

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN EDEBİYAT FAKÜLTESİ FİZİK BÖLÜMÜ**  
**(FİZ1002) FİZİK 2 LABORATUVARI DENEY ÇEVİRİMİ**

202... - 202... Eğitim-Öğretim Yılı Bahar Dönemi

Ad-Soyad :

Öğrenci No :

Bölüm :

Grup No :

**Deney 1-** Yükler ve Alanlar

**Deney 2-** Kondansatörün Yüklenmesi  
ve Boşaltılması

**Deney 3-** Ohm ve Kirchhoff Yasaları

**Deney 4-** Akım Taşıyan İletkene  
Etkiyen Manyetik Kuvvet

**Deney 5-** Yüklü Parçacıkların Elektrik ve  
Manyetik Alandaki Hareketinin İncelenmesi  
ve  $e/m_e$  Oranının Belirlenmesi

# DENEY 1

## Yükler ve Alanlar

### Amaç

İletken cisimleri yüklemek, yüklü cisimlerin birbirine uyguladığı kuvveti ölçmek, Coulomb Yasası'nı gözlemlemek.

### Araç ve Gereçler

Kurşun kalem, silgi, hesap makinesi

### 1.Bilgi

Kehribar (soyu tükenmiş bir çam ağacının taşlaşmış sakızı) yünlü bir kumaşa sürtüldüğü zaman hafif cisimleri çekme özelliği kazanır. Bu özelliğe eski Yunanca'da elektrik denilmiştir. Bu gün elektrik yüklerinin yol açtığı tüm olayları anlatmak için aynı sözcüğü kullanmaktayız. Cisimler sürtünme ile yüklenebilir. Cisimleri dokunma (iletim) ve etki (indüksiyon) ile de yüklemek mümkündür. Bunun için elde yüklü bir cismin bulunması gerekir. Doğada iki tür yük vardır; pozitif yük (proton) ve negatif yük (elektron). Aynı cins yükler birbirini iter, farklı cins yükler birbirini çeker. Yüklü bir cisim yüksüz bir cismi çekebilir. Cisimler atomlardan oluşur. Atomun elektron ve proton sayıları eşit ise atom nötrdür. Bir atomun elektron sayısı proton sayısından daha fazla ise net yükü negatif, proton sayısı elektron sayısından fazla ise net yükü pozitifdir. Bir cam çubuk ipek beze sürtüldüğü zaman elektron kaybederek pozitif yük kazanır, ipek bez ise eşit miktarda elektron kazanarak negatif yüklenir. Sürtünme sürecinde sistemin net yükü değişmez. Buna **yük korunumu yasası** denir: Yük korunumu yasası, enerji korunumu yasasına benzer. Doğada bulunan en küçük yük elektronun (veya protonun) yüküdür. Bütün net yükler en küçük yük olan  $e$  elektron yükünün  $N$  tam sayı katıdır, yani yük kuantizedir.

$$Q = Ne \quad (1)$$

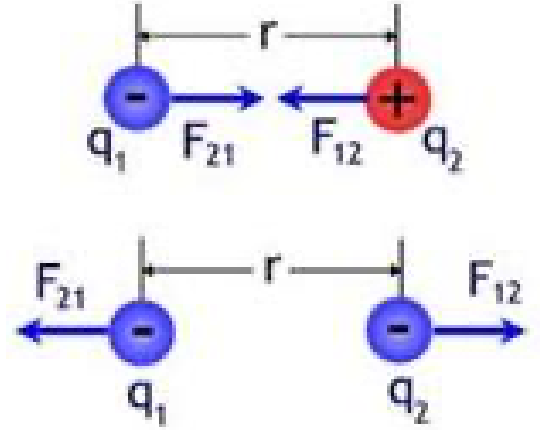
Elektrik yükü, kütle gibi, maddenin temel bir özelliğidir.

### Coulomb Yasası

Yükler karşılıklı olarak birbirlerine elektriksel kuvvet uygular. Coulomb, bu elektriksel kuvvetin yüklerin çarpımı ile doğru orantılı, yükler arasındaki uzaklığın karesi ile ters orantılı olduğunu bulmuştur ve elektrik kuvvetini aşağıdaki şekilde ifade etmiştir.

$$\vec{F}_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r} \quad (2)$$

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \quad (3)$$



$$k = 8.98 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}, \quad \epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{Nm}^2} \quad (4)$$

Bu eşitlikte  $k$  orantı sabiti,  $\epsilon_0$  serbest uzayın geçirgenliğidir. Kuvvet vektörünün doğrultusu, yükleri birleştiren doğru boyuncadır.

Coulomb yasası durgun, **noktasal yüklü cisimler** için geçerlidir. Aralarındaki mesafe yarıçapları toplamından daha büyük olan küresel yüklü cisimler için de kullanılabilir. Herhangi bir yük dağılımı için doğrudan kullanılamaz. Bununla birlikte **üst üste binme (süperpozisyon) ilkesi** kullanılarak bu tip dağılımlar çok sayıda noktasal yükten oluşan sistemlere benzetilerek çözümlenebilir.

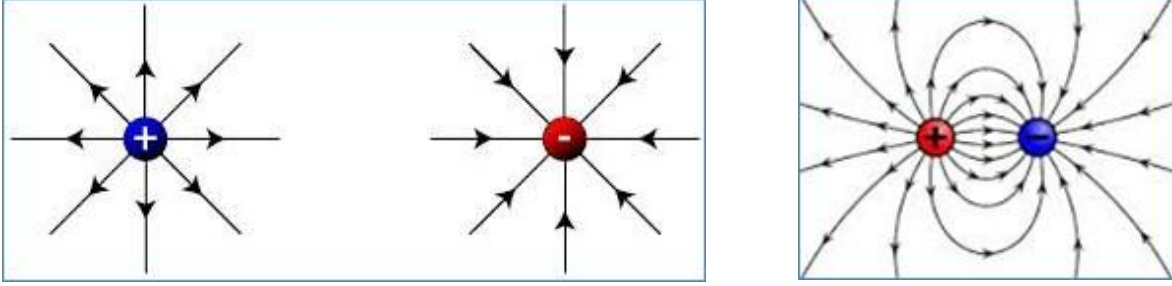
### Elektrik Alanı

Yükler elektriksel kuvveti birbirleri üzerine alan vasıtasıyla etki ettirirler. Skaler ve vektörel alan kavramı, fizikğin her alanında kullanılır. Vektörel alanın bir doğrultusu ve büyüklüğü vardır. Elektrik alanı vektörel alanın bir örneğidir.

Elektrik alanı, alan içinde bulunan biriken Coulomb kuvvetinin, test yüküne oranı olarak tanımlanır.

Test yükünün alanı etkilemeyecek kadar küçük olduğu varsayılır. Test yükü alanın varlığı ile ilgili değil sadece alanın büyüklük ve doğrultusunu tayin etmek için kullanılan bir araçtır. Elektrik alanı uzayın her noktasında (yükün bulunduğu nokta hariç) tanımlıdır.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{\text{test}}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_{\text{source}}}{r^2} \hat{r} \quad (5)$$

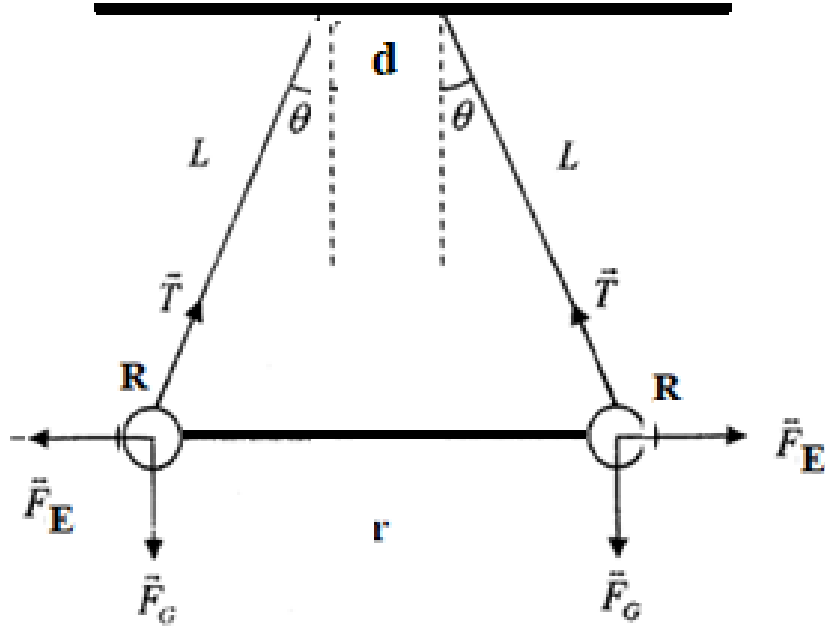


Elektrik alanını, elektrik alan çizgileriyle gösteririz. Elektrik alan vektörü alan çizgilerine teğettir. Çizgiler pozitif yükten başlar, negatif yükte biter ve alan çizgileri kesişmezler. Elektrik alanın şiddeti çizgilere dik birim yüzeyden geçen çizgi sayısı ile orantılıdır.

**\*\*ÖNEMLİ NOT: YÜKSEK GERİLİM KAYNAĞI KULLANILDIĞINDAN DİKKATLİ ÇALIŞILMALIDIR.\*\***

## 2. Deney

1. Deney düzeneği öğrenciye tanıtılır.



Şekil 1

Deney düzeneği bir çubuğa aynı uzunlukta iletken bir tel ile asılan, yarıçapı ve kütlesi aynı olan iki metal küreden oluşmaktadır. Küreler birbiri ile temas edecek şekilde

asıldığında teller arasındaki mesafe  $d$  kadar olmaktadır.

2. Milimetrik cetvel tepegöze yerleştirilir ve kürelerin merkezleri arasındaki mesafe okunur.
3. Kürelerin yarıçapları 0.6 cm olarak bilindiğinden okunan mesafe ile kürelerin yarıçaplarının toplamından orantı sabiti

$$\text{orantı sabiti ( birimsiz )} = \frac{1.2 \text{ cm}}{\text{okunan mesafe (cm)}} \quad (6)$$

Böylece deney boyunca cetveldен okunan uzaklık orantı sabiti ile çarpılarak gerçek mesafe hesaplanabilir.

