

e/m 측정실험

1. 목적

Helmholtz 코일을 이용하여 생성한 균일한 자기장 내에서 움직이는 전자의 운동을 관측하여, 자기장이 움직이는 전하에 미치는 힘을 이해하고, 전자의 전하량과 질량의 비를 측정한다.

2. 이론

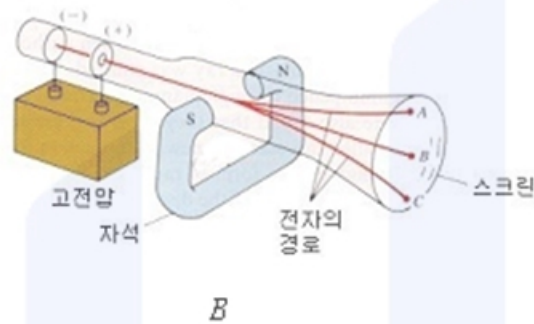


그림 1 자기장 안에서 전자의 운동

주어진 전기장 \vec{E} , 자기장 \vec{B} 하에서 속도 \vec{v} 로 운동하는 전하 q 는 로렌츠힘 \vec{F} 를 받게 된다.

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) \quad (1)$$

만약 전하 q 가 균일한 자기장 \vec{B} 하에서 운동한다면, 입자는 \vec{B} 와 \vec{v} 모두에 수직방향으로 힘을 받으므로 등속원운동을 하게 된다. 로렌츠힘에 의한 등속원운동에 뉴턴의 제2법칙을 적용하면

$$F = ma = m \frac{v^2}{r} = qvB \quad (2)$$

이 된다. 만일 입자가 일정한 자기장으로 입사하기 전에 전위차 U 의 전기장에 의해 가속이 되었다면 그 퍼텐셜 에너지는 운동에너지로 바뀌므로 전자의 입사 속도는

$$qU = \frac{1}{2}mv^2 \quad (3)$$

이 된다. 위 식으로부터 원운동 반지름 r 을 구하면 다음과 같다.

$$r = \sqrt{\frac{2mU}{eB^2}} \quad (4)$$

여기서 전자의 질량과 전하량은 각각 $m = 9.10 \times 10^{-31} \text{kg}$, $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{C}$ 이다.

[그림 2]에서처럼 자기장 하에서 전자가 반지름 r 인 원궤도의 일부인 원호를 그릴 때,

원호의 끝점 위치를 나타내는 x, y 사이에는 다음과 같은 기하학적 관계가 성립한다.

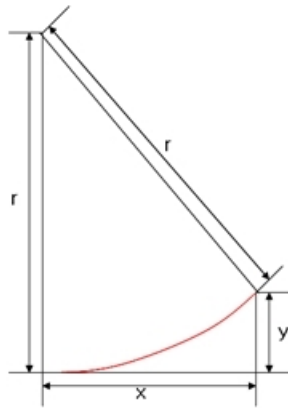


그림 2 원운동 궤도

$$y = r - \sqrt{r^2 - x^2} \quad (5)$$

즉, x 와 y 좌표로부터 원궤도 반지름 r 을 구할 수 있다.

한편, 균일한 자기장을 만들기 위해 보통 Helmholtz 코일을 사용하는데, 두 개의 Helmholtz 코일 중앙에서의 자기장 B 는 다음과 같이 주어진다.

$$B = \left(\frac{4}{5}\right)^{3/2} \frac{\mu_0 NI}{R} \quad (6)$$

여기서 N 은 코일의 감긴 횟수, R 은 코일의 반지름, μ_0 는 진공에서의 투자율 ($4\pi \times 10^{-7} \text{N/A}^2$), I 는 코일에 흐르는 전류이다. 따라서, 자기장 B 와 회전반지름 r 을 계산하면 전자의 질량과 전하의 비 e/m 를 구할 수 있다.

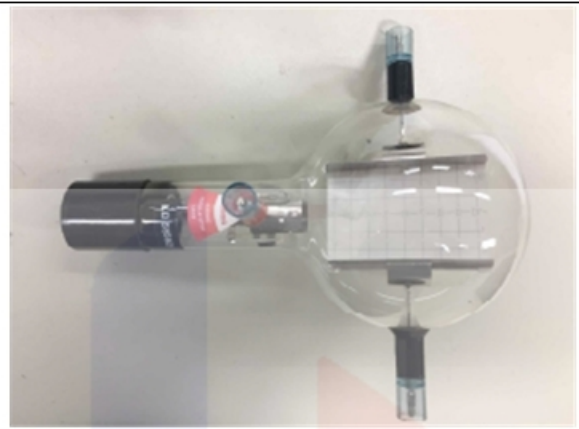
3. 실험장치 및 기구

(1) Electron Beam Deflection System, Electron Deflection Tube, Helmholtz 코일, 고전압원장치

(2) 전원장치, 스크린



Electron Beam Deflection System



Electron Deflection Tube



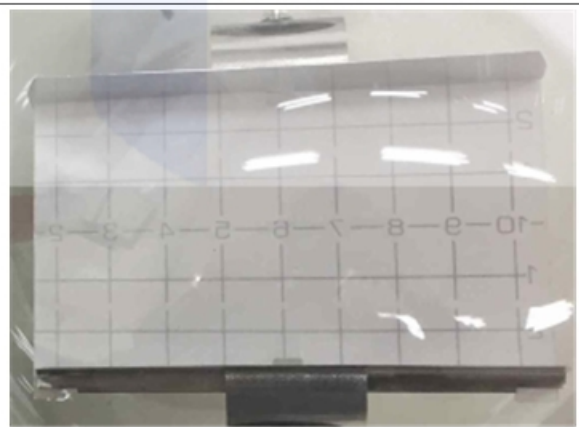
Helmholtz 코일



고전압원장치



전원장치



스크린

4. 실험방법

(1) Electron Deflection Tube, Electron Beam Deflection System, Helmholtz 코일, 고전압전원 장치, 직류전원장치를 사용하여 [그림 3]과 [그림 4]와 같이 실험장치를 연결한다.

