

3-8 자기장과 자기력 측정

1. 실험목적

자기장과 자기력의 기본 개념을 이해하고, 균일한 자기장 내에서 도선에 전류가 흐를 때 이 도선에 받는 힘(자기력)을 측정하여 자기력과 전류, 도선의 길이, 자기장의 세기의 관계를 알아본다. 이를 바탕으로 전류와 변압기의 동작원리를 이해한다.

2. 실험이론

- 도선에 전하량이 q 인 전하가 \vec{v} 로 움직일 때 힘을 받아 움직이는 방향이 바뀌면 이 공간에서 자기장이 존재한다.
- 자기장 \vec{B} 에 의해 \vec{v} 로 움직이는 단위 전하가 받는 힘은 $\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B}$ 이고 단위는 tesla이다.
- 자기력의 방향은 \vec{v} 와 \vec{B} 가 이루는 평면에 수직이고 크기는 $F = qvB \sin \theta$ 이다. θ 는 \vec{v} 와 \vec{B} 사이의 각이다.
- 자기장 속에 전하량이 q 인 총 N 개의 전하가 같은 방향으로 \vec{v} 로 같이 움직일 때 받는 총 힘 \vec{F}_B 는 $\vec{F}_B = Nq\vec{v} = Nq\vec{v} \times \vec{B} = I\vec{L} \times \vec{B}$ 이다.
- 도선에 흐르는 전류는 단위 시간당 도선의 단면을 지나가는 총 전하량 Q . 즉 $I = \frac{dQ}{dt} = \frac{d(Nq\Delta t)}{dt} = Nq \frac{dL}{dt}$ 이고, 여기에서 N 는 시간 dt 동안 도선을 지나가는 총 전하 수, q 은 전하량 (즉, $q = e$), A 는 도선의 단면적, v 는 전하가 자기장 속에 놓여있는 도선을 지나는 거리를 나타낸다.
- $\frac{dL}{dt}$ 은 전하들의 평균 속도 v 이므로 도선에 흐르는 전류는 $I = NqAv = \frac{NAL}{L} v = \frac{NqAvL}{L} = \frac{qAvL}{L}$ 가 된다. 이로부터 $I = qAv$ 가 돼.
- $\vec{F}_B = I\vec{L} \times \vec{B}$ 에 대입하면 $I(L \times B)$ 가 된다. 여기서 L 은 도선의 길이에 해당하고 방향은 전류의 방향과 같다.
- 도선이 자기장 \vec{B} 속에서 놓여있는 길이가 L 이고, 도선에 전류가 흐르고 있을 때, 이때 도선에 받는 힘은 오른손 법칙에 따라 도선의 길이 방향과 자기장 방향에 수직인 방향으로 작용한다.
- 자기장 속에서 도선에 흐르는 전류가 받는 자기력 측정은 p.116(물리학II 교재)의 그림2와 실험 구조 측정할 수 있는 자자대에 달고있는 도선에 전류가 흐를 때 전자저울 위에 놓여있는 자석이 자기력을 받아 무게의 변화가 생기는 정도를 통해 자기력을 측정할 수 있다.
- 도선이 놓여있는 자석 내부 자기장은 p.117(교재) 그림3과 같이 자기장 측정기인 가우스미터를 이용하여 자석강이 방향으로 자기장 분포를 측정할 수 있다.

3. 실험장치 및 실험 방법

(1) 실험장치

- | | |
|-----------------------|-------------|
| - 자석세트 | - 전자저울 |
| - 도선 가판 세트 및 자자대, 평면표 | - 가우스미터 |
| - 전류양치 | - 멀티미터(전류계) |

(2) 실험방법

주의사항.

1. 방향측정을 위해 자석강의 자장강 측정으로 도선의 양단을 연결하여 자장이 미 도달할 것을 장본다.
2. 전류양치와 도선의 전기적 연결 상태가 잘 되어있는지 확인한다.
3. 멀티미터의 전류계 사용시 측정영역보다 더 많은 전류가 흐르지 않도록 전류 측정영역을 크게 설정한다.
4. 전자저울 배울 민감하므로 충격이 가해지지 않도록 조심한다.

