

실험 7. 도선 주위의 자기장

실험 목표

- ✓ 직선 도선과 원형 도선 주위의 자기장의 방향을 확인한다.
- ✓ 직선 도선과 원형 도선에 흐르는 전류의 세기와 자기장의 세기와의 관계를 확인한다.
- ✓ 직선 도선과 원형 도선에 전류가 흐를 때, 도선으로부터의 거리와 자기장의 세기 사이의 관계를 확인한다.

배경이론

- ✓ (YOUNG) Chapter 28.3 ~ 28.6 참고
- ✓ (Giancoil) Chapter 20.5 ~ 20.6 참고

자기장과 전류의 관계

앙페르의 법칙

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{encl}$$

직선 도선의 자기장

$$B = \frac{1}{2\pi r} \mu_0 I \quad (r: \text{도선으로부터 떨어진 거리})$$

N 개의 원형 고리의 중심에서의 자기장

$$B_x = \frac{1}{2r} \mu_0 NI \quad (r: \text{반지름})$$

실험도구

컴퓨터, 인터페이스, 인터페이스 연결케이블, 센서 연결케이블, 전원 공급장치,

자기장 센서, 스탠드 세트, 집게전선 4 개, 구리선 약 60 cm,

우드락, 종이 테이프, 모눈종이, 칼 혹은 가위, 파이프, USB 플래시 드라이브.

자기장 센서



실험 방법

실험 1. 직선 도선

1. 인터페이스 연결케이블을 이용하여 인터페이스와 컴퓨터를 연결한다.
2. 센서 연결케이블을 이용하여 자기장 센서를 인터페이스와 연결한다. 채널은 상관없다.
3. Excel 프로그램을 실행하고, [실험설정] → [채널설정]에서 자기장 센서가 연결되었는지 확인한다.
4. [실험설정] → [센서설정]으로 들어가서 센서교정의 [교정하기]를 누른다. [교정]을 누른 후 [닫기]를 누른다.
5. [실험설정] → [입력설정] 에서 [측정간격]을 0.2 초로 바꾼다.
6. 구리선을 약 60 cm 정도 잘라서 직선 도선을 만들고, 도선 양쪽 끝의 절연 코팅을 칼이나 가위를 이용하여 벗겨낸다.
 - ※ 구리선의 길이는 충분히 길어지면 크게 상관이 없지만, 코팅은 잘 벗겨야 한다. 절연 코팅을 잘 벗기지 않으면 전류가 흐르지 않는다.
7. 책상 위에 스탠드를 설치하고 ‘그림 1-1’처럼 스탠드 집계에 우드락과 모눈종이를 함께 물린다. 우드락의 중앙에 구멍을 뚫어서 직선 도선을 통과시킨다. 직선 도선의 위쪽 끝은 집계 전선을 연결한 후에 스탠드 봉에 살짝 감거나 종이 테이프를 이용하여 잘 고정한다.
 - ※ 우드락에는 팬 등으로 표시를 해도 된다.

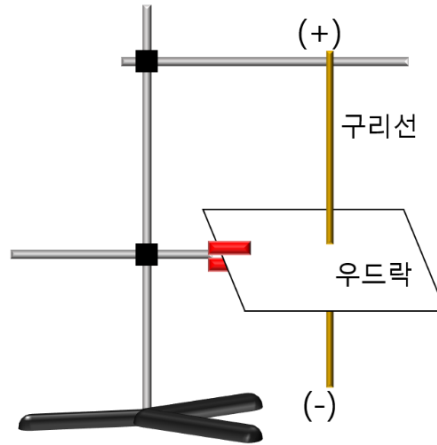


그림 1 - 1

8. 직선 도선과 전원 공급장치를 연결한다. 방향은 위쪽을 (+)에, 아래를 (-)에 연결한다.

※ 구리선과 전원 공급장치를 집게 전선으로 연결할 때, 집게 전선이 만드는 자기장의 영향을 줄이기 위해 가능한한 구리선에서 멀리 연결한다.

9. 직선 도선이 최대한 직선이 되도록 한다.

