

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN EDEBİYAT FAKÜLTESİ FİZİK BÖLÜMÜ
(FIZ1002) 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 yasasını 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 Yunancada 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.

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

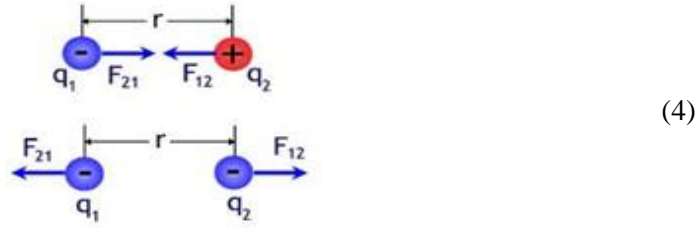
Elektrik yükü, kütle gibi, maddenin temel bir özelliğidir.

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.

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

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



$$k = 8.98 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$$

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85 \times 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2}$$

Bu eşitlikte k orantı sabiti, ϵ_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.

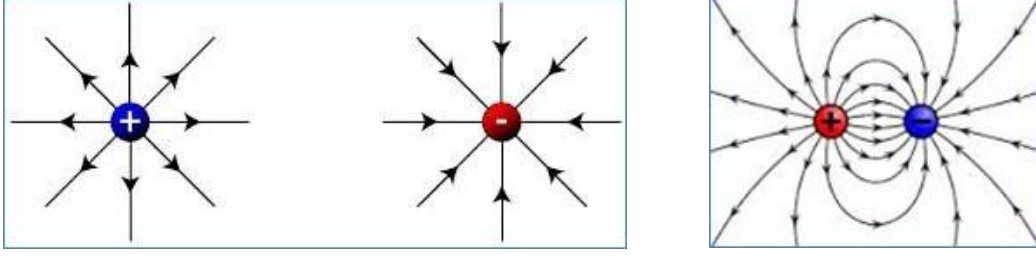
Elektrik Alanı

Yükler elektriksel kuvveti birbirleri üzerine alan vasıtasıyla etki ettirirler. Skaler ve vektörel alan kavramı, fiziğin 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 etkileyemeyecek 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.

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

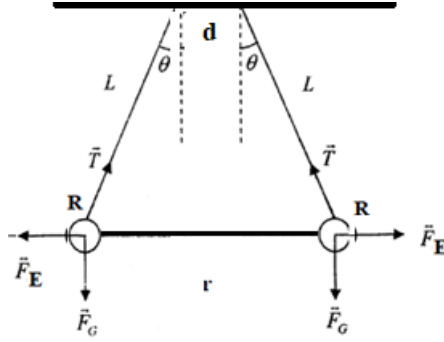


Elektrik alanını, elektrik alan çizgileriyle gösteririz. Elektrik alan vektörü alan çizgilerine teğettir. Çizgiler pozitif yükten başlar, negatif yükte biter ve alan çizgileri kesişmezler. Elektrik alanın şiddeti çizgilere dik birim yüzeyden geçen çizgi sayısı ile orantılıdır.

****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.

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_0 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 μF , nF, pF kullanılır. Bir kondansatörün sığası iletkenlerin geometrisine ve aralarındaki yalıtkan malzemenin (ϵ_0) dielektrik sabitine bağlıdır. Örneğin paralel plakalı bir kondansatörün sığası,

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

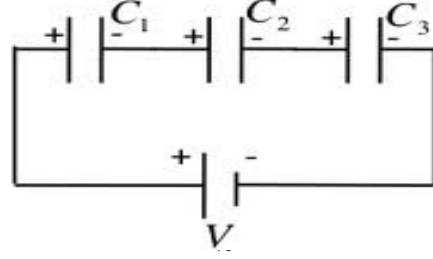
Bu denklemden, A plakaların alanı, d plakalar arası uzaklıktır. Kondansatör yüklenirken (şarj olurken) veya boşalırken (deşarj olurken) yük miktarı zamana bağlı olarak değişir. Herhangi bir t anında yük miktarı ve potansiyel farkı arasında

$$q(t) = CV(t) \quad (3)$$

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.