4. Yüksek gerilim kaynağı açılır ve değeri yavaşça sürekli olarak artırılarak 9000V değerine kadar yükseltilerek kürelerin yüklenmesi sağlanır.
5. Aynı yükle yüklenen küreler açılır. Denge durumuna gelene kadar beklenir.
6. Kürelerin kütlesi, yarıçapı, ipin uzunluğu, uygulanan potansiyel farkı Tablo 1’de yazılıdır. Orantı sabiti Tablo 1’e yazılır.
7. Açılan küreler hareketsiz duruma geldiğinde ekrandaki cetvel yardımı ile kürelerin merkezleri arasındaki mesafe okunur. Orantı sabiti ile çarpılarak gerçek uzaklık hesaplanır ve  $r$  değeri olarak tabloya yazılır.
8. Gerçek uzaklık  $r$  değerini kullanarak yukardaki Şekil 1’den

$$r = 2(L) \sin(\theta) + d$$

yazılabileceği görülmektedir. Bu denklemden yararlanarak  $\theta$  açısı hesaplanır.

9. Şekil 1’ den yararlanarak deneysel elektriksel kuvvet

$$F_E = mg \tan(\theta)$$

ifadesinden hesaplanır.

10. Küreler üzerindeki yük miktarı

$$V(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{R}$$

Potansiyel ifadesinden yararlanılarak bulunur. Sonuçlar Tablo 2’ye işlenir. Teorik elektriksel kuvvet Coulomb Yasası’ndan yararlanılarak bulunur.

11. Küreler arası mesafe  $d$  değiştirilerek aynı işlemler yapılır. Küreler üzerindeki yük miktarı ve elektriksel kuvvet bulunur. Sonuçlar Tablo 2'ye işlenir.

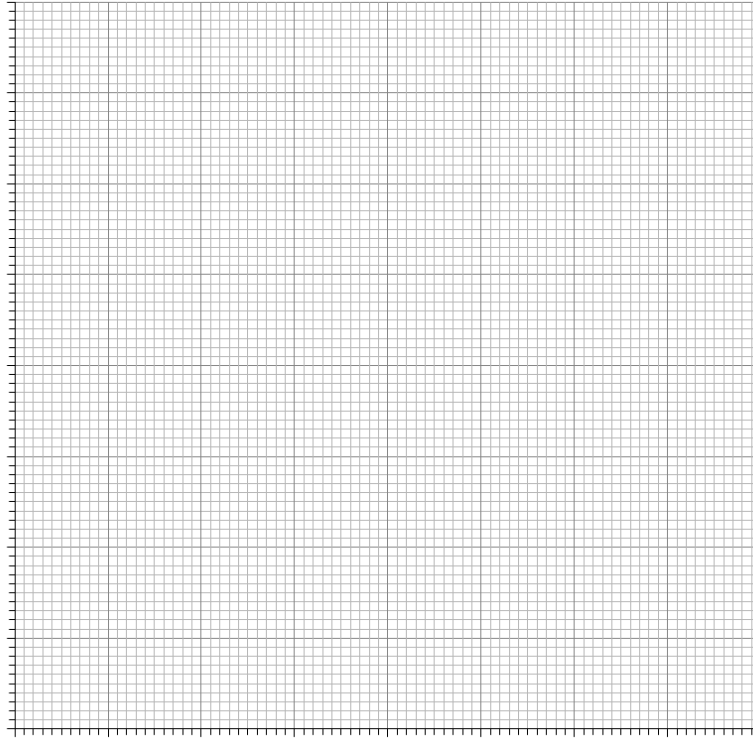
12. Hesaplanan  $Q$  yük değeri doğada bulunan en küçük yük değeri olan elektronun yüküne ( $1.6 \times 10^{-19}\text{C}$ ) bölünerek kürelerde biriken yük sayısı hesaplanır.

**Tablo 1**

| R (m) | m (kg) | $I$ (m) | $d_{\text{ölçülen}}(mm)$ | $d$ (m) | $r_{\text{ölçülen}}(mm)$ | $r$ (m) | $\frac{1}{r^2}$ | 0 | $F_E$ (N) |
|-------|--------|---------|--------------------------|---------|--------------------------|---------|-----------------|---|-----------|
| 0.006 | 0.0004 | 0.23    |                          |         |                          |         |                 |   |           |
|       |        |         |                          |         |                          |         |                 |   |           |
|       |        |         |                          |         |                          |         |                 |   |           |
|       |        |         |                          |         |                          |         |                 |   |           |
|       |        |         |                          |         |                          |         |                 |   |           |

| $r$ ( m ) | $Q(\text{C})$ | $V$ ( Volt ) |
|-----------|---------------|--------------|
|           |               |              |
|           |               |              |
|           |               |              |
|           |               |              |
|           |               |              |

13. Deneyden bulunan elektriksel kuvvet ile mesafe  $F_{\text{deneysel}} = f(r)$  grafiği çizilir.



# DENEY 2

## Kondansatörün Yüklenmesi ve Boşaltılması

### Amaç

Bir kondansatörün sığasının ve direnç-kondansatör (RC) devresinin zaman sabitinin belirlenmesi.

### Araç ve Gereçler

Direnç, kondansatör, güç kaynağı, voltmetre, süre ölçer, grafik kağıdı.

### 1. Bilgi

Yük biriktirmeye yarayan düzeneklere **kondansatör** adı verilir. Genel olarak kondansatörler karşılıklı yerleştirilmiş iki iletken ve bunlar arasına yerleştirilmiş yalıtkan malzemeden oluşur. Yüklü iletken paralel plakalar arasındaki hacimde düzgün bir elektrik alan varılır ve bu hacimde elektriksel potansiyel enerji depolanır. Bir kondansatörün **sığası** (kapasitesi), kararlı durumda pozitif yüklü iletkende depolanan  $Q_0$  yük miktarının, iletkenler arasındaki  $V_o$  potansiyel farkına oranı olarak tanımlanır.

$$C = Q_0/V_0 \quad (1)$$

SI birim sisteminde, yük birimi Coulomb (C), potansiyel farkı birimi Volt (V) olmak üzere sığa birimine **Farad (F)** denir. Pratik uygulamalarda faradın ast katları olan  $\mu F$ , nF, pF kullanılır. Bir kondansatörün sığası iletkenlerin geometrisine ve aralarındaki yalıtkan malzemenin ( $\epsilon_0$ ) dielektrik sabitine bağlıdır. Örneğin paralel plakalı bir kondansatörün sığası,

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad (2)$$

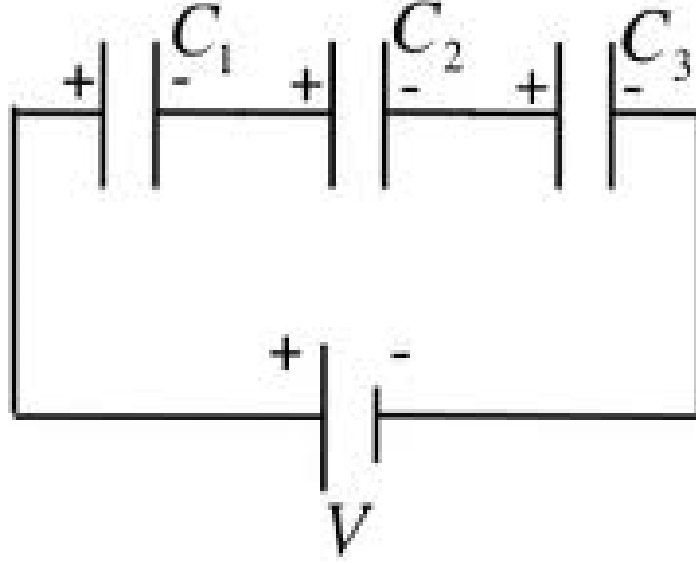
Bu denklemde,  $A$  plakaların alanı,  $d$  plakalar arası uzaklıktır. Kondansatör yüklenirken (şarj olurken) veya boşalırken (deşarj olurken) yük miktarı zamana bağlı olarak değişir. Herhangi bir  $t$  anında yük miktarı ve potansiyel farkı arasında

$$q(t) = C \cdot V(t) \quad (3)$$

bağıntısı vardır.

## Kondansatörlerin Seri ve Paralel Bağlanması

Şekil 1a'daki kondansatörler seri bağlanmıştır. Açık uçlar güç kaynağına bağlanırsa, bu plakalar doğrudan, diğer plakalar etkiyle yüklenir. Bu nedenle her kondansatörün levhaları üzerinde eşit miktarda negatif ve pozitif yük birikir.



Şekil 1a: Seri Bağlı Kondansatörler.