10. 전류 조절 다이얼을 오른쪽 끝까지 돌려놓고, 전압 조절 다이얼은 왼쪽 끝까지 돌아가 있는지 확인한 후에 전원 연결장치를 켜다.

11. 전압을 약 2 V까지 올려서 전류가 약 3 A가 되도록 한다. 이 상태를 유지하면서 자기장을 측정할 것이다.

※ 전원 공급장치의 전류값은 전류 센서로 측정하는 것보다는 부정확하다. 하지만 우리가 사용하는 전류 센서는 최대 1 A까지만 측정할 수 있으므로 전원 공급장치로 읽는 것으로 대신한다.

12. 도선으로부터 0.5 cm 떨어진 지점을 중에서 ‘그림 1-2’를 참고하여 x 축 방향의 자기장은 0 이고, y 축 방향의 자기장은 양수 값이 나오는 지점을 찾는다. 이 지점을 A라고 생각하고, 잘 표시한다.

※ 자기장 센서는 방향도 함께 측정하므로 ‘그림 1-2’의 x와 y 화살표 방향과 자기장 센서의 측정하는 부분을 나란하게 둔다. 만약 자기장 센서를 x 축이나 y 축에 나란하게 놓고 측정하는 것이 불편할 경우, 자기장 센서를 180° 뒤집어서 측정하고, 값에 (-)를 씌운다.

※ 자기장이 0 혹은 0.0025 등으로 측정될 경우 측정이 안된 것이다. 센서를 확인한다.

※ 매뉴얼에는 자기장의 단위가 mT로 되어 있는데, G 등으로 나올 수 있다. 단위는 [센서설정]에서 변경할 수 있고, G 를 단위로 사용해도 상관없다.

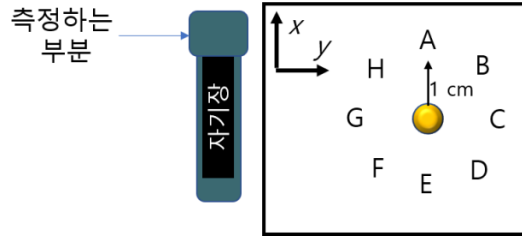


그림 1 - 2

13. A 지점을 측정할 때의 전류의 세기와 도선으로부터의 거리를 일정하게 유지해야한다. B, C, ..., H의 x 축 방향과 y 축 방향의 자기장을 측정하여 표를 채운다.

※ 자기장 센서는 실험 할 때마다 교정을 새로 해야 한다. 교정할 때는 도선과 멀리 떨어진 곳에서 해야한다.

14. 측정한 x 축 방향과 y 축 방향 자기장으로 합성 자기장을 계산한다.

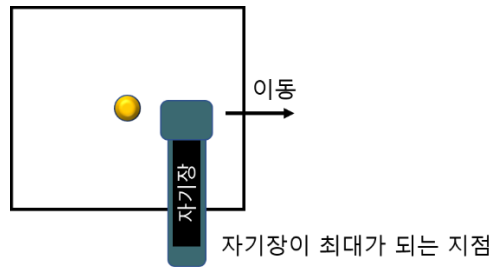


그림 1 - 3

15. ‘그림 1-3’처럼 자기장 센서를 배치하고, 도선 주위를 움직이면서 자기장이 최대가 되는 지점을 찾는다.

16. 자기장이 최대가 되는 지점에서 자기장 센서를 고정시키고, 전류의 세기를 3 A 부터 1.5 A 까지 0.5 A씩 감소시키면서 자기장을 측정하여 표를 채운다.

17. 전류의 세기를 1 A로 유지하고, ‘그림 1-3’처럼 지점에서 도선으로부터 0.5 cm 떨어진 자기장이 최대가 되는 지점에서 자기장을 측정한다.

18. 같은 지점에서 0.5 cm씩 멀어지면서 3 cm 떨어진 곳까지 자기장을 측정한다.

19. (1/거리)-자기장 그래프를 그리고, 기울기를 구한다.

실험 2. 원형 도선

1. 직선 도선을 원형 파이프에 감아서 원형 도선을 만든다.