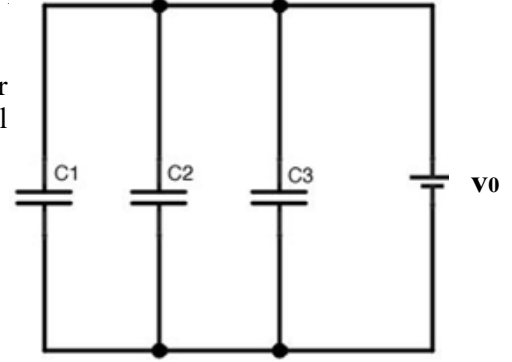
Şekil 1a: Seri Bağlı Kondansatörler.

Kondansatörlerin uçları arasındaki potansiyel farklarının toplamı, üreteci 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. ($V_0 = V_1 = V_2 = V_3 = \dots$)

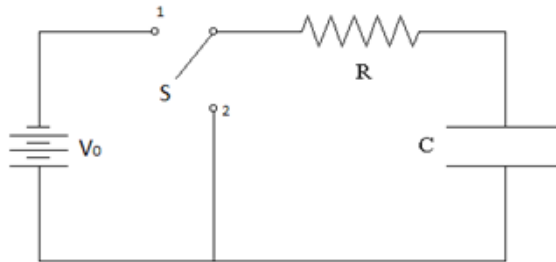


Paralel bağlı kondansatörlerde her bir kondansatörün sığasıyla orantılı farklı miktarda yük depolanır. Eşdeğer sığa, her bir kondansatör sığasının toplamına eşittir.

Şekil 1b: Paralel Bağlı Kondansatörler. (5)

$$C_{eş} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots = \sum_i C_i \quad (6)$$

Kondansatörün Bir Direnç Üzerinden Yüklenmesi ve Boşalması



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,

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

elde edilir. Bu denklemde V_0 güç kaynağının gerilimi, $I(t).R$ ohm kanununa göre direnç üzerinde azalan gerilim ve $q(t)/C$ ise denklem 3'deki gibi kondansatör üzerindeki gerilim düşmesidir. $J = dq/dt$ ifadesi denklem 6'de 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,

olur. Bu denklemin zamana göre türevi alındığında yüklenme alımı 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,

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

şeklinde olur.

$$t \rightarrow \infty \quad \text{olduğunda} \quad V_C(t) \rightarrow V_0 \quad q(t) \rightarrow Q_0 \quad I \rightarrow 0$$

yaklaşır. Pratikte ,bu duruma $t=5$, süresi sonunda ulaşıldığı kabul edilir.

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 çözülür ve 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 ,

$$V_c(t) = V_0 e^{-t/RC} \quad (13)$$

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

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 çarpımını **zaman sabiti** adı verilir ve T sembolü ile gösterilir.

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

Soru: Zaman sabitinin boyutunu ve birimini SI sisteminde belirleyiniz.

RC devresinin yüklenme ve boşalma zamanı τ 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 olmalanna 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 çizin.

4. $I = \frac{V_R}{R}$ yasasını kullanarak I akım şiddetlerini hesaplayarak, $\ln(\mu A)$ değerlerini de bulup tabloya işleyiniz.

5. $\ln(I)=f(t)$ grafiğini çizin ve grafiğin eğiminden zaman sabitini belirleyiniz ve hata hesabını yapınız.

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

Deney 3

Ohm ve Kirchhoff Yasaları

Amaç:

1. Bilinmeyen R_1 , R_2 , R_{SERI} ve $R_{PARALEL}$ 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 boşluklar (hole)'dır. Bir iletkenin kesitinden birim zamanda geçen toplam yüke **elektrik akımı** denir:

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

SI birim sisteminde akım birimi Amper'dir ($1A=1C/s$). 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 Ω 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.