Kondansatörlerin uçları arasındaki potansiyel farklarının toplamı, üretici  $V_0$  potansiyel farkına eşittir. (  $V_0 = V_1 + V_2 + V_3 + \dots$  )

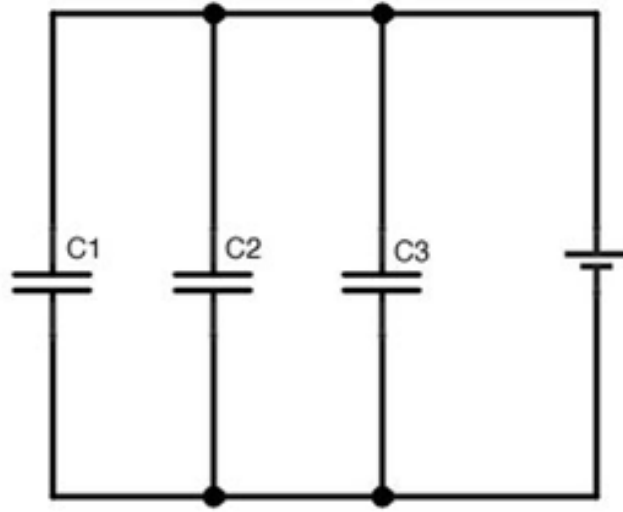
Bu kondansatörler yerine eşdeğer bir kondansatör konulabilir ve seri bağlı sistemin eşdeğer sığası  $C_{eş}$ ,

$$\frac{1}{C_{eş}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots = \sum_i \frac{1}{C_i} \quad (4)$$

ifadesiyle verilir. Seri bağlı kondansatörlerin eşdeğer sığası devreyi oluşturan bütün kondansatörlerin sığalarından küçüktür. Şekil 1b'deki kondansatörler paralel bağlıdır. Bu bağlantıda her kondansatörün yük miktarı farklıdır Her bir kondansatörün uçları arasındaki potansiyel farkına eşittir. (  $V_0 = V_1 = V_2 = V_3 = \dots$  )

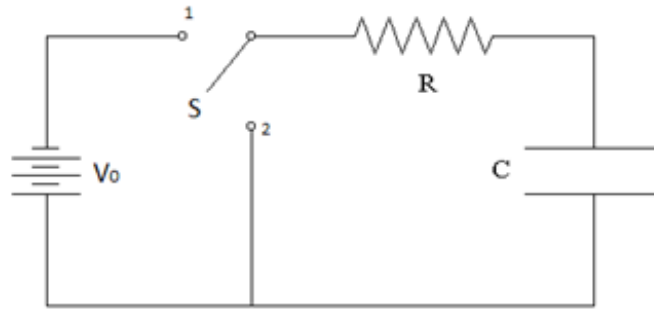
Paralel bağlı kondansatörlerde her bir kondansatörün sığasıyla orantılı farklı miktarda yük depolanır. Eşdeğer sığa, her bir kondansatör sığasının toplamına eşittir.

$$C_{eş} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots = \sum_i C_i \quad (5)$$



Şekil 1b: Paralel Bağlı Kondansatörler.

### Kondansatörün Bir Direnç Üzerinden Yükleneşi ve Boşalması



Şekil 1

RC devresi, Şekil 2’de gösterildiği gibi seri bağlanmış bir direnç, bir kondansatör ve bir güç kaynağından oluşur.  $S$  anahtarı 1 konumuna getirildiğinde güç kaynağı devreye bağlanır, zamanla değişen  $i(t)$  akımı devrede dolaşmaya başlar ve kondansatör yüklenir (**şarj durumu**).  $S$  anahtarı 2 konumuna getirildiğinde güç kaynağı devreden çıkar ve kondansatör direnç üzerinden boşalır (**deşarj durumu**). Anahtar 2 konumundayken kondansatörün uçları arasındaki potansiyel farkı (gerilimi) zamanla değişir.

## RC Devresindeki Bir Kondansatörün Yüklenmesi

Şekil 2'deki devrede  $S$  anahtarı 1 konumundayken kondansatör yüklenir. Yüklenme sırasında herhangi bir  $t$  anında devre elemanlarındaki gerilimler için Kirchhoff kuralı uygulandığında,

$$V_0 - I(t) \cdot R - \frac{q(t)}{C} = 0 \quad (6)$$

elde edilir. Bu denklemde  $V_0$  güç kaynağının gerilimi,  $I(t) \cdot R$  Ohm kanununa göre direnç üzerinde azalan gerilim ve  $q(t)/C$  ise denklem 3'deki gibi kondansatör üzerindeki gerilim düşmesidir.  $I = dq/dt$  ifadesi denklem 6'da yerine konulup yeniden düzenlenirse aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$\frac{dq}{dt} = \frac{V_0}{R} - \frac{q}{RC} \quad (7)$$

Bu denklemin  $t = 0$  anında  $q = 0$  başlangıç koşulu kullanılarak,

$$\int_0^q \frac{dq}{q - V_0 C} = -\frac{1}{RC} \int_0^t dt$$
$$\ln \left( \frac{q - V_0 C}{-V_0 C} \right) = -\frac{t}{RC}$$

elde edilir. Denklem düzenlenirse, herhangi bir  $t$  anında kondansatörün yükü bulunmuş olur. Bu denklemin zamana göre türevi alındığında yüklenme akımı elde edilir:

$$q(t) = V_0 C (1 - e^{-t/RC}) \quad (8)$$

$$I(t) = \frac{V_0}{R} e^{-t/RC} \quad (9)$$

Denklem 3 ve denklem 8'den yüklenme sırasında herhangi bir anda kondansatörün uçları arasındaki gerilim,

$$V_C(t) = V_0 (1 - e^{-t/RC}) \quad (10)$$

olarak elde edilir.

$t \rightarrow \infty$  olduğunda  $V_C(t) \rightarrow V_0$   $q(t) \rightarrow Q_0$   $I \rightarrow 0$  yaklaşır.

## RC Devresindeki Bir Kondansatörün Boşalması

Şekil 2'deki  $S$  anahtarı 2 konumuna getirildiğinde güç kaynağı devreden çıkar ve kondansatör direnç üzerinden boşalmaya başlar. Kirchhoff kuralı uygulanarak aşağıdaki denklem elde edilir:

$$\left( -I(t)R - \frac{q(t)}{C} = 0 \right) \quad (11)$$

$t = 0$ 'da  $q = Q$  koşulu kullanılarak denklem 11 çözülürse herhangi bir  $t$  anında kondansatörün yükü,

$$q(t) = Qe^{-t/RC} \quad (12)$$

elde edilir. Boşalma sürecinde kondansatörün uçları arasındaki gerilim ve devreden geçen akım,

$$V_C(t) = V_0e^{-t/RC} \quad (13)$$

$$I(t) = -\frac{Q}{RC}e^{-t/RC} \quad (14)$$

şeklindedir.  $t \rightarrow \infty$  durumunda,  $V_c, q$  ve  $I$  değerleri sıfıra yaklaşır ve kondansatör Şekil 2’de gösterilen başlangıç durumuna geri döner. Bu denklemlerdeki  $RC$  çarpımına **zaman sabiti** adı verilir ve  $\tau$  sembolü ile gösterilir.

$$\tau = RC \quad (15)$$

**Soru:** Zaman sabitinin boyutunu ve birimini SI birim sisteminde belirleyiniz.

$RC$  devresinin yüklenme ve boşalma zamanı  $\tau$  zaman sabiti ile karakterize edilir. Zaman sabiti, yüklenme ve boşalma sırasında devre akımının başlangıç değerinin  $e^{-1}$ ’ine kadar düşmesi için geçen zamandır.

## 2. Deney

1. Şekilde verilen devreyi herhangi bir  $R_1C_1$  çifti seçerek kurunuz.  $t = 0$ ’da  $q(t) = 0$  başlangıç şartını gerçekleştirmek için anahtarı boşalma (deşarj) konumuna getiriniz. DC güç kaynağının çıkış gerilimini 10 Volt’a ayarlayınız. Ölçümlere başlamadan önce multimetrelerin doğru bağlanmış ve kondansatörlerin yüksüz olmalarına dikkat ediniz. Ölçü aletlerinin ayarlarıyla oynamayınız.
2. Anahtarı yüklenme (şarj) konumuna getiriniz. Kondansatör üzerindeki gerilimin her 1 Volt’luk değişimi için geçen süreyi süreölçer ile belirleyerek direnç üzerindeki gerilim değeri ile birlikte aşağıdaki tabloya kaydediniz. Kondansatör üzerindeki gerilim 8 Volt değerini geçtikten sonra anahtarıdeşarj konumuna getiriniz ve bu süreyi de kaydederek ölçüme devam ediniz.

| $R_1 =$  | $C_1 =$ |          |            |                |
|----------|---------|----------|------------|----------------|
| $V_C(V)$ | $t(s)$  | $V_R(V)$ | $I(\mu A)$ | $\ln I(\mu A)$ |
| 1        |         |          |            |                |
| 2        |         |          |            |                |
| 3        |         |          |            |                |
| 4        |         |          |            |                |
| 5        |         |          |            |                |
| 6        |         |          |            |                |
| 7        |         |          |            |                |
| 6        |         |          |            |                |
| 5        |         |          |            |                |
| 4        |         |          |            |                |
| 3        |         |          |            |                |
| 2        |         |          |            |                |
| 1        |         |          |            |                |

3.  $R_1C_1$  çiftinin yüklenme boşalma süresinin  $V_c = f(t)$  grafiğini çiziniz.



4.  $I = \frac{V_R}{R}$  yasasını kullanarak I akım şiddetlerini hesaplayarak,  $\ln(\mu A)$  değerlerindeki bulup tabloya işleyiniz.
5.  $\ln(I) = f(t)$  grafiğini çiziniz ve grafiğin eğiminden zaman sabitini belirleyiniz ve hata hesabını yapınız.



| $\tau_{R_1C_1}$ (s) (Yüklenme) |                                                                                  |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Teorik Değer =                 |                                                                                  |
| Deneyisel Değer =              |                                                                                  |
|                                | $\%Hata = \frac{ \tau_{Teorik} - \tau_{Deneyisel} }{\tau_{Teorik}} \times 100 =$ |

# DENEY 3

## Ohm ve Kirchhoff Yasaları

### Amaç:

1. Bilinmeyen  $R_1, R_2, R_{\text{SERİ}}$  ve  $R_{\text{PARALEL}}$  dirençlerinin Ohm Yasası ile bulunması
2. Çok ilmekli devrelerde devre elemanlarından geçen akım şiddetinin ve bunların uçları arasındaki potansiyel farkların belirlenmesi.
3. Devrede üretilen ve tüketilen gücün karşılaştırılması.