2. 도선을 분리하여 원형을 잘 유지할 수 있도록 종이 테이프로 살짝 고정한다.

3. 완성된 원형 도선을 우드락에 잘 고정하여 ‘그림 1-4’ 같은 모양을 만든다. 원형 도선의 중심

에서 자기장을 측정할 것이므로 우드락은 중심에서 약 1 cm 아래쪽에 고정한다.

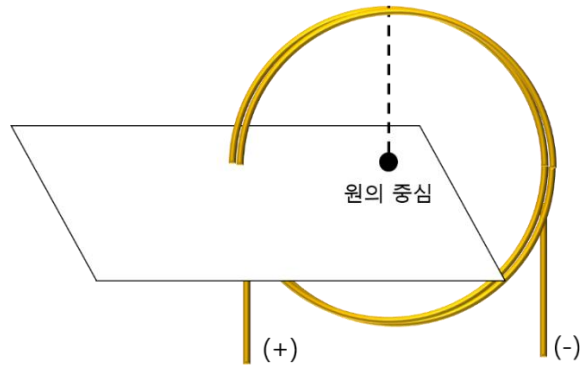


그림 1 - 4

4. 우드락과 모눈 종이를 스탠드 집게에 물리고, 원형 도선을 전원 공급장치에 연결한다.
 - ※ 스탠드에 연결하는 것이 불편할 경우 책상 위에 놓고 해도 된다.
5. 전류 조절 다이얼은 오른쪽 끝까지 돌려놓고, 전압 조절 다이얼은 왼쪽 끝까지 돌아가 있는지 확인한 후에 전원 연결장치를 켜다.
6. 전류가 약 3 A가 되도록 조절한다. 이 상태를 유지하면서 자기장을 측정할 것이다.
7. 원형 도선의 원의 중심의 자기장을 측정한다.
8. 전류의 세기를 3 A 부터 1.5 A까지 0.5 A씩 감소시키면서 원의 중심에서 자기장을 측정하여 표를 채운다.

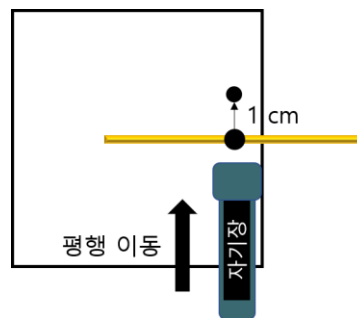


그림 1 - 5

9. '그림 1-5'은 위에서 원형 도선을 본 그림이다. 원형 도선의 중심에서 위쪽으로 자기장 센서를 평행이동 하면서 자기장을 측정할 것이다. 1 cm씩 이동시키면서 5 cm 떨어진 곳까지 자기장을 측정한다.

실험 결과

실험 1

✓ (1/거리)-자기장 그래프를 붙인다.

전류 [A]	도선으로부터의 거리 [cm]							
	A	B	C	D	E	F	G	H
x 방향 자기장 [mT]								
y 방향 자기장 [mT]								
합성 자기장 [mT]								

전류 [A]	1.5	2	2.5	3
자기장 [mT]				

도선으로부터의 거리 [cm]	0.5	1.0	1.5	2	2.5	3
자기장 [mT]						
자기장- (1/도선으로부터의 거리) 그래프의 기울기						

실험 2

✓ (1/거리)-자기장 그래프를 붙인다.

전류 [A]	1.5	2	2.5	3
자기장 [mT]				

중심으로부터의 거리 [cm]	1	2	3	4	5	기울기
자기장 [mT]						
자기장- (1/중심으로부터의 거리) 그래프의 기울기						

결론

- ✓ 각각의 위치에서 자기장을 측정한 결과로 직선 도선의 자기장 형태를 그리고, 오른손 법칙을 설명한다.
- ✓ 직선 도선과 원형 도선에서 전류와 자기장의 관계에 대해 설명한다.
- ✓ 거리가 멀어질수록 자기장이 감소했다. 실험 결과를 이용하여 직선 도선과 원형 도선의 차이 점을 설명한다.

고찰

참고자료