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

Bu durumda devreden geçen akım

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

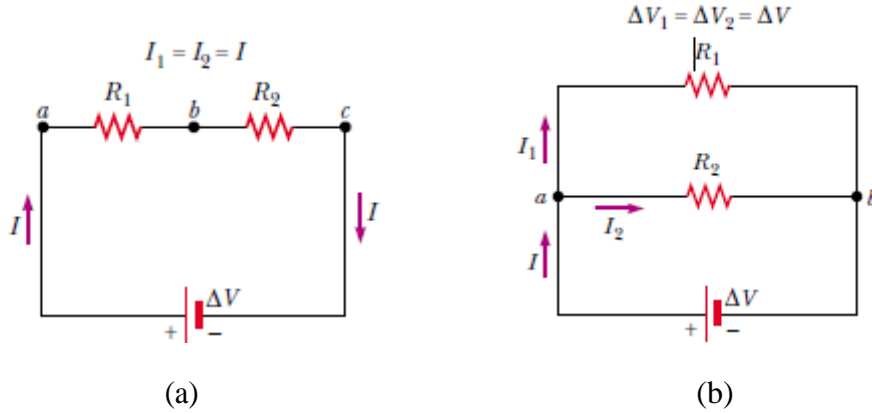
olur. Bu devre, seri bağlı iki direnç yerine tek bir eşdeğer direnç ile temsil edilir:

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

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

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

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 akımını I_1 ve I_2 akımlarının

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

toplamıdır. Dirençlerin uçları arasındaki potansiyel farkı

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

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

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

elde edilir.

Bu denklemden paralel bağılı dirençler için devrenin eşdeğer direnci

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

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

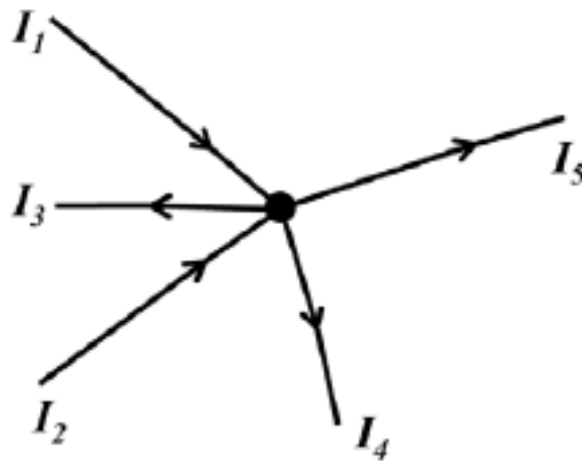
$$\frac{1}{R_{es}} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_n} \right) \quad (12)$$

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):

$$\sum I_{gel} = \sum I_{çık} \quad (13)$$



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

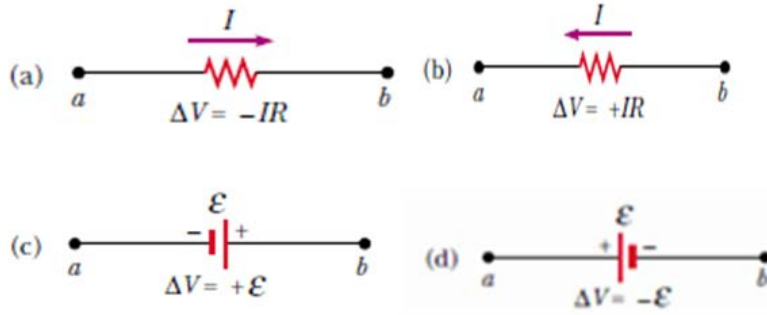
Şekil 2

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

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

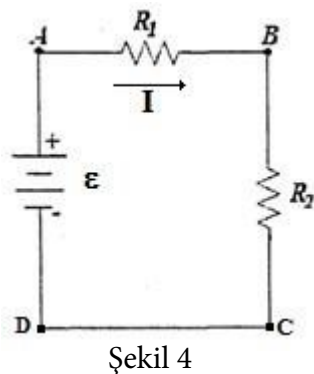
Kirchoff'un ikinci kuralını uygularken, bir ilmekte yükün bir ilmek boyunca hareketini ve elektriksel potansiyelindeki değişimi inceleriz. İkinci kuralı uygularken aşağıdaki işaret değişimlerine dikkat edilmelidir:

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



Şekil 3. Kirchoff Yasalarının Uygulama Kuralları.