### Teorik Bilgi:

**Akım, Direnç ve Elektromotor kuvveti:** Akım, parçacıkların (hava moleküllerinin, su moleküllerinin ve yük taşıyıcıların) belli bir yönde hareketini anlatır. Yük taşıyıcılarının bir yönde hareketi elektrik akımını oluşturur. Katı iletkenlerde yük taşıyıcılar elektronlar, sıvı ve gaz iletkenlerde elektronlar ve iyonlar, yarı iletkenlerde elektronlar ve boşluklardır. Bir iletkenin kesitinden birim zamanda geçen toplam yüke **elektrik akımı** denir:

$$I = \frac{q}{t} \quad (1)$$

SI birim sisteminde akım birimi Amper'dir (  $1 \text{ A} = 1\text{C/s}$  ). İletkenlerde akım elektronların hareketi ile oluşur. Bir devrede akım yüksek potansiyelden düşük potansiyele doğru akar. Akımın yönü elektronların hareketinin tersi yönünde kabul edilir. Elektrik devrelerinde pil, batarya vb. üreteçler elektrik enerjisi kaynağıdır ve bağlandıkları iki nokta arasında bir potansiyel farkı oluşturarak yük taşıyıcıların hareketini sağlar. Üreteç, yüklerin devrede sürekli dolaşımını devam ettirmek için enerji harcar. Birim yükün devreyi dolaşabilmesi için üreticinin yaptığı işe,

$$\varepsilon = \frac{W}{q} \quad (2)$$

üreticinin **elektromotor kuvveti (emk)** denir. Birimi Volt'tur ve V sembolü ile gösterilir.

### Direnç ve Ohm Yasası

Yükün bir madde içindeki hareketine karşı gösterilen zorluk o maddenin elektriksel direncini belirler. Direnç  $R$  ile gösterilir. Bir iletken telin iki ucu arasındaki potansiyel farkının bu iletken üzerinden geçen akıma oranı sabittir, bu oran telin direncini verir ve **Ohm Yasası** olarak tanımlanır:

$$I = \frac{V}{R} \quad (3)$$

SI birim sisteminde direncin birimi Ohm'dur ve  $\Omega$  sembolü ile gösterilir.

### Dirençlerin Seri ve Paralel Bağlanması

Şekil 1.a'daki devrede dirençler seri bağlanmıştır. Seri bağlı dirençlerden aynı akım geçer. İletkenlerde akım geçerken herhangi bir bölgede yük birikmesi mümkün değildir. Seri bağlı dirençlerin iki ucu arasındaki potansiyel farkı, her bir direnç üzerindeki potansiyel farklarının toplamına eşittir.

$$\Delta V = \varepsilon = V_1 + V_2 = IR_1 + IR_2 = I(R_1 + R_2) \quad (4)$$

Bu durumda devreden geçen akım

$$I = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2} \quad (5)$$

olur. Bu devre, seri bağlı iki direnç yerine tek bir eşdeğer direnç ile temsil edilir:

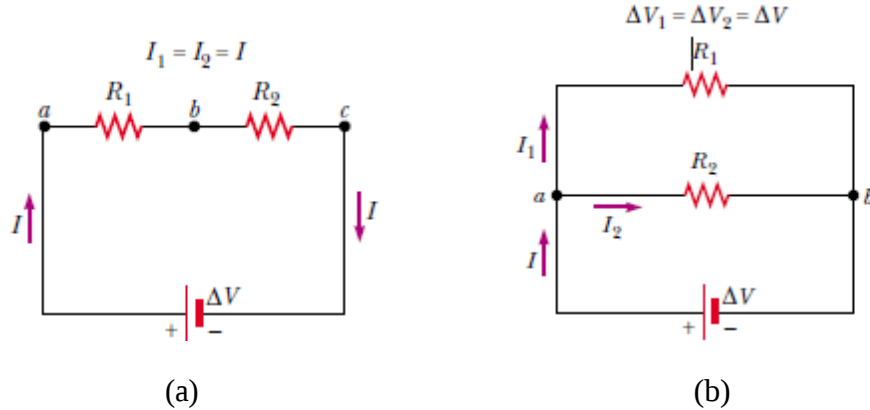
$$\Delta V = IR_{\text{es}} = I(R_1 + R_2) \quad (6)$$

$$R_{\text{es}} = R_1 + R_2$$

Seri devrenin eşdeğer direnci, devredeki dirençlerin toplamına eşittir ve devredeki her bir dirençten daha büyüktür. Seri bağlı n tane dirençten oluşan bir devre için (6) denklemi

$$R_{\text{es}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad (7)$$

olarak genelleştirilir.



Şekil 1: (a) Seri bağlı iki dirençli devre, (b) Paralel bağlı iki dirençli devre.

Şekil 1.b'deki devrede  $R_1$  ve  $R_2$  dirençleri paralel bağlanmıştır. Devreden geçen  $I$  akımı  $I_1$  ve  $I_2$  akımlarının

$$I = I_1 + I_2 \quad (8)$$

toplamıdır. Dirençlerin uçları arasındaki potansiyel farkı

$$\Delta V = \varepsilon = V_1 + V_2 = I_1 R_1 + I_2 R_2 = I(R_1 + R_2) \quad (9)$$

üreticinin uçları arasındaki potansiyel farkına eşittir. (8) ve (9) denklemlerinden, devreden geçen akım

$$I = I_1 + I_2 = \frac{\Delta V}{R_1} + \frac{\Delta V}{R_2} = \Delta V \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = \frac{\Delta V}{R_{\text{es}}} \quad (10)$$

elde edilir.

Bu denklemden paralel bağlı dirençler için devrenin eşdeğer direnci

$$\frac{1}{R_{\text{es}}} = \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (11)$$

olarak bulunur. Eşdeğer direnç, dirençlerin her birinden daha küçüktür. Paralel bağlı  $n$  tane dirençten oluşan bir devre için (11) denklemi

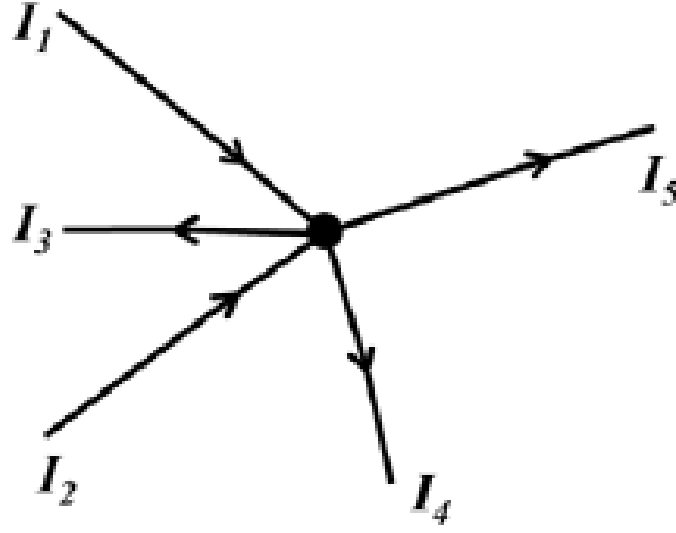
$$\frac{1}{R_{\text{es}}} = \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \right) \quad (12)$$

olarak genişletilebilir.

**Kirchhoff Yasaları:** Tek ilmekli devreye indirgenmesi mümkün olan basit elektrik devreleri, Ohm yasası ve dirençlerin seri ve paralel bağlanmalarına ait kurallar kullanılarak çözümlenebilir. Yani, devrenin içerdiği dirençler ve emk kaynağı hakkındaki bilgiler veriliyorsa, her bir devre elemanından geçen akım ve devre elemanı üzerine düşen potansiyel farkı basitçe hesaplanabilir. Ancak birden fazla kapalı ilmek içeren devreyi tek bir kapalı devreye indirmek her zaman mümkün değildir. Bu gibi daha karmaşık devrelerin çözümlenmesi, Kirchhoff kuralları olarak bilinen yasaların uygulanmasıyla yapılır. Bu yasaları anlayabilmek için devrenin düğüm noktası ve ilmek kavramlarını tanımlamak gerekir. Akımın bir noktada bir araya geldiği veya kollara ayrıldığı noktaya devrenin düğüm noktası denir. Devrenin herhangi bir noktasında başlayıp, devre elemanları ve bağlantı telleri üzerinden geçerek, yeniden başlangıç noktasına ulaştığımız keyfi kapalı yola ilmek denir.

i. **Düğüm kuralı:** Herhangi bir düğüm noktasına gelen akımların toplamı, bu düğüm noktasından çıkan akımların toplamına eşit olmalıdır (Şekil 2):

$$\sum I_{\text{gelen}} = \sum I_{\text{çıkan}} \quad (13)$$



$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5$$

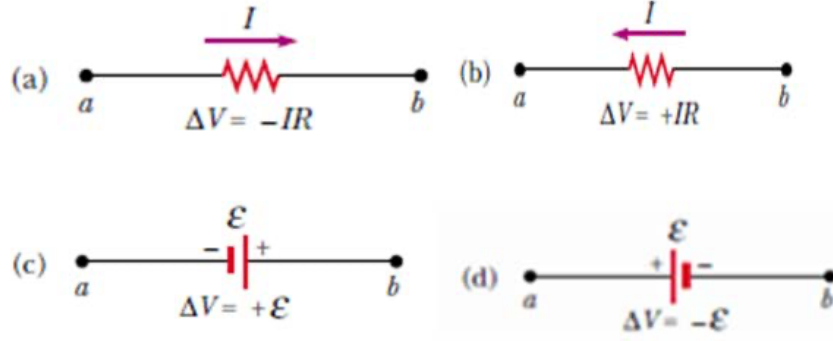
Şekil 2

ii. **İlmek Kuralı:** Herhangi bir ilmek boyunca bütün devre elemanlarının uçları arasındaki potansiyel farkların cebirsel toplamı sıfır olmalıdır.

$$\sum_{\text{kapalı ilmek}} \Delta V = 0 \quad (14)$$

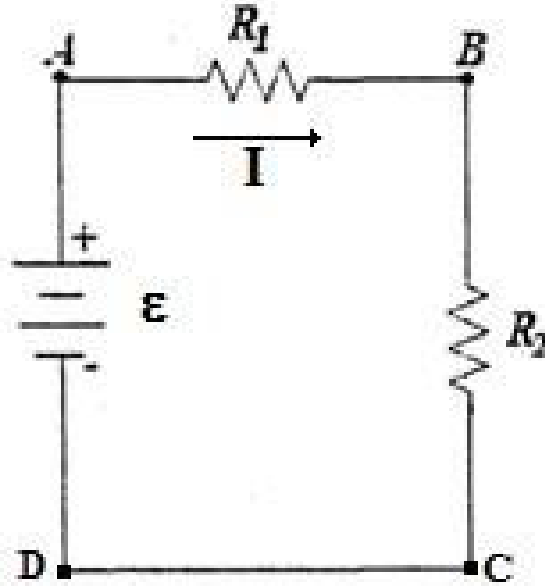
Kirchhoff'un ikinci kuralını uygularken, bir ilmekte yükün bir ilmek boyunca hareketini ve elektriksel potansiyelindeki değişimi inceleriz. İkinci kuralı uygularken aşağıdaki işaret değişimlerine dikkat edilmelidir:

