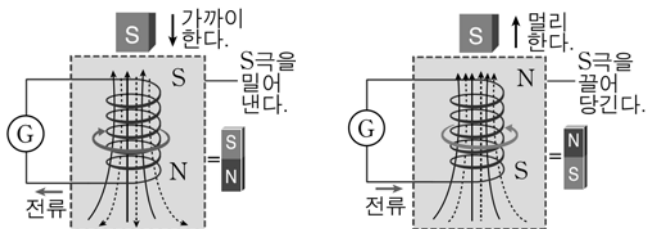
유도 전류는 코일 내부를 지나는 **자속의 변화를 방해하는 방향으로** 흐른다. 즉, 코일에는 자석의 운동을 방해하려는 방향으로 유도 전류가 흐른다.



[N극을 가까이 할 때]



[N극을 멀리 할 때]



[S극을 가까이 할 때]

[S극을 멀리 할 때]

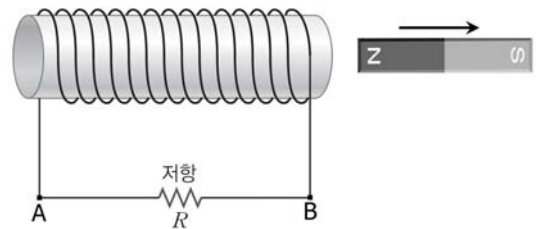
▶ 자석이 움직이지 않으면(자속 변화가 없으면!) 유도전류는 흐르지 않는다.

에너지의 보존 차원의 접근

역학적 에너지 → 전기에너지

▶ 적용문제 렌츠의 법칙

그림은 자석을 고정된 솔레노이드로부터 오른쪽으로 이동시키는 것을 나타낸 것이다. 자석의 왼쪽 면이 N극이고, 오른쪽 면이 S극이며 솔레노이드에는 저항 R이 연결되어 있다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 보기에서 모두 고르시오.

- ㄱ. 유도 전류의 방향은 $A \rightarrow R \rightarrow B$ 이다.
- ㄴ. 솔레노이드 오른쪽 면은 N극이 된다.
- ㄷ. 자석을 왼쪽으로 이동시키면 유도 전류의 방향은 $B \rightarrow R \rightarrow A$ 이다.

ㄱ, ㄷ



Heinrich Friedrich Emil Lenz,
1804.2.12~1865.2.10, 독일(국적 러시아)

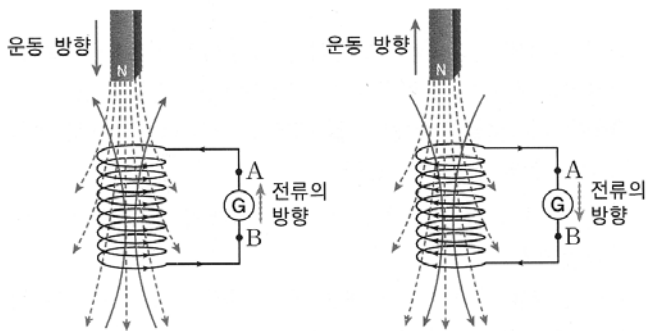
러시아에서 태어난 독일의 물리학자. 러시아의 상트페테르부르크대학 교수를 지내고, 전자기학을 연구, 1834년 전자기유도가 일어나는 방향에 대해 처음으로 일반적인 법칙을 발견, 이를 '렌츠의 법칙'이라 했다.

패러데이의 법칙

유도 기전력의 크기는 코일을 지나는 자속의 시간적 변화율과 코일을 감은 회수에 비례한다.

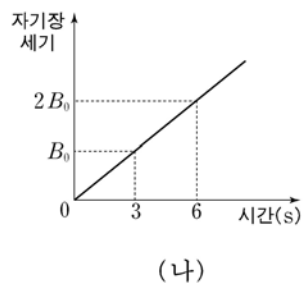
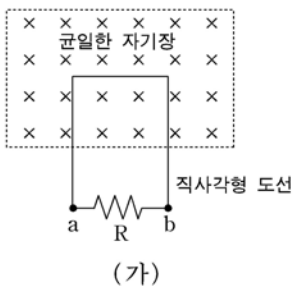
$$V = -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t} = -N \frac{\Delta(BS)}{\Delta t}$$

- ▶ 자석이나 코일이 빨리 접근하거나 빨리 멀어질 때, 또는 코일의 감은 수를 증가시키거나 강한 자석을 이용하면, 같은 시간 동안에 코일을 지나는 자속의 변화가 커지게 되어 많은 유도 전류가 발생한다.