Elektrik Devre Elemanlarında Güç Hesabı:



Şekil 4

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

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

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

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

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

ifadesi elde edilir. Buradaki terimleri sırası ile ve dirençlerinde Joule Isısı olarak harcanan güç ifadeleridir. Eşitlikteki çarpımı ise emk'lı güç kaynağının ürettiği gücü verir. Diğer bir ifade ile devrede üretilen güç, tüketilen güce eşittir:

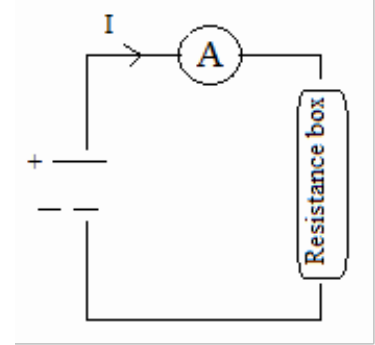
$$P_\epsilon = P_{R_1} + P_{R_2} \quad (18)$$

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 ₁ (mA)	R ₁ =.....	I ₂ (mA)	R ₂ =.....
		R _{1hesap} (kΩ)		R _{2hesap} (kΩ)
2				
5				
7				
9				
15				
		R _{1 ort} =		R _{2 ort} =
		R _{1 grafik} =		R _{2 grafik} =

2. Seçilen her bir iletken için $V=f(I)$ grafiği çizilir, direnç değerleri bulunur, hesaplanan direnç değerlerinin ortalaması ile karşılaştırılır ve sonuçlar Tablo 1’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 bağı 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.

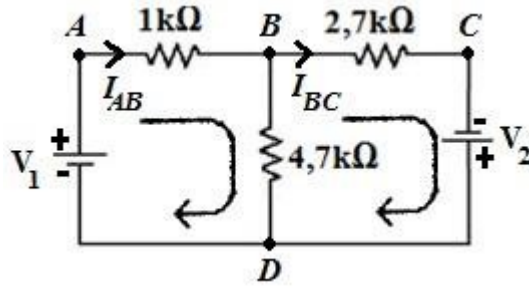
Tablo 2

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				
		$R_{\text{ort}}=$		$R_{\text{ort}}=$
		$R_{\text{eş}}=$		$R_{\text{eş}}=$
		$R_{\text{grafik}}=$		$R_{\text{grafik}}=$

Sorular

1. Akım ileten tüm malzemeler Ohm Yasasına 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.

Kirchoff Kuralları:



Şekil 6

1. Şekil 6'deki devre kurulur. Her bir devre elemanının üzerindeki potansiyel fark ve üreteçten geçen akımın şiddeti ölçülür ve Tablo 3'e işlenir.
2. Kirchoff Kuralları uygulanarak her bir direnç üzerindeki akımlar ve potansiyel farkları teorik olarak hesaplanır ve Tablo 3'e işlenir.
3. Bağıl 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								
Bağıl Hata								

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

Tablo 4

	P _{1kΩ}	P _{2,7kΩ}	P _{4,7kΩ}	P _γ	P _½	Toplam P _{tüketilen}	Toplam P _{üretilen}	P _{fark}
Deneysel Sonuç								
Hesap Sonucu								
Bağıl Hata								

Sorular

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

Deney 4

Akım Taşıyan iletkene Etkiyen Manyetik Kuvvet

Amaç

Düzgün manyetik alan içinde, akım taşıyan iletkene 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;

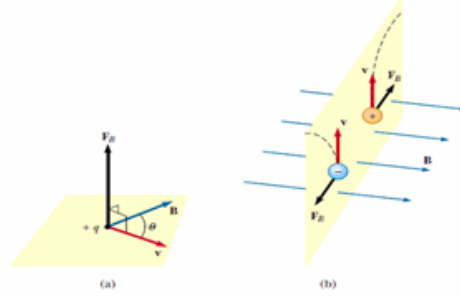
$$F_B = |q|VB\sin\theta \quad (2)$$

Burada θ , hız vektörü ile V , manyetik alan vektörünün B aralarındaki açısıdır. SI birim sisteminde B manyetik

alanın birimi Tesladır. "T" ile gösterilir. $T = \frac{N}{Am}$

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 alanında 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) Zıt yönlü manyetik kuvvetler F_B , bir manyetik alanda aynı hızda hareket eden zıt yüklü iki parçacığa uygulanır.