① 그림3(교재 p.117)과 같이 자석의 자기장 측정 장치를 구성한다. (자석을 배치할 때 한쪽에는 같은 극의 자석을 구성하도록 하여 양쪽 끝 사이에서 N 극에서 S 극으로 자기장이 형성되도록 해야한다.)

② 자석 간극 통 사이의 가우스미터를 가우스미터 프로브를 위치하도록 설치하고 자석의 한쪽 끝에서 관이 방향으로 다른 쪽 끝까지 움직이면서 자기장 세기 분포를 측정한다.

- ㉔ 자기력 측정 실험 셋업을 구성하고 도선 기판에 전류가 흐를 수 있도록 전원장치를 연결한다. 사용하는 도선의 수평 길이를 주로 측정한다.
- ㉕ 전자저울은 수평이 되도록 잘 조절 후 자석을 전자저울에 올리고 도선 기판 도선 부분이 자석 사이의 간격 등의 중앙에 자리잡게 하여 자석과 맞닿지 않도록 하고 높도 잘 조절한다. 측정할 저항 분포와 이 자석상에 놓여있는 기판의 도선 길이가 맞아안지각해준다.
- ㉖ 도선 기판에 전류가 흐르기 전에 전자저울의 영점여울을 본다.
- ㉗ 전원장치의 전압 및 전류 조절 다이얼은 왼쪽으로 모두 돌렸을 상태(0V, 0A)에서 시작한다. 서서히 다이얼을 돌리면서 도선 기판에 전류가 0.5A에서 5A까지 0.5A 간격으로 올리고, 이 때 각 전류 값일 때 전자저울에 표시된 무게의 변화값을 기록한다.
- ㉘ 다른 도선 기판으로 교체하여 도선 길이가 다른 경우에 대해서도 위의 ㉔~㉗ 과정을 되풀이하여 측정한다.

4. 예외사항

이번 극자 실험은 자기력 측정 장치구조에 맞게 실험장치를 구성하고 자석이, 도선에 전류가 흐를 때 자기력을 받아 무게의 변화를 측정하여 자기력을 알아보는 실험이다.

이 실험에서는 전류를 변화시킬 때, 도선의 길이를 변화시킬 때, 자기장(자석의 숫자)을 변화시킬 때 세 가지 경우를 측정한다.

첫번째 전류를 변화시킬 때는 전류를 증가시키면 점점 전자저울에 측정되는 값들이 점점 커지게 될 것이다. 이때 자석의 질량 변화에 대한 측정 무게는 자석에 작용한 자기력과 동일하다. 전류가 증가하면 측정값이 커지는 이유는 $F = ILB$ 를 통해서도 알 수 있다. F 가 I 에 비례하므로 I 가 증가하면 측정값도 커지게 된다. 또 같은 전류값에 대해서는 도선의 길이가 길수록 질량이 더 크게 측정될 것이며 도선의 길이와 측정값은 비례할 것이다. 이는 F 가 L 에 비례해서이다.

두번째는 도선의 길이를 변화시키면서 동일한 전류에 대해 질량을 측정한다. 이때 도선의 길이가 길어짐에 따라 측정값은 커지게 되고 길이가 짧아지면 도면 자기력이나 측정값도 모두 짧아지게 될 것이다. 이는 $F = ILB$ 에 의해 I 와 B 가 일정할 때 F 는 L 에 비례하므로 그런 것이다.

세번째 자기장(자석 숫자)을 변화시킬 때는 자석의 수가 작아짐에 따라 측정값이 작아질 것이다. 이는 자석이 줄어듦에 따라 자기장의 크기가 작아지기 때문이다. $F = ILB$ 이므로 B 에 비례해 B 가 작아짐에 따라 작아지는 것이다.

측정 무게에 따른 자기력과 계산된 자기력에는 서로 오차가 존재하게 될 것이다. 이는 자기력을 잴 때 가우스미터 프로가 자석에 닿았거나, 자석이 도선 기판 가운데에 정확하지 않아 무게가 제대로 측정되지 못한 것 등의 이유로 오차의 원인을 생각할 수 있다.

5. 참고문헌

- 1) 안하태물학과 「기초물리학실험 II」. 부활. 2020
- 2) 국민정 리 17인, 「대학물리학 5판」. 부활 제19장