[유도 전류의 방향]

자기장의 변화에 따른 전자기 유도

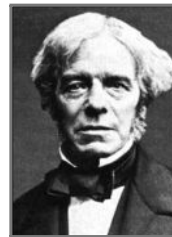


- ▶ 0~6초까지 일정한 전류가 반시계방향으로 유도된다.

자석의 자유낙하에서의 전자기 유도



- 지면 도달 시간은 플라스틱 관에서 더 빠르다.
- 구리관에서 역학적 에너지는 보존되지 않는다.

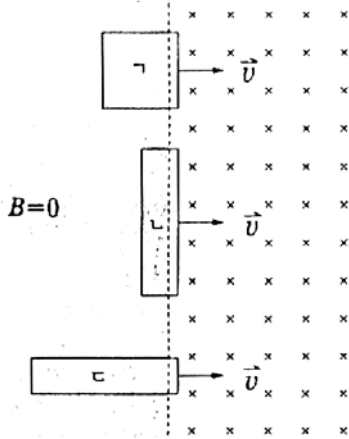


Michael Faraday
1791.9.22 ~ 1867.8.25, 영국

영국의 화학자·물리학자. 벤젠 발견 등 실험화학상 뛰어난 연구를 하였고, 물리학의 전자기학 부분에서 여러 가지 전기의 동일성을 간파, 보편성을 가진 통일 개념으로서의 전기를 제창하였다. 그 외 '패러데이암흑부', '패러데이효과', 반자성 발견 등 중요한 공헌이 많다.

코일의 이동에 따른 전자기 유도

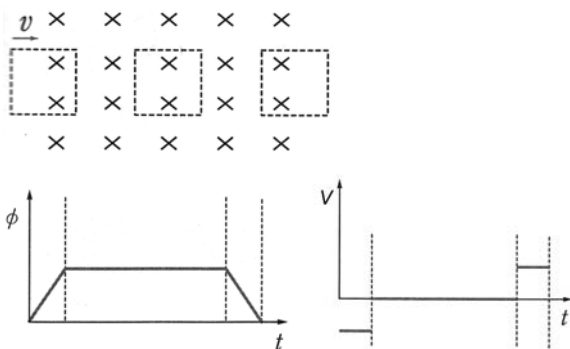
자기장 영역으로 들어가는 경우



유도 전류의 세기 : $L > A > C$

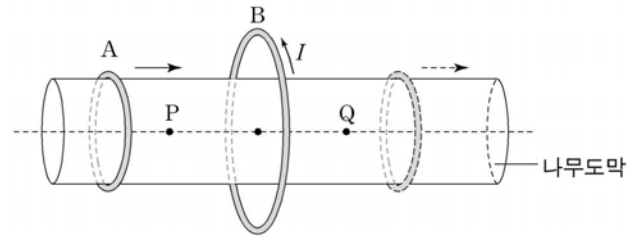
- ▶ 자기장과 감은 횟수는 동일하나. 같은 속력으로 당길 때, 면적 변화의 차이가 난다.

자속과 유도기전력 그래프



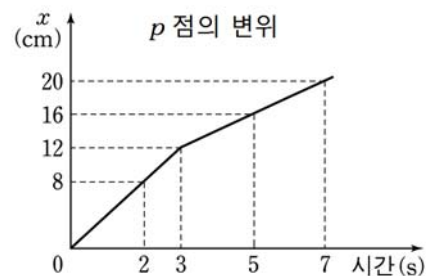
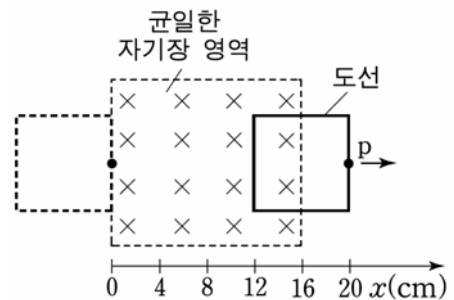
- ▶ 자기장 내로 들어갈 때와 나올 때의 유도전류의 방향이 반대이고 자기장 내에서 움직이는 경우는 자속변화가 없으므로 전류가 유도되지 않는다.

