

일반물리실험 보고서

대학	실험일자:	년	월	일
학부(과)	실험실:			
실험조:	조	실험자:		
담당교수:	학번:			
담당조교:	공동실험자:			

전자의 비전하(e/m) 측정

1. 목적

전자의 전하량과 질량의 비를 측정해 봄으로써 자기장의 세기에 따른 전자 운동을 관찰하여 자기장 내에서 전자의 운동을 이해한다.

2. 기구

헬름홀츠 코일이 장착된 전자 가속 장치, 전원공급장치, 멀티 테스터, 전선

3. 이론

1) 비전하(e/m)

전자의 질량($m = 9.10938215 \times 10^{-31}$ kg)은 너무 작은 물리량으로 측정이 불가능하여 전자의 전하량을 전자의 질량으로 나눈 값을 비전하(e/m)라고 하고 그 값은 $1.758820150 \times 10^{11}$ C/kg이 되고 기본상수로 사용된다.

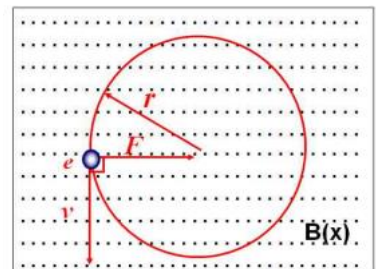
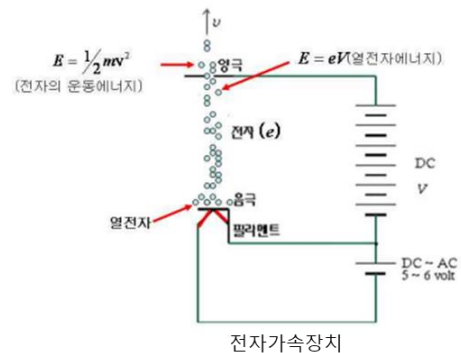
2) 실험식 유도

- ① 전자의 운동에너지는 퍼텐셜 에너지와 같다.

$$E = \frac{1}{2}mv^2 = eV \quad \rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{2eV}{m}}$$

- ② 자기장 내에서 등속원운동에 의한 구심력은 자기력과 같다.

$$F = \frac{mv^2}{r} = evB \quad \rightarrow \quad r = \frac{mv}{eB}$$



자기장 내에서 전자의 운동

③ 헬름홀츠 코일에 의하여 균일한 자기장이 생성되며 그 크기는 다음과 같다.

$$B = k I$$

$$k = \mu_0 \times \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \times \frac{n}{R} = 7.793 \times 10^{-4} \text{ H/m}^2$$

$$\left\{ \begin{array}{l} R = \text{코일의 반지름}(0.1500m) \\ n = \text{코일의 감은 횟수}(130\text{회}) \\ \mu_0 = \text{진공에서의 투자율} = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m} \\ I = \text{코일에 흐르는 전류} \end{array} \right.$$

④ ①식을 ②식에 대입하면, 이번 실험에서 사용되는 비전하(e/m)식이 다음과 같이 구해진다.

$$\frac{e}{m} = \frac{2V}{B^2 r^2}$$

4. 측정값

4.1. 가속전압 V 를 변화시켰을 때

4.1.1. 전자의 회전반경 $r = 0.040m$ 로 일정하게 유지하는 코일 전류 I 측정

4.1.2. 코일에 흐르는 전류가 $I = 1.3A$ 로 일정할 때 전자의 회전 반지름 r 측정

V (V)	$r = 0.040 \text{ m}$	$I = 1.3 \text{ A}$
	$I (A)$	$r (m)$
300		
280		
260		
240		
220		

4.2. 가속전압이 $V = 240V$ 로 일정할 때 코일에 흐르는 전류에 따른 전자의 회전 반경

I (A)	$V = 240V$
	$r (m)$
1.70	
1.65	
1.60	
1.55	
1.50	

5. 계산

5.1. 전자의 회전반경이 일정할 때 전자의 가속전압 V 와 코일 전류 I 로부터 비전하(e/m)

r (m)	V (V)	I (A)	B (T)	e/m ($\times 10^{11}$ C/kg)
0.040	300			
	280			
	260			
	240			
	220			
평균				
표준편차(S)				
표준편차(σ)				
표준오차(σ_m)				
확률오차(ϵ_m)				

※ 1. 자기장(B)와 비전하(e/m)는 소수점 이하 3째자리까지 표시하세요.

2. 표준편차 $S = \sqrt{\frac{\sum e_i^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - t)^2}{n}}$ (여기서 t 는 비전하(e/m) 1.759×10^{11} C/kg 입니다)

3. 표준편차 $\sigma = \sqrt{\frac{\sum \rho_i^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$, $\sigma_m = \sqrt{\frac{\sum \rho_i^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$, $\epsilon_m = 0.6745 \sigma_m$

5.2. 코일에 흐르는 전류가 일정할 때 전자의 가속전압 V 와 회전 반경 r 로부터 비전하(e/m)

I (A)	B (T)	V (V)	r (m)	e/m ($\times 10^{11}$ C/kg)
1.300		300		
		280		
		260		
		240		
		220		
평균				
표준편차(S)				
표준편차(σ)				
표준오차(σ_m)				
확률오차(ϵ_m)				

5.3. 전자의 가속전압이 일정할 때 코일에 흐르는 전류 I 와 전자의 회전 반경 r 로부터 비전하(e/m)

V (V)	I (A)	B (T)	r (m)	e/m ($\times 10^{11}$ C/kg)
240	1.700			
	1.650			
	1.600			
	1.550			
	1.500			
평균				
표준편차(S)				
표준편차(σ)				
표준오차(σ_m)				
확률오차(ϵ_m)				

6. 실험 결과

6.1. 실험방법에 따라 다음과 같은 비전하 값을 구할 수 있었다. (단위: $\times 10^{11}$ C/kg)

No.	실험방법	비전하 (e/m)	표준편차(S)
1	전자의 회전반경 일정	\pm	
2	코일의 전류 일정	\pm	
3	전자의 가속전압 일정	\pm	

7. 토의 및 검토

8. 결론