



T.C.  
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ

## FEN EDEBİYAT FAKÜLTESİ

### Fizik Bölümü

#### Modern Fizik Laboratuvarı

## THOMSON TÜPÜ VE E/M ORANI TAYİNİ

### 5.DENEY

## 1 Deneyin Amacı:

Elektrik ve manyetik alanlar ile elektronların sapmasının araştırılması, katot ışınlarının yük bölü kütle oranının hesaplanması, katot ışınlarının elektrik yükü taşıyan atom altı parçacıklardan oluştuğunun anlaşılması ve elektronun yükünün tahmin edilmesi.

## 2 Teorik Bilgi:

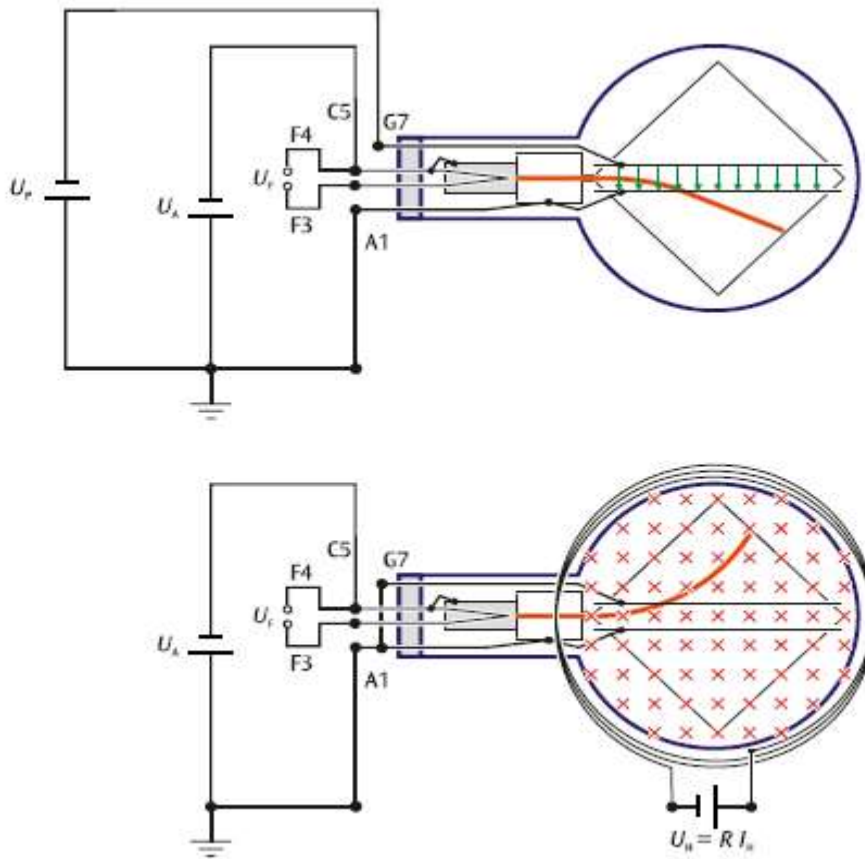
$e/m$  deneyi, ilk keşfedilen atom altı parçacık olan elektronun yükünün kütlesine oranının hesaplanmasını sağlamaktadır. Deneyin sonucunda bu oran bilinen en küçük atom olan Hidrojen atomu iyonunun yükünün kütlesine oranı ile karşılaştırılarak katot ışını parçacıklarının yani elektronların gerçekten de atom altı parçacıklar olduğu kanıtlanacaktır.

### 2.1 Katot Işınları

Katot ışınlarının dolayısıyla bunları oluşturan *elektronların* doğasının anlaşılmasına ilişkin araştırmaların tarihçesi on dokuzuncu yüzyılın başlarına dayanmaktadır. Bu tarihlerde içine metal elektrotlar yerleştirilmiş ve havası boşaltıldıktan sonra düşük basınçlı bir gaz(hidrojen, karbondioksit, vb.) ile doldurulmuş cam tüplerde elektrotlar arasında yeterince yüksek bir potansiyel farkı oluşturulduğunda şimşek parıltısına benzeyen parıltıların oluştuğu keşfedilmiştir. Daha sonraları, bu parıltıların eksi yüklü elektrot olan katottan kopan yüklü parçacıklardan kaynaklandığı anlaşılmış ve bu parlamalara *katot ışınları* adı verilmiştir. Bu ışınlar hakkında o tarihlerde bilinenler şöyledir: Bu ışınlar katottan kaynaklandığından eksi yüklü elektrik taşımaktadır; düz doğrular halinde yayılırlar; elektrik alandan etkilenirler; magnetik alan içinde çembersel yörünge izlerler; ince metallere geçebilirler fakat kalın metaller tarafından durdurulurlar.