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 x 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:

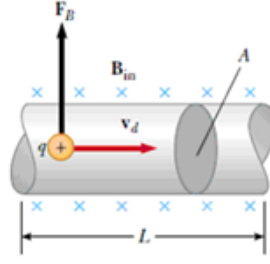
Düzgün bir B manyetik alanında I akımı taşıyan, L uzunluğunda ve A kesit alanına sahip düz bir tel parçası Şekil 3'te gösterilmiştir. Sürüklenme hızı vd ile hareket eden bir q yüküne uygulanan manyetik kuvvet dir. Tele etki eden toplam kuvveti bulmak için, bir yüke uygulanan kuvveti, segmentteki yüklerin 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,

$$F_B = (qv_d \times B)nAL$$

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

$$F_B = IL \times B$$

olmaktadır.

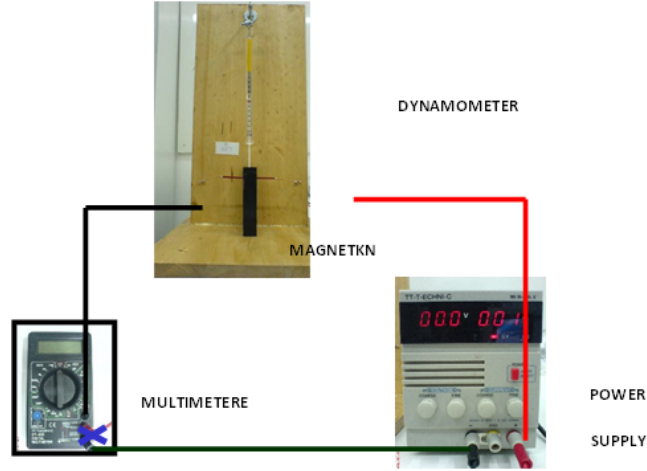


Şekil 3.

B manyetik alanında akım taşıyan bir tel parçası. Akımı oluşturan her yüke uygulanan manyetik kuvvet $qv_d \times B$ ve L uzunluğundaki parça üzerindeki net kuvvet $IL \times B$ dir.

2.Deney

Deneyde kullanılacak olan set Şekil 4'te gösterilmiştir.



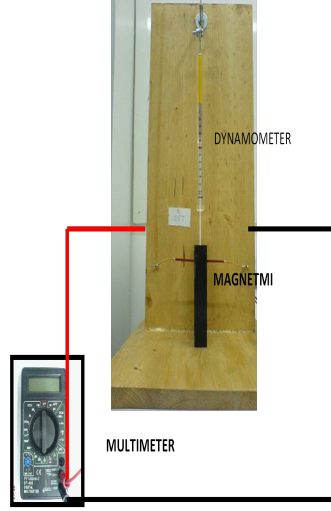
Şekil 4.

1. Kullanacağınız sette, multimetre (10A) 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° dir. Manyetik kuvvet $F_{mag} = ILB$ bağıntısından hesaplanır ve tabloya işlenir. ($L=2.5\text{cm}$, $B=0.5\text{ T}$ '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.

Tablo 1.

I(A)	F _{dynamometer} (N)	F ₀ =.....N	Magnetic Force	F _m - F
		F=F _{dynamometer} -F ₀		
0				
1.0				
1.5				
2.0				
2.5				
3.0				
3.5				
4.0				
4.5				

8.Hareketsel indüksiyon emk'sının gözlenmesi: Şekildeki gibi multimetere 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 nedeni açıklayınız. Okunan bu akımın büyüklüğü nelere bağlıdır?