- Tube의 뒷면 (-)단자에 고전압전원장치의 AC (-)단자, DC (-)단자, 접지선을 연결한다.
- Tube의 뒷면 (+)단자에 고전압전원장치의 AC (+)단자를 연결한다.
- Tube 기둥 측면에 있는 부분에 고전압전원장치의 DC (+)단자를 연결한다.
- 고전압전원장치의 전원을 켜기 전에 조교에게 연결상태를 확인 받은 후에 실험을 진행한다.

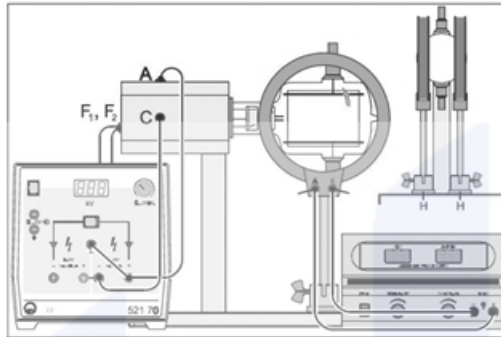


그림 3 실험장치도면



그림 4 Electron Bea Deflection System 설치

(2) 출력을 최저로 놓고 고전압전원장치의 전원을 켜고, 전압(V)을 2kV로 올려 [그림 5]와 같이 Electron Deflection Tube 내에 전자가 방출되는지 확인한다.

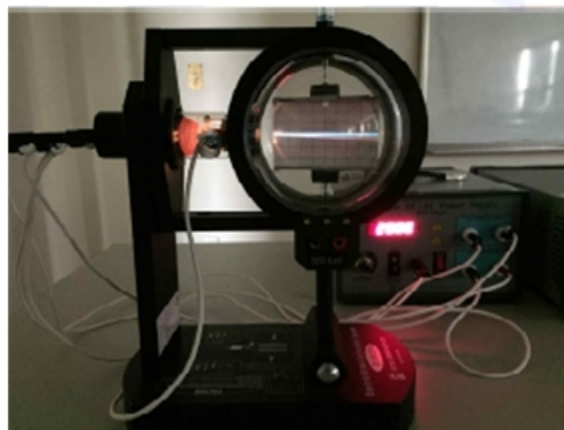


그림 5 Electron Beam Emission

(3) 전원장치를 사용하여 헬름홀츠 코일에 전류를 흘려 [그림 6]과 같이 Electron Deflection Tube 내에 방출된 전자의 경로가 휘어짐을 확인한다.

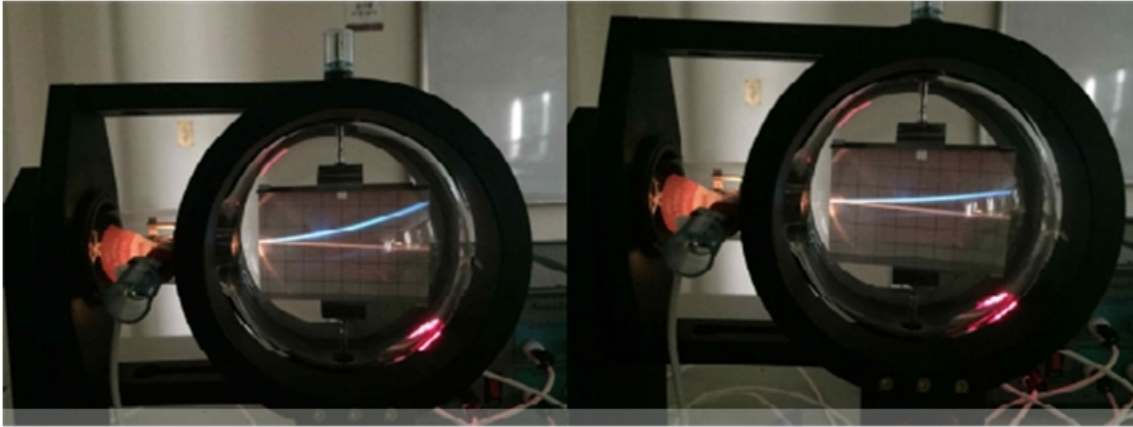


그림 6 Electron Beam Deflection

(4) 직류전원장치를 조절하여, Electron Deflection Tube 내에 있는 스크린 좌표계에서 전자 경로의 Y 지점이 1이고, X 지점의 좌표가 10, 9, 8, 7, 6이 될 때의 헬름홀츠 코일에 흐르는 직류 전류를 측정한다.

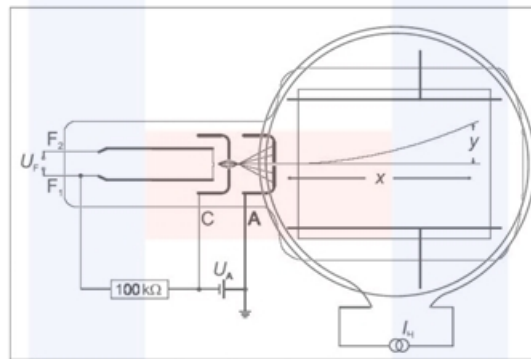


그림 7 좌표계

(5) 고전압전원장치의 전압(V)을 4kV와 6kV로 바꾸어 과정 (2)~(4)를 반복한다.