- Bir  $R$  direncinden geçen akım şiddeti  $I$  ise ve bu direnç akım yönünde geçiliyorsa, direncin uçları arasındaki potansiyel değişimi  $-IR$ 'dir (Şekil 3a). Bir  $R$  direncinden geçen akım şiddeti  $I$  ise ve bu direnç akıma ters yönde geçiliyorsa, direncin uçları arasındaki potansiyel değişimi  $+IR$ 'dir (Şekil 3b).
- Herhangi bir üreteç (emk) üzerinden “-” uçtan “+” uca doğru geçiliyorsa ve güç kaynağının iç direnci ihmal ediliyorsa potansiyel değişimi  $+\varepsilon$ 'dur (Şekil 3c). Herhangi bir üreteç (emk) üzerinden “+” uçtan “-” uca doğru geçiliyorsa ve güç kaynağının iç direnci ihmal ediliyorsa potansiyel değişimi  $-\varepsilon$ 'dur (Şekil 3d).



Şekil 3: Kirchhoff Yasalarının Uygulama Kuralları.

### Elektrik Devre Elemanlarında Güç Hesabı:



Şekil 4

Şekil 4'deki kapalı devre için Kirchhoff ifadesi yazılır ise,

$$\varepsilon - IR_1 - IR_2 = 0 \quad (15)$$

$$\varepsilon = IR_1 + IR_2 \quad (16)$$

ifadesi elde edilir. Eşitliğin her iki tarafı devreden geçen  $I$  akımı ile çarpılır ise,

$$\varepsilon I = IR_1^2 + IR_2^2 \quad (17)$$

ifadesi elde edilir. Buradaki terimler sırasıyla  $R_1$  ve  $R_2$  dirençlerinde Joule ısısı olarak harcanan güç ifadeleridir. Eşitlikteki çarpımı ise emk'lı güç kaynağının ürettiği gücü verir. Diğer bir ifade ile devrede üretilen güç, tüketilen güce eşittir:

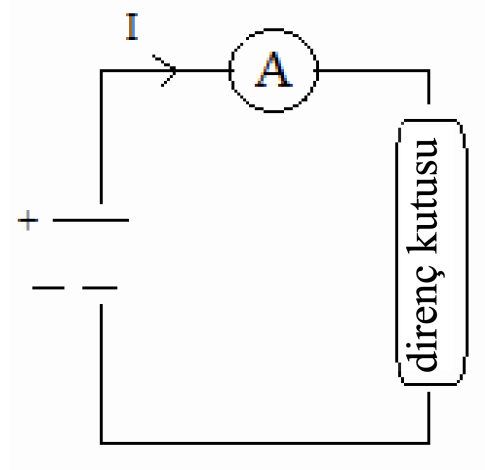
$$P_{\varepsilon} = P_{R_1} + P_{R_2} \quad (18)$$

**Ölçü Aletleri:** Bir devreden geçen akım şiddeti **ampermetre** ile; potansiyel farkı **voltmetre** ile ölçülür. Her iki büyüklükte multimetre ile ölçülebilir. Ampermetre devre elemanına seri bağlanır. Bir ampermetrenin ölçülen akımı etkilememesi için, iç direncinin çok küçük olması gerekmektedir. Voltmetre devre elemanına paralel bağlanır ve potansiyel farkını etkilememesi için, iç direncinin çok büyük olması gerekir.

### Deneyin Yapılışı:

#### Ohm Yasası

1. Direnç kutusundan herhangi iki direnç seçilir ve her bir direnç için Şekil 5’de verilen devre kurulur. Güç kaynağı sırasıyla Tablo 1’deki değerlere ayarlanır, dirençten geçen akım okunur ve Tablo 1’e işlenir.

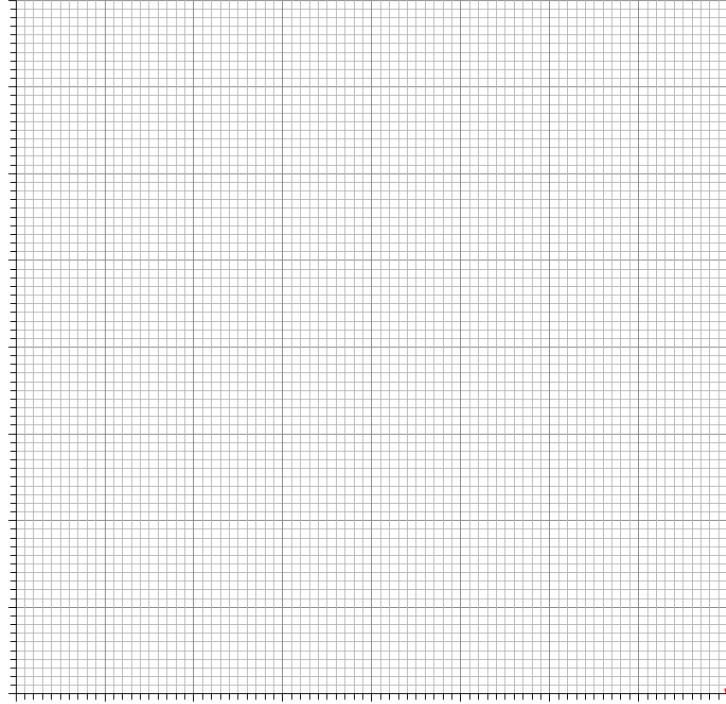


Şekil 5

Tablo 1

| V(V) | I <sub>1</sub> ( mA) | R <sub>1</sub> = .....   | I <sub>2</sub> ( mA) | R <sub>2</sub> = .....    |
|------|----------------------|--------------------------|----------------------|---------------------------|
|      |                      | R <sub>1hesap</sub> (kΩ) |                      | R <sub>2 hesap</sub> (kΩ) |
| 2    |                      |                          |                      |                           |
| 5    |                      |                          |                      |                           |
| 7    |                      |                          |                      |                           |
| 9    |                      |                          |                      |                           |
| 15   |                      |                          |                      |                           |
|      |                      | R <sub>1 ort</sub> =     |                      | R <sub>2 ort</sub> =      |
|      |                      | R <sub>1 grafik</sub> =  |                      | R <sub>2 grafik</sub> =   |

2. Seçilen her bir iletken için  $\mathbf{V} = \mathbf{f}(\mathbf{I})$  grafiğı çizilir, direnç değeri bulunur, hesaplanan direnç değeriinin ortalaması ile karşılaştırılır ve sonuçlar Tablo l'e işlenir.



3. Değerleri belirlenen dirençler seri bağlanır. 1. adımdaki ölçümler tekrar edilerek sonuçlar Tablo 2'ye işlenir.
4. Değerleri belirlenen dirençler paralel bağlanır. 1. adımdaki ölçümler tekrar edilerek sonuçlar Tablo 2'ye işlenir.
5. Seri ve paralel bağlı dirençler için  $V = f(I)$  grafiği, aynı grafik kağıdına çizilir, eşdeğer direnç değerleri bulunur, hesaplanan eşdeğer direnç değerlerinin ortalaması ile karşılaştırılır ve sonuçlar Tablo 2'ye işlenir.

**Tablo 2**

| V (V) | I (mA) | Seri bağlama                                                     | I (mA) | Paralel bağlama                                                  |
|-------|--------|------------------------------------------------------------------|--------|------------------------------------------------------------------|
|       |        | $R_{\text{hesap}}(k\Omega)$                                      |        | $R_{\text{hesap}}(k\Omega)$                                      |
| 3     |        |                                                                  |        |                                                                  |
| 6     |        |                                                                  |        |                                                                  |
| 10    |        |                                                                  |        |                                                                  |
| 12    |        |                                                                  |        |                                                                  |
| 14    |        |                                                                  |        |                                                                  |
|       |        | $R_{\text{ort}} =$<br>$R_{\text{eş}} =$<br>$R_{\text{grafik}} =$ |        | $R_{\text{ort}} =$<br>$R_{\text{eş}} =$<br>$R_{\text{grafik}} =$ |

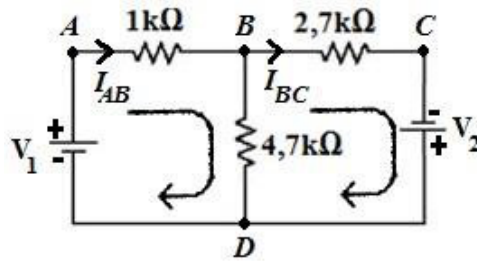




## Sorular

1. Akım ileten tüm malzemeler Ohm Yasası'na uyar mı? Örnek veriniz.
2. Bir bataryadan geçen akımın yönü her zaman negatif uçtan pozitif uca doğru mudur? Açıklayınız.
3. Eşdeğer direncin, bu dirençleri oluşturan her bir dirençten daha büyük olması için dirençler nasıl bağlanmalıdır? Üç dirençli bir örnek veriniz.

## Kirchhoff Kuralları



Şekil 6

1. Şekil 6'daki devre kurulur. Her bir devre elemanının üzerindeki potansiyel fark ve üreteçten geçen akımın şiddeti ölçülür ve Tablo 3'e işlenir.

2. Kirchhoff Kuralları uygulanarak her bir direnç üzerindeki akımlar ve potansiyel farkları teorik olarak hesaplanır ve Tablo 3'e işlenir.
3. Bağlı hata hesabı akım ve gerilimler için tek tek hesaplanıp Tablo 3'e işlenir.