Deney 5

Yüklü Parçacıkların Elektrik ve Manyetik Alandaki Hareketinin incelenmesi ve e/m Oranının Tayini

Amaç

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

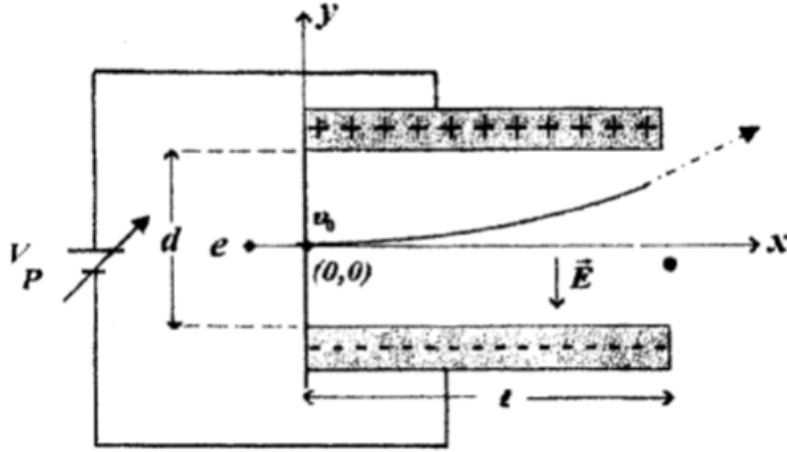
Araç ve Gereçler

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 ışını tüpünün flamanından çıkan elektronlar bir VA 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 elektrikselsel 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.

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

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,

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

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

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

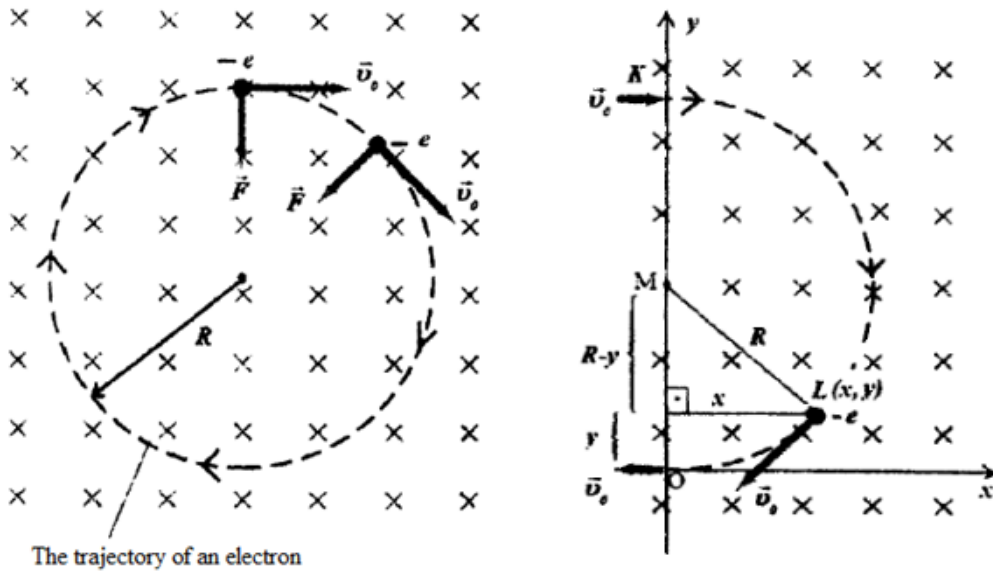
haline gelir. Denklem (5)'de, uygulanan hızlandırma ve sapıtma arasındaki d uzaklığı sabit olduğuna göre, yörünge denklemi

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

Şeklinde ifade edilebilir. Bu denklem bir parabol denklemdir.

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 düzleminden içeri yönelmiş bir manyetik alanında çembersel yörüngesi. (b) Yörünge üzerinde herhangi bir L noktasının koordinatları.

