



57

실험

## 전자의 비전하 측정

### 1. 실험 목적

전자와 전하의 질량의 비를 측정한다.

### 2. 기 구

전자선속발생장치, 헬름홀츠코일, 전원, 전류계, 전압계

### 3. 이론 및 원리

가열된 필라멘트 음극에 의해서 방출된 전자는 양극에 가해진 전위차에 의해 가속되고, 전자의 초기 운동에너지를 갖는다. 양극에 있는 작은 구멍을 통하여 나가면 전자는 로렌츠 힘을 받아 원운동을 한다.

이 실험기구의 관 내부에는 저압의 수은이 들어 있어서 전자가 수은과 충돌하여 수은을 여기시킨다. 여기된 수은에서 나오는 형광에 의하여 전자의 궤도를 결정할 수 있다. 전하량이  $e$ 인 전자가 전위차  $V$ 인 곳에서 가속될 때 얻는 에너지는  $E=eV$ 이므로 전자의 질량을  $m$ 이라고 할 때 전자의 속도는 다음과 같이 주어진다.

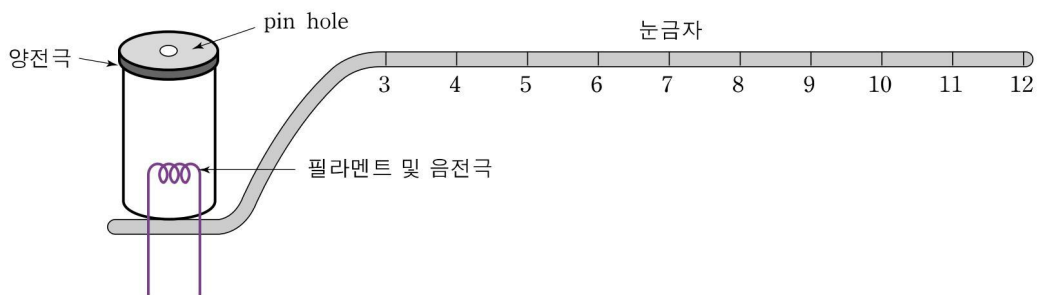
$$v = \sqrt{\frac{2E}{m}} = \sqrt{\frac{2eV}{m}} \quad (1)$$

자기장 속에서 운동하는 전자가 받는 힘은

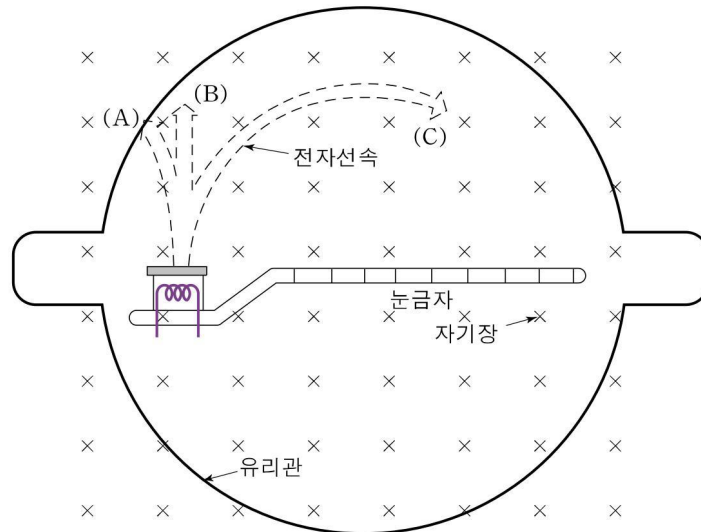
$$F = -ev \times B \quad (2)$$

이고,  $v$ 는 전자의 속도,  $B$ 는 자기장의 세기이다. 이 힘은 전자를 원운동하게 한다. 따라서 전자의 구심력과 같게 된다. 즉

$$F = mv^2/r = evB \quad (3)$$



■그림 1■ 전자가속장치와 눈금자



- (A) : 헬름홀츠 코일의 전류를 차단했을 때의 전자선속(직진 교정 전)
- (B) : 헬름홀츠 코일의 전류  $I_0$ 에 의한 전자선속(직전 교정 후)
- (C) : 헬름홀츠 코일의 자기장에 의한 전자선속

■그림 2■  $e/m$  측정관의 구조

식 (1)과 식 (3)으로부터

$$\frac{e}{m} = \frac{2V}{B^2 r^2} \quad (4)$$

위 식에서  $r$ 은 전자선속의 반경,  $V$ 는 전자의 가속전압,  $B$ 는 헬름홀츠코일에 의해 생성되는 자기장의 크기를 의미한다.