**Tablo 3**

|                | $V_1$ (V) | $V_2$ (V) | $I_{AB}$ (mA) | $V_{AB}$ (V) | $I_{BC}$ (mA) | $V_{BC}$ (V) | $I_{BD}$ (mA) | $V_{BD}$ (V) |
|----------------|-----------|-----------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| Deneysel Sonuç |           |           |               |              |               |              |               |              |
| Hesap Sonucu   |           |           |               |              |               |              |               |              |
| Bağlı Hata     |           |           |               |              |               |              |               |              |

4. Her bir devre elemanın gücü deneysel ve teorik olarak hesaplanır ve Tablo 4'e işlenir.

**Tablo 4**

|                | $P_{1\text{ k}\Omega}$ | $P_{2.7\text{ k}\Omega}$ | $P_{4.7\text{ k}\Omega}$ | $P_{V_1}$ | $P_{V_2}$ | Toplam $P_{\text{tüketilen}}$ | Toplam $P_{\text{üretilen}}$ | $P_{\text{fark}}$ |
|----------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------|-----------|-------------------------------|------------------------------|-------------------|
| Deneysel Sonuç |                        |                          |                          |           |           |                               |                              |                   |
| Hesap Sonucu   |                        |                          |                          |           |           |                               |                              |                   |
| Bağlı Hata     |                        |                          |                          |           |           |                               |                              |                   |

## Sorular

1. Deneyde bulunan, üretilen ve tüketilen güç arasındaki fark var ise nedeni ile açıklayınız.
2. Hangi durum altında bir bataryanın uçları arasındaki potansiyel farkı onun elektromotor kuvvetinden büyük olur?
3. Otomobiller genelde 12 V akü kullanır. Yıllar önce 6 V akü kullanılıyordu. Neden değiştirildi? Neden 24 V değil?

# DENEY 4

## Akım Taşıyan iletken'e Etkiyen Manyetik Kuvvet

### Amaç

Düzgün manyetik alan içinde, akım taşıyan iletken'e etkiyen kuvvetin ölçülmesi ve hareket indüksiyon elektromotor kuvvetinin gözlenmesi.

### Araç ve Gereçler

DC güç kaynağı, 2 adet Dinamometre, Multimetre, 2 adet mıknatıs.

### 1. Bilgi

Manyetik alan, sadece hareket eden yüklü parçacıklara bir kuvvet uygular. manyetik alanı içerisinde  $v$  hızı ile hareket eden  $q$  yüklü parçacığa etkiyen manyetik kuvvet:

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

formülü ile verilir. Bu kuvvet deneysel yöntemlerle elde edilir.

Bu manyetik kuvvetin yönü hem parçacığın hızına hemde manyetik alana diktir. Bu kuvvetin büyüklüğü;

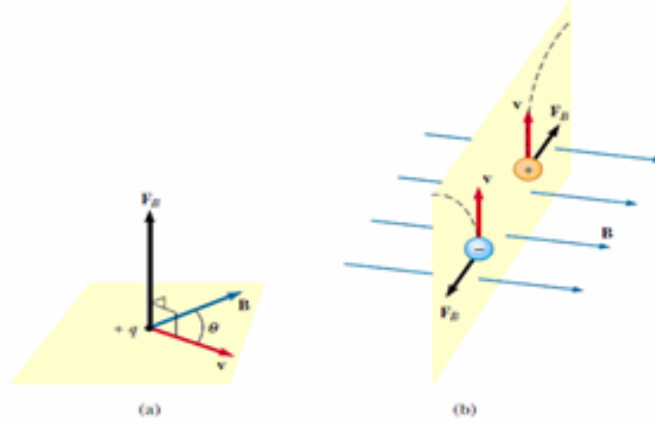
$$F_B = |q|vB \sin \theta \quad (2)$$

Burada  $\theta$ , hız vektörü  $v$  ile manyetik alan vektörünün  $B$ 'nin aralarındaki açıdır. SI birim sisteminde  $B$  manyetik alanın birimi Tesla'dır. " $T$ " ile gösterilir.

$$T = \frac{N}{Am} \quad (3)$$

### Elektrik Yüküne Etki Eden Manyetik Kuvvet :

Parçacığın hız vektörü manyetik alanla herhangi bir açı yaptığında, manyetik kuvvet hem  $v$  hem de  $B$ 'ye dik bir yönde etki eder; yani  $F_B$ ,  $v$  ve  $B$ 'nin oluşturduğu düzleme diktir (Şekil 1a). Pozitif bir yüke uygulanan manyetik kuvvet, aynı yönde hareket eden bir negatif yüke uygulanan manyetik kuvvetin yönünün tersi yöndedir (Şekil 1b).

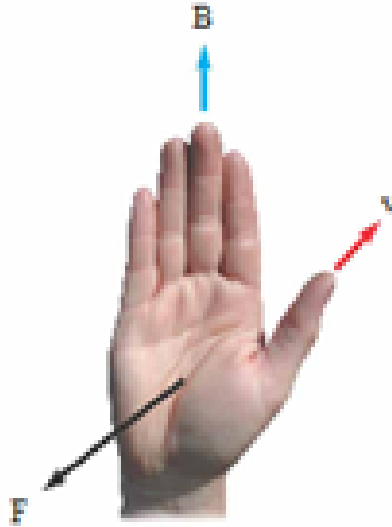


Şekil 1

$B$  manyetik alanının  $v$  hızıyla hareket eden yüklü bir parçacık üzerine etkiyen manyetik kuvvetin  $F_B$  yönü,

(a) Manyetik kuvvet hem  $v$  hem de  $B$ 'ye diktir.

(b) Bir manyetik alanda aynı hızda hareket eden zıt yüklü iki parçacığa zıt yönlü  $F_B$  manyetik kuvveti etkir.



Şekil 2

Sağ el kuralı;  $v$  vektörü başparmağınızın yönünde ve  $B$  de parmaklarınızın yönündedir. Pozitif yük üzerindeki  $F_B$  kuvveti, sanki parçacığı elinizle itiyormuşsunuz gibi, avucunuzun yönündedir. Şekil 2'de  $v \times B$  vektörel çarpımının yönünü belirlemek ve  $F_B$ 'nin yönünü belirlemek için sağ el kuralını gözden geçirmekteyiz. Burada başparmak,  $v$  yönünü ve uzatılmış parmaklar  $B$  yönünü gösterir. Şimdi, pozitif bir yük üzerindeki  $F_B$  kuvveti avucunuzdan dışarı doğru uzanır. Bu kuralın avantajı, yük üzerindeki kuvvetin, elinizle bir şeyi iteceğiniz yönde, avucunuzun dışında olmasıdır. Negatif yük üzerindeki kuvvet ters yöndedir.

### Akım Taşıyan Bir Tel Üzerine Etki Eden Manyetik Kuvvet:

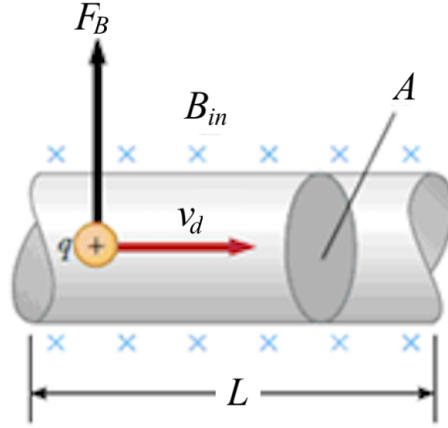
Düzgün bir  $B$  manyetik alanında  $I$  akımı taşıyan,  $L$  uzunluğunda ve  $A$  kesit alanına sahip düz bir tel parçası Şekil 3'te gösterilmiştir. Sürüklenme hızı  $v_d$  ile hareket eden bir  $q$  yüküne uygulanan manyetik kuvvet  $q\vec{v}_d \times \vec{B}$ 'dir. Tele etki eden toplam kuvveti bulmak için, bir yüke uygulanan kuvveti, segmentteki yüklerin sayısı ile çarpabiliriz. Segmentin hacmi  $AL$  olduğundan, segmentteki yüklerin sayısı  $nAL$ 'dir; burada  $n$ , birim hacim başına yüklerin sayısıdır. Bu nedenle,  $L$  uzunluğundaki tel üzerindeki toplam manyetik kuvvet,

$$\vec{F}_B = (q\vec{v}_d \times \vec{B}) nAL \quad (4)$$

Bu ifadeyi daha uygun bir biçimde yazabiliriz, teldeki akım,  $I = nqv_d A$ 'dır. Bu nedenle,

$$\vec{F}_B = I\vec{L} \times \vec{B} \quad (5)$$

olmaktadır.

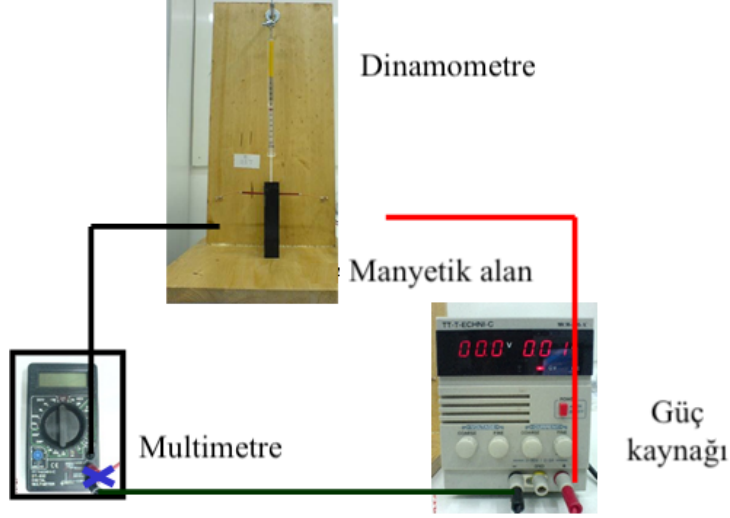


Şekil 3

$B$  manyetik alanında akım taşıyan bir tel parçası. Akımı oluşturan her yüke uygulanan manyetik kuvvet  $q\vec{v}_d \times \vec{B}$  ve  $L$  uzunluğundaki parça üzerindeki net kuvvet  $I\vec{L} \times \vec{B}$ 'dir.