## 2.2 Thomson Tüpü

Thomson tüpündeki elektronlar anot arkasına yerleştirilen bir yarıktan geçerler ve flüoresan ekrana çarpar. Yarık arkasına bir levha kondansatör yerleştirilir ve böylece levhalar arasındaki elektrik alan dikey bir düzlemde ışını saptırabilir. Helmholtz bobinleri ek bir manyetik alan sağlayarak ışının yönüne dik bir düzlemde tüp içinde manyetik alan oluşturabilir. Bu aynı zamanda ışını bir dikey düzlemde yansıtır.



**Şekil.1** Elektrik alan (üst) ve manyetik alan (alt) ile elektronların sapmaları gösteren Thomson tüpünün şematik gösterimi

## 2.3 Yüklü bir parçacığın düzgün bir elektromagnetik alandaki hareketi

$v$  hızı ile hareket eden elektrik yükü  $q$  olan bir parçacık elektrik alanı  $\mathbf{E}$  ve magnetik alanı  $\mathbf{B}$  ile verilen düzgün bir elektromagnetik alanda hareket ediyorsa, bu parçacığa etki eden elektromagnetik kuvvet Lorentz kuvveti ile ifade edilir.

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

Denklem (1), MKS birim sisteminde ifade edilmiştir. Hem elektrik alan hem de manyetik alan aynı anda birbirine zıt yönde uygulanıp parçacıklar üzerine etki eden net kuvvet sıfır yapılırsa

$$q\vec{E} = q\vec{v} \times \vec{B} \quad (2)$$

eşitliği sağlanır.

E elektrik alanındaki bir elektron manyetik alan yok iken,

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} = \frac{e\vec{E}}{m} \quad (3)$$

ivmesini kazanır. Kütle çekim kuvveti bu durumda ihmal edilebilir olduğundan E elektrik alanı içindeki bir elektronun y yönündeki sapma miktarı

$$y = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}\left(\frac{e\vec{E}}{m}\right)t^2 \quad (4)$$

olacaktır. Eğer elektronların  $v_x$  hızı ile  $l$  kadar yol aldığı düşünülürse,  $t = \frac{l}{v_x}$ ,

$$y = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}\left(\frac{e\vec{E}}{m}\right)\left(\frac{l}{v_x}\right)^2 \quad (5)$$

olur.

Elektronlar üzerine etki eden net kuvvet sıfır ise (2) ve (5) bağıntılarından

$$\frac{e}{m} = \frac{2yE}{B^2l^2} \quad (6)$$

elde edilir. Thomson'un bulduğu değer  $1,7 \times 10^{11}$  coulomb/kg' dır. Bugün gelişmiş tekniklerle yapılan deneyler  $e/m$  için  $1,7588047 \times 10^{11}$  coulomb/kg değerini vermektedir.

Bu deneyde  $e/m$  oranı, düzgün bir manyetik alana belirli bir hızla giren elektronun yaptığı dairesel hareketten yararlanılarak bulunacaktır.  $v$  hızı ile  $\mathbf{B}$  düzgün manyetik alanına giren bir elektrona etki eden kuvvet

$$\vec{F} = e\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B} \quad (7)$$

dir. Eğer  $v \perp \mathbf{B}$  ise parçacığa etki eden kuvvetin büyüklüğü

$$F = evB \sin 90 \text{ veya } F = evB \quad (8)$$

ile bulunabilir. Bu kuvvet daima hız vektörüne dik olduğundan parçacığa parabol biçimli bir yörünge izlettirir. Bu parabolü yaklaşık daire kabul edersek bu durumda manyetik kuvvet ve merkezci ivmenin eşitlenmesi ile

$$m \frac{v^2}{r} = evB \quad (9)$$

elde edilir.  $V_a$  potansiyeli altında hızlandırılan bir parçacığın kazandığı kinetik enerji

$$eV_a = \frac{1}{2} mv^2 \quad (10)$$

kadardır. (9) ve (10) bağıntıları birleştirilirse

$$\frac{e}{m} = \frac{2}{r^2} \frac{V_H}{B^2} \quad (11)$$

bulunur. Kullanılan deney düzeneğinde manyetik alan Helmholtz bobinleri ile sağlanmaktadır. Helmholtz bobinlerinin aralarındaki uzaklık ve bobinlerinin yarıçapları eşittir. Merkezdeki manyetik alan

$$B = \frac{32\pi N I_B}{\sqrt{125} r_B} \times 10^{-7} \text{ weber/m}^2 \quad (12)$$

ifadesi ile verilmektedir. Deneyde kullanılacak bobinler için  $N=320$  sarım ve  $r_B=0.068$  m' dir. Bu denklemden yararlanılarak bobinlerden geçen akım biliniyorsa merkezde oluşan manyetik alanın büyüklüğü bulunabilmektedir.