전류가 흐르는 코일로 접근하는 경우



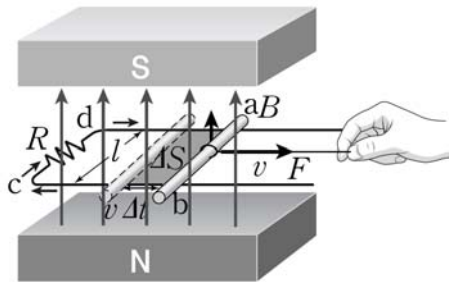
- ▶ P, Q에서 고리 A에 유도되는 전류의 방향 : (반대)
- ▶ P에서 고리 A가 받는 힘의 방향 : (왼쪽)
- ▶ Q에서 고리 A가 받는 힘의 방향 : (왼쪽)

전자기 유도와 s-t 그래프



- ▶ 전류가 유도되는 시간 : 0~2초, 5초~7초

ㄷ자형 도선



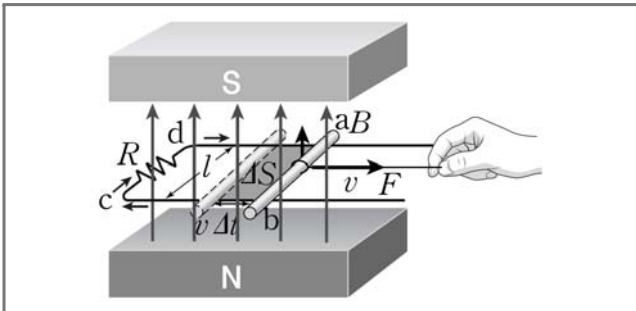
도체 막대 ab가 오른쪽으로 이동함에 따라 회로 abcd내부를 통과하는 자기력선 증가 → 위쪽으로 증가하는 자기력선의 수를 감소시키려면, 렌츠의 법칙에 의해 아래쪽으로 향하는 자기력선 발생!

→ 회로에는 시계방향으로 전류 유도

→ 막대 ab의 a는 (-)극, b는 (+)극인 **전지 역할**
(전위는 (+)극인 b가 높다.)

ㄷ자형 도선에서 유도 기전력의 크기

균일한 자기장 B 에 길이 l 인 도선을 자기장에 수직하게 속력 v 로 운동시킬 때, 도선의 양 끝에 생기는 유도 기전력의 크기는 다음과 같다.



$$\begin{aligned} V &= -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t} = -N \frac{\Delta (BS)}{\Delta t} = -\frac{B \Delta S}{\Delta t} \\ &= -\frac{B \cdot l \cdot v \Delta t}{\Delta t} = -Blv \end{aligned}$$

$$V = -Blv \text{ (단위:V)}$$

자기장 속에서 움직이는 도선에 흐르는 유도 전류도 자기장의 세기와 도선의 길이에 비례하며, 도선이 자기장 속에서 빨리 움직일수록 더 센 유도 전류가 흐른다.

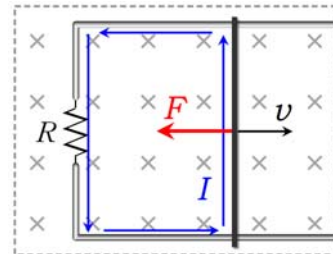
★ 에너지 보존 차원의 접근

도선을 당길 때 하는 일 → 전기에너지
→ 저항의 열에너지로 전환

전자기유도와 전자기력

전자기 유도 현상에 의해 전류가 유도되면 전자기력을 받게 된다.