## 2.Deney

Deneyde kullanılacak olan set Şekil 4'te gösterilmiştir.

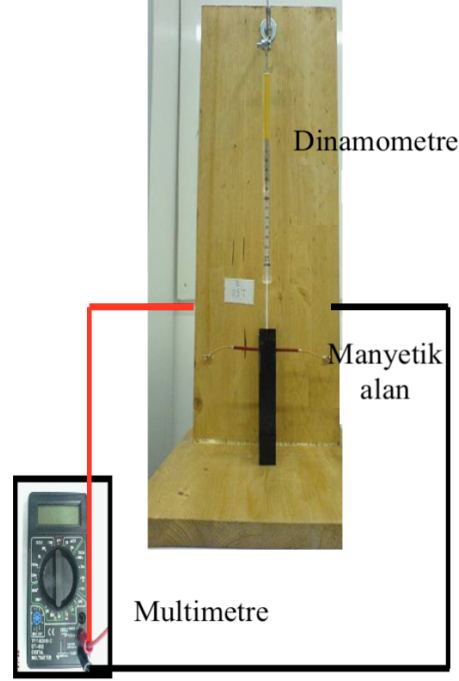


Şekil 4

1. Kullanacağınız sette, multimetre (IOA) akım okuma ayarına getirilir
2. Devreden geçen akım sıfır iken dinamometreden okunan kuvvetin değeri ( $F_0$ ) tabloya işlenir. Bu kuvvet iletken çubuğun ve kabloların toplam ağırlığıdır.
3. Önce multimetre, sonra güç kaynağı açılarak devreye akım verilir.
4. Devreden geçen akım, güç kaynağı üzerindeki akım ayar düğmesi ile tabloda gösterilen değerlere ayarlanır. Dinamometrenin gösterdiği değer ( $F$ ) tabloya işlenir.
5. Her akım değerine karşılık dinamometrede okunan kuvvet değerinden  $F_0$  değeri çıkarılır ve  $F - F_0$  tabloya yazılır.
6. Bu deneyde  $L$  ile  $B$  arasındaki açı  $90^\circ$  dir. Manyetik kuvvet  $F_m = ILB$  bağıntısından hesaplanır ve tabloya işlenir. ( $L = 2.5$  cm,  $B = 0.5$  T'dir.  $B$  değeri deney seti üzerinde verilmiştir.)
7. **Sağ el kuralının doğrulanması:** Düzenekte akımın yönünü ve manyetik alan yönünü belirleyiniz. Şekil 4 üzerinde sağ el kuralım kullanarak ve deneyerek manyetik kuvvetin yönünü oklar ile gösteriniz.

| $I$ (A) | $F_{\text{dinamometre}}$ (N) | $F_0 = \dots\dots\dots$ N          | Manyetik Kuvvet | $F_m - F$ |
|---------|------------------------------|------------------------------------|-----------------|-----------|
|         |                              | $F = F_{\text{dinamometre}} - F_0$ |                 |           |
| 0.0     |                              |                                    |                 |           |
| 1.0     |                              |                                    |                 |           |
| 1.5     |                              |                                    |                 |           |
| 2.0     |                              |                                    |                 |           |
| 2.5     |                              |                                    |                 |           |
| 3.0     |                              |                                    |                 |           |

8. **Hareketsel indüksiyon emk'sının gözlenmesi:** Şekildeki gibi multimetre  $mA$  ölçüm ayarına getirilir ve mıknatıslar arasında bulunan iletken çubuğun her iki ucundaki kablo multimetreye doğrudan bağlanır (Şekil 5) (Sistem durgun halde iken multimetrede okunan akımın sıfır olduğuna dikkat ediniz).



Şekil 5

9. Mıknatıslar arasındaki bakır iletkeni aşağıya doğru çekip, ani olarak serbest bırakınız. Bu ani hareket ile multimetreden bir akımın geçtiğine dikkat ediniz. Bu akımın nedenini açıklayınız. Okunan bu akımın büyüklüğü nelere bağlıdır?

# DENEY 5

## Yüklü Parçacıkların Elektrik ve Manyetik Alandaki Hareketinin İncelenmesi ve $e/m$ Oranının Tayini

### Amaç

Elektronların düzgün elektrik ve manyetik alandaki hareketinin incelenmesi ve  $e/m$  oranının deneysel olarak belirlenmesi

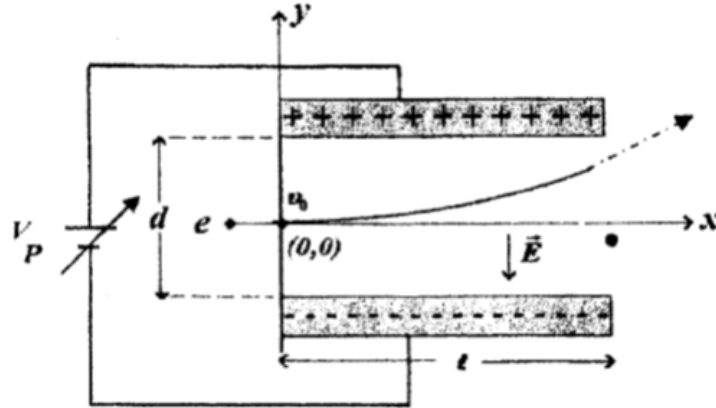
### Araç ve Gereçler

Katot ışınları tüpü, yüksek gerilim kaynakları, miliampermetre, Helmholtz bobini, bilimsel hesap makinesi, milimetrik kağıt, kurşun kalem, silgi.

### 1. Bilgi

#### Düzgün Elektrik Alanda Elektronların Yörüngesinin İncelenmesi

Katot ışın tüpünün flamanından çıkan elektronlar bir  $V_A$  gerilimi altında hızlandırılır. Düzgün elektrik alana dik olarak sabit hızla giren elektronun, elektrik alandaki yörüngesi Şekil 1'de verilmektedir.



Şekil 1: Düzgün bir elektrik alana dik olarak giren elektronun parabolik yörüngesi.

Elektron  $x$  ekseninde düzgün doğrusal hareket,  $y$  ekseninde ise sabit ivmeli hareket yapar. Elektronu etkileyen elektriksel kuvvet  $\vec{F} = m\vec{a} = q\vec{E}$  olmaktadır. Herhangi bir anda elektronun konumu

$$x = v_0 t \quad (1)$$

$$y = \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} \frac{e}{m} E t^2$$

parametrik denklemleri ile verilir. Zaman parametresi yok edilirse, yörünge denklemi elde edilir.

$$y = \frac{1}{2} \frac{e}{m} \frac{E}{v_0^2} x^2 \quad (2)$$

Elektronun  $v_0$  hızı,

$$eV_A = \frac{1}{2} m v_0^2 \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{2eV_A}{m}} \quad (3)$$

enerji korunumu yasasından belirlenir. Aralarında  $d$  mesafesi bulunan ve  $V_p$  gerilimi uygulanan plakalar arasındaki elektrik alan,

$$E = \frac{V_P}{d} \quad (4)$$

denklemi ile ifade edilir. Bu durumda, (2) denklemi

$$y = \frac{V_P}{4dV_A} x^2 \quad (5)$$

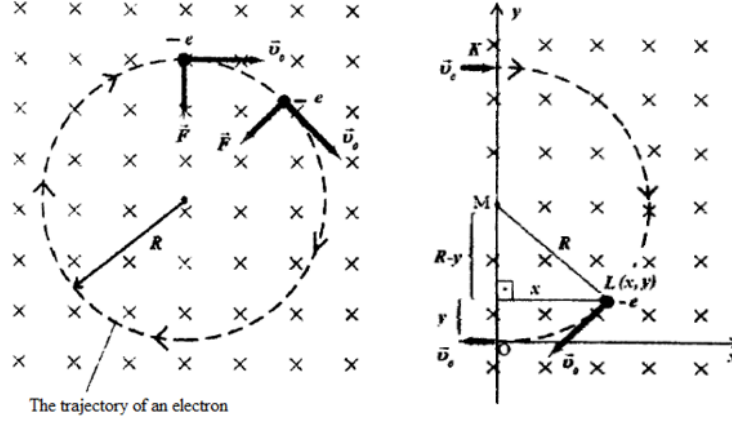
haline gelir. Denklem (5)'de uygulanan hızlandırma ve saptırma arasındaki  $d$  uzaklığı sabit olduğuna göre, yörünge denklemi

$$y = \text{sabit} \times x^2 \quad (6)$$

Şeklinde ifade edilebilir. Bu denklem bir parabol denklemidir.

### **Düzgün Manyetik Alanda Elektronun Hareketi**

$q$  yüklü bir parçacık,  $v_0$  hızı ile düzgün bir manyetik alana dik olarak girdiğinde, çember şeklinde bir yörüngede hareket eder. Yükünün işaretine bağlı olarak saat ibresi veya tersi yönde döner. Sayfa düzleminden içeri yönelmiş bir manyetik alanda, elektronun yörüngesi Şekil 2.(a)'da verilmektedir. Bu deneyde düzgün manyetik alan Helmholtz bobinleri ile yaratılır.



**Şekil 2:** (a) Düzgün ve sayfa düzleminde içeri yönelmiş bir manyetik alanında çembersel yörüngesi. (b) Yörünge üzerinde herhangi bir  $L$  noktasının koordinatları.