## 2.4 Deneyin Yapılışı

### 2.4.1 Deney A:

Bu kısımda elektronlara sadece manyetik alan uygulayarak  $e/m$  değeri bulunacaktır.

1. Deney düzeneğini öncelikle tüm düğmeler sıfır konumunda iken çalıştırınız.
2. Daha sonra  $V_a$  anot potansiyelini 2000V' a ve  $I_B$  bobin akımını değiştirerek elektron demetinin yolunu bir köşegenden geçecek şekilde ayarlayınız.
3. Gözlediğiniz bu eğrinin yarıçapını bulabilmek için  $x$  ve  $y$  sapmalarını okuyunuz. Tabloda verilen her bir voltaj için aynı işlemi tekrarlayınız.
4. (13) bağıntısından faydalanarak her bir değer için eğrilik yarıçapını bulunuz.

$$r = \frac{x^2 + y^2}{2y} \quad (13)$$

5. Bu değerler yardımı ile önce Denklem 12' den  $B$  değerini, daha sonra elektronların hızlarını ve  $e/m$  değerini hesaplayınız.

**Tablo 1.** Sadece manyetik kuvvetten yararlanarak  $e/m$  oranının tayini

Veriler				Hesaplamalar			
$V_a$ (Volt)	$I_B$ (Amper)	$x$ (cm)	$y$ (cm)	$r$ (cm)	$B$ (Wb/m <sup>2</sup> )	$v_e$ (m/sn)	$e/m$ (c/kg)
2000							
2500							
3000							

### 2.4.2 Deney B:

Bu kez elektron demetine birbirine eşit fakat zıt yönlü hem manyetik hem de elektrik kuvvet uygulanarak elektronların hızları bulunacaktır. Bunu yapmak için plakalar arasına bir  $V_p$  voltajı uygulayarak

$$E = \frac{V_p}{d} \quad (14)$$

şiddetinde plakalar arasında bir elektrik alan oluşturulur. Bu elektrik alan elektronlara

$$F_{el} = eE \quad (15)$$

şiddetinde bir elektrik kuvvet uygular. Eğer elektrik ve manyetik kuvveti ( $F_{man} = evB$ ) eşitlersek

$$v = e / B \quad (16)$$

elektronların hızını bulabiliriz.

Deneyin A kısmından manyetik kuvvetin  $-y$  yönünde olduğunu hatırlanırsa uygulanması gereken elektrik kuvvetinde  $+y$  yönünde olması gerektiği anlaşılır.

1. Anot voltajını ve bobin akımını Tablo 1' deki değerlere ayarlayınız.
2. Elektron demetini düz bir çizgi haline getirmek için, plakalar arasındaki  $V_p$  potansiyelini ayarlayarak bu değeri Tablo 2' ye kaydediniz.

**Tablo 2.** Elektrik ve manyetik kuvveti birlikte uygulayarak  $e/m$  oranı tayini

Va (Volt)	Veriler		Hesaplamalar	
	$I_B$ (Amper)	$V_p$ (Volt)	E (N/c)	$v_e$ (m/sn)
2000				
2500				
3000				

3. Bu verilerden yararlanarak önce Denklem 5.14' den  $E'$  yi, sonrada Denklem 5.16' dan elektronların ve hızlarını bulunuz.
4. Burada bulunan hız değerleri ile A kısmında bulunan değerleri karşılaştırınız.

### Sorular

- 1-)Elektriksel alan ve manyetik alan tanımlarını yazınız.
- 2-)Elektriksel alan uygulanan levhaların boyu uzun olursa ne olur? Açıklayınız
- 3-)Denklem (5.11) bağıntısını elde ediniz.
- 4-)Bir elektron  $10^8$  m/s hızla  $0,4$  w/m<sup>2</sup> lik bir manyetik alana girerse çizeceği dairenin yarıçapı nedir? Elektron manyetik alanda niçin dairesel bir yörüngede dolandır? ( $e/m=1,75$  c/kg)
- 5-) Denklem (5.12) bağıntısını elde ediniz.