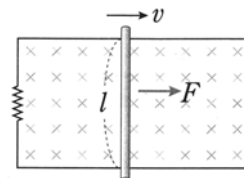
- ▶ 자속 변화를 방해하는 방향으로 힘을 받게 된다.
- ▶ ㄷ자형 도선 뿐 아니라 모든 전자기 유도 현상에서 전자기력이 나타난다.



$$F = Blv = B \left(\frac{Blv}{R} \right) l = \frac{B^2 l^2 v}{R}$$

▶ 적용문제 ㄷ자형 도선

$R = 10\Omega$, $B = 5\text{ T}$, $l = 2\text{ m}$, $v = 1\text{ m/s}$ 일 때,



- ① 유도기전력 $V =$
- ② 유도전류 $I =$
- ③ 전력 $P =$
- ④ 전자기력 $F =$

① 10V ② 1A ③ 10W ④ 10N

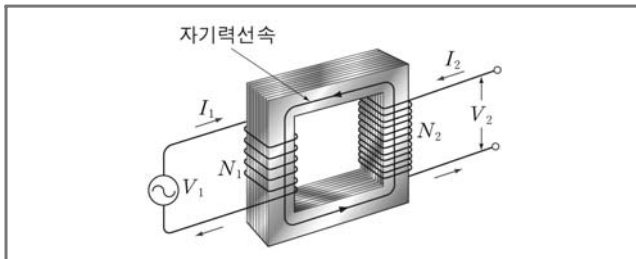
전자기 유도의 이용

발전기

자석 사이에 놓인 코일을 회전시키면 코일 내부의 자속이 시간에 따라 계속해서 변하기 때문에 코일에 유도 전류가 흐른다.

변압기

상호 유도현상을 이용, 교류의 전압을 변화시키는 장치



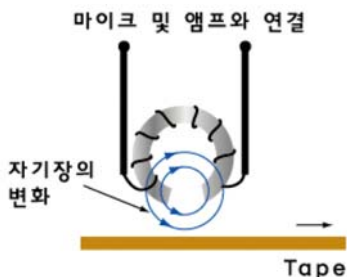
- 유도 전류의 세기(I_2)는 1차 코일의 감은 수(N_1)에 비례
- 1차 코일에 입력되는 전력과 2차 코일로 출력되는 전력은 에너지를 보존하는 법칙에 의해 같다. (효율은 100%라고 본다.)

$$P_1 = V_1 I_1 = V_2 I_2 = P_2$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

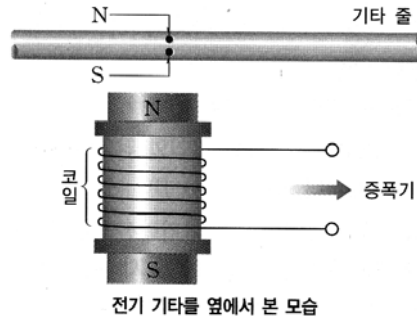
(P : 전력, V : 전압, I : 전류, N : 코일감은수)

자기(카세트) 테이프



녹음 전의 테이프는 자성 물질의 미세 알갱이가 임의로 배열되어 있으나 녹음 헤드를 지나면 정보 신호에 따라 규칙성 있게 배열된다.

전기 기타



영구자석에 의해 기타줄이 자화되고 기타줄과 코일에 의해 전자기 유도 현상이 일어난다.

교통카드

교통카드는 전파를 사용해 카드 내부의 IC 칩과 단말기 간에 교신이 이루어진다. 교통카드 내에는 여러번 감긴 코일이 내장되어 있는데 단말기는 주기적으로 세기가 변하는 자기장을 내보낸다. 이 자기장에 코일을 근접시키면 코일에 유도 전류가 흐르게 되고, 이 전류가 IC 칩을 작동시키게 되어 단말기와 IC칩 사이에 통신이 이루어진다.

신용 카드

단말기에 마그네틱선이 지나갈 때 전자기 유도현상에 의해 카드의 정보가 단말기로 전달된다. 교통카드 기능이 있는 신용카드에는 IC칩이 내장되어 있는 것이다.