헬름홀츠 코일에 의해 코일과 수평한 면에 균일한 자기장이 생기고 크기는 식(5)와 같다.

$$B = \frac{\mu_0 IN R^2}{2(R^2 + x^2)^{3/2}} \quad (5)$$

위 식에서  $\mu_0$ 는 진공에서의 투자율(  $4\pi \cdot 10^{-7}$  [H/m]),  $N$ 은 코일을 감은 총 횟수(  $N=260$ ),  $I$ 는 코일에 흐르는 전류,  $R$ 은 코일의 반경(  $R=300$ mm),  $x$ 는 코일로 부터 떨어진 거리이다.

실험기구의 특성상 전자는 양쪽 코일 사이의 중간 위치에서 원운동한다.

#### 4. 실험 방법

- 1) 이 실험기구는 필라멘트 전원, 전자가속전원 및 헬름홀츠 코일 전원으로 구성되어 있다.
- 2) 필라멘트에 6.3[VAC] 전원을 가한다. 필라멘트를 2~3분 예열한다.
- 3) 전자 가속전압을 0[V]에서 서서히 증가시켜 가속전압이 150[V]가 되게 한다.  
기기의 특성상 100V이상에서 전압이 급격히 증가함으로 주의하여 전압을 증가시킨다.
- 4) 필라멘트가 달구어지면 양전극의 작은 구멍을 통과하는 전자선속이 관찰된다. 양전극에 흐르는 전류는 5~10[mA]가 되게 실험기구를 조절한다.
- 5) 헬름홀츠 코일의 전원에서 전류조정나사를 돌려 전류를 변화시키면서 전자선속의 변화를 관찰한다.
- 6) 헬름홀츠 코일에 흐르는 전류를 차단시켰을 때 전자선속이 직선으로 진행하는지를 관찰한다.  
만일 직선으로 진행하지 않을 경우에는 코일에 흐르는 전류를 변화시켜 전자선속이 직선으로 진행하게 하고 이때 코일에 흐르는 전류  $I_0$ 를 기록한다.

- 7) 헬름홀츠 코일의 전류를 증가시키면서 전류 ( $I'-I_0$ )에 따른 자기전속의 반경 ( $r$ )을 측정한다. 5번 이상 전류의 크기를 바꿔가며 측정한다.  
코일의 전류를 조절하면 가속전압이 변화할 수 있으므로 전압을 유지하며 실험을 진행한다.
- 8) 가속전압을 200V로 변화시켜 과정 6), 7)을 반복해서 측정한다.
- 9) 측정값으로부터 식 (4), 식 (5)를 이용하여  $e/m$ 를 구하고,  
 $e/m=1.76 \times 10^{11} \text{ [C/kg]}$  과 비교한다.

## 57. 전자의 비전하 측정

Report

학과: 학번: 이름:  
실험일: 실험조: 제출일:

### 1. 측정치

1) 코일의 반경( $R$ ) : [m], 코일의 간격( $2x$ ) : [m],

감은 회수( $N$ ) :

2) 가속전압 : 150[V],  $I_0 =$  [A]

눈금	반 경( $r$ )	$I'$	$I = I' - I_0$	$B$	$e/m$
11					
10					
9					
8					
7					
6					

3) 가속전압 : 200[V],  $I_0 =$  [A]

눈금	반 경( $r$ )	$I'$	$I = I' - I_0$	$B$	$e/m$
11					
10					
9					
8					
7					
6					

## 2. 계산 및 결론