Elektrona,

$$\mathbf{F} = ev_0\mathbf{B} \quad (7)$$

sabit manyetik kuvveti etki eder. Burada manyetik kuvvet merkezci kuvvet rolünü oynar. Newton yasasından ( $\sum F_r = ma_r$ )

$$ev_0B = m \frac{v_0^2}{R} \Rightarrow R = \frac{mv_0}{eB} \quad (8)$$

çembersel yörüngenin  $R$  yarıçapı belirlenir. Hız için (3) ifadesi kullanılırsa,

$$R = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2mV_A}{e}} \quad (9)$$

bulunur. Çembersel yörüngenin  $R$  yarıçapı Şekil 2.(b) kullanılarak Pisagor teoreminden de bulunur:

$$R = \frac{x^2 + y^2}{2y} \quad (10)$$

### $e/m$ Oranı Tayini

$\mathbf{E}$  düzgün elektrik ve  $\mathbf{B}$  düzgün manyetik alanlar birlikte uygulandığında elektron

$$\vec{F}_{\text{Lorentz}} = \vec{F}_{\text{Elek.}} + \vec{F}_{\text{Mag.}} = e\vec{E} + ev_0x\vec{B} \quad (11)$$

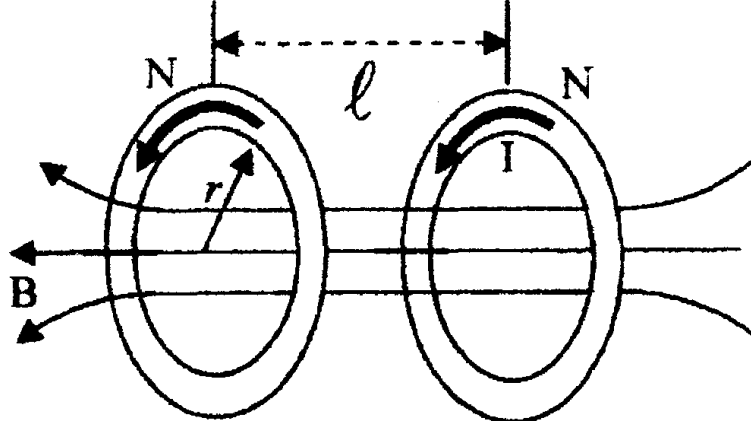
Lorentz kuvvetinin etkisi altında hareket eder. Birbirine dik, uygun  $\mathbf{E}$  ve  $\mathbf{B}$  alanları için  $\vec{F}_{\text{Lorentz}} = 0 \Rightarrow \vec{E} = v_0B$  yapılabilir.  $E = v_0B$  elde edilir. Bu bağıntıda  $v_0$  ve  $E$  için sırasıyla (3) ve (4) denklemleri kullanılarak  $e/m$  oranı,

$$\frac{e}{m} = \frac{V_P^2}{2d^2B^2V_A} \quad (12)$$

bulunur.

### Helmholtz Düzenegi

Bu düzenek aralarında  $l$  kadar mesafe olan  $N$  sarımlı,  $r$  yarıçaplı iki özdeş bobinden oluşur. Bobinlerden aynı yönde  $I$  şiddetinde akım geçirilir. Bu durumda bobinlerin eksenini boyunca düzgün bir manyetik alan oluşur. Bobinlerin arasındaki manyetik alan, Biot-Savart kanunundan bulunur.



Şekil 3: Helmholtz bobinleri için manyetik alan çizgileri

$$B = \frac{32 \cdot 10^{-7} \pi N I}{5\sqrt{5}r} \quad (13)$$

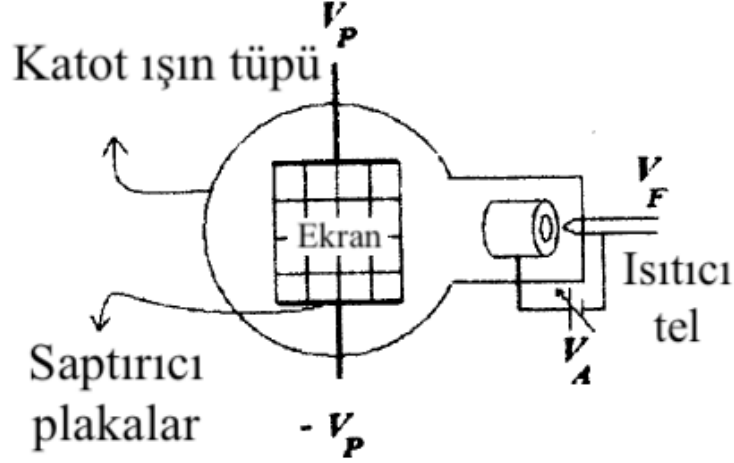
### Sorular

1. Elektrik ve manyetik alana herhangi bir açı yaparak giren elektronun yörüngesi ne olur?
2.  $N$  sarımlı bir bobinin merkezinden  $x$  kadar uzakta manyetik alanı Biot-Savart yasasını kullanarak bulunuz.

### 2. Deney

#### Elektrik Alan Etkisinde Elektronun Hareketinin İncelenmesi

1. Katot ışıını tüpü flamanından fırlayan elektronlar,  $V_A$  yüksek gerilimi ile hızlandırılır ve eğimli floresans ekrana çarparak bir iz bırakır. (Şekil 4)



Şekil 4: Deney düzeneği.

2. Plakalar arası mesafe 5.2 cm'dir.  $V_A$  hızlandırma gerilimi 4000 V'a,  $V_p$  saptırma gerilimi 1250V'a ayarlanır. Floresans ekranda gözlenen elektron demetinin  $(x, y)$  koordinatları Tablo 1'e işlenir.
3.  $y = f(x)$  ve  $y = f(x^2)$  grafikleri çizilir.  $y = f(x^2)$  grafiğinin eğimi hesaplanır.
4.  $y = \text{eğim} \cdot x^2$  ifadesi ile (5) denklemini karşılaştırınız ve yorumlayınız.

Tablo 1

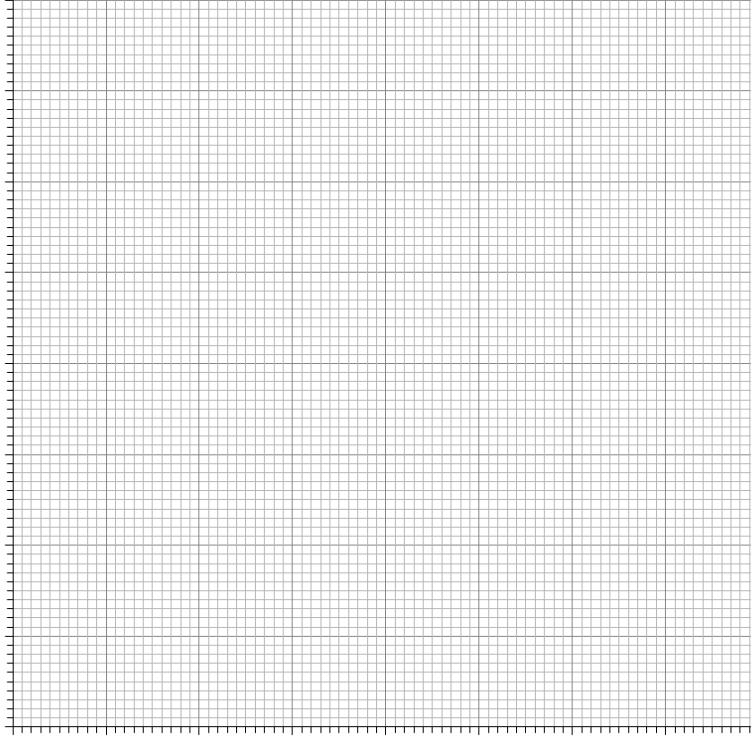
| $x(\text{cm})$ | $y(\text{cm})$ | $x^2 (\text{cm}^2)$ |                             |                 |
|----------------|----------------|---------------------|-----------------------------|-----------------|
| 0              | 0              |                     |                             |                 |
| 2              |                |                     |                             |                 |
| 4              |                |                     | $y = \text{eğim} \cdot x^2$ | $V_p / (4dV_A)$ |
| 6              |                |                     |                             |                 |
| 8              |                |                     |                             |                 |
| 10             |                |                     |                             |                 |

### Manyetik Alan Etkisinde Elektronun Hareketinin İncelenmesi

1.  $V_A$  hızlandırma gerilimi 3000 V'a ve Helmholtz bobinlerinden geçen akım 0.41 A'e ayarlanır.
2. Floresans ekranda gözlenen elektron demetinin  $(x, y)$  koordinatları okunur ve (10) denklemi kullanılarak  $R$  yarıçapı hesaplanır, sonuçlar Tablo 2'ye işlenir.

| $x(\text{cm})$ | $y(\text{cm})$ | $R(\text{cm})$ |
|----------------|----------------|----------------|
| 2              | 0.17           |                |
| 3              |                |                |
| 4              |                |                |
| 5              |                |                |
| 6              |                |                |
| $R_{ort} =$    |                |                |

3.  $B$  manyetik alanı (13) denkleminde bulunur. (  $N = 320$  ve  $r = 0,068 \text{ m}$  )  
 $B = \dots\dots\dots$  ( ).





4. (9) denklemleri yardımıyla  $R$  değeri hesaplanır. ( $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{C}$  ve  $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ )  
 $R = \dots\dots\dots ( )$ .

5.  $R$  ve  $R_{ort}$  değerlerini karşılaştırınız ve yorumlayınız.

### $e/m$ Oranının Belirlenmesi

- $V_A$  hızlandırma gerilimi 3000 V ve  $V_p$  saptırma gerilimi 700 V'a ayarlanarak, sapan elektron demeti floresans ekran üzerinde gözlenir. Helmholtz bobinlerine uygulanan  $I$  akımı uygun değere ayarlanarak, elektron demetinin  $x$ -ekseni boyunca giden bir doğru olması sağlanır. Ayarlanan  $I$  akımı Tablo 3'e işlenir. Bu işlemler Tablo 3'deki diğer değerler için tekrarlanır.
- $B$  manyetik alanları (13) denkleminde bulunur. ( $N = 320$  ve  $r = 0.068 \text{ m}$ )
- (12) denklemini kullanarak  $e/m$  değeri hesaplanır ve ortalaması alınır.

| $V_A(\text{V})$ | $V_p(\text{V})$ | $I \text{ (A)}$ | $B \text{ (Tesla)}$ | $e/m \text{ (C/kg)}$ |
|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------|----------------------|
| 3000            | 700             |                 |                     |                      |
| 3000            | 800             |                 |                     |                      |
| 3000            | 900             |                 |                     |                      |

|               |  |
|---------------|--|
| $(e/m)_{ort}$ |  |
|---------------|--|