Elektrona,

$$F = e v_0 B \quad (7)$$

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

$$e v_0 B = m \frac{v_0^2}{R} \Rightarrow R = \frac{m v_0}{e B} \quad (8)$$

çembersel yörüngenin R yarı çapı 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)'den Pisagor teoreminden de bulunur:

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

e/m Oranı Tayini

E düzgün elektrik ve B düzgün manyetik alanlar birlikte uygulandığında elektron

$$\vec{F}_{Lorentz} = \vec{F}_{Elec.} + \vec{F}_{Mag.} = e\vec{E} + e v_0 \times \vec{B} \quad (11)$$

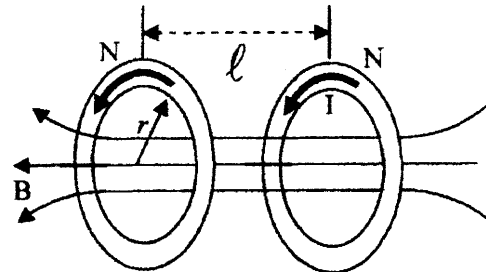
Lorentz kuvvetinin etkisi altında hareket eder. Birbirine dik, uygun E ve B alan için, $\vec{F}_{Lorentz} = 0 \Rightarrow \vec{E} = v_0 B$ yapılabilir. $E = v_0 B$ elde edilir. Bu bağıntıda v_0 ve E için sırasıyla (3) ve (4) denklemleri kullanılarak e/m oranı,

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

bulunur.

Helmholtz Düzenegi

Düzenekle aralarında P 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 2. Helmholtz bobinleri için manyetik alan çizgileri

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

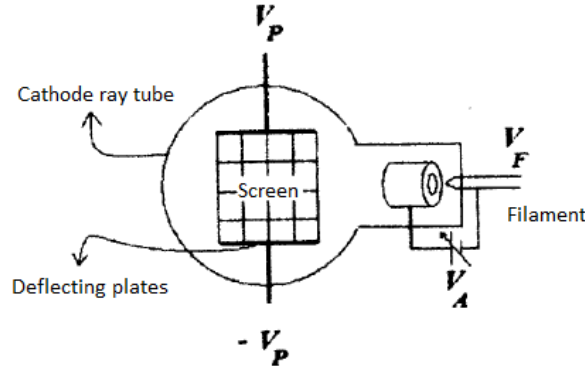
Sorular

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 ışını tüpü flamanından fırlayan elektronlar, V_A yüksek gerilimi ile hızlandırılır ve eğimli floresans ekrana çarparak bir iz bırakır. (Şekil 4.a)



Şekil 4. Deney düzeneği.

2. Plakalar arası mesafe 5,2cm dir. V_A hızlandırma gerilimi 4000V'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. $y = egimx^2$ ifadesi ile (5) denklemini karşılaştırınız ve yorumlayınız.

Tablo 1

x(cm)	y(cm)	$x^2(\text{cm}^2)$		
0	0			
2			$y = egimx^2$	$V_p/(4dVA)$
4				
6				
8				
10				

Manyetik Alan Etkisinde Elektronun Hareketinin İncelenmesi

1. VA hızlandırma gerilimi 3000V'a ve Helmholtz bobinlerinden geçen akım 0,41A'e ayarlanır.
2. Floresans ekranda gözlenen elektron demetinin (xy) koordinatları okunur ve (10) denklemi kullanılarak R yarıçapı hesaplanır, sonuçlar Tablo 2' ye işlenir.

Tablo 2

x(cm)	y(cm)	R (cm)
2	0,17	
3		
4		
5		
6		--
Rort=		

3. B manyetik alanı (13) denkleminde bulunur. ($N=320$ ve $r=0,068m$)
 $B=.....()$.
4. (9) denklemi yardımıyla R değeri hesaplanır. ($e=1,6 \times 10^{-19} C$ ve $m=9,1 \times 10^{-31} kg$)
 $R=.....()$.
5. R ve $Rort$ değerlerini karşılaştırınız ve yorumlayınız.

e/m Oranının Belirlenmesi

1. VA hızlandırma gerilimi 3000V ve Vp saptırma gerilimi 700V'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.
2. B manyetik alanları (13) denkleminde bulunur. ($N=320$ ve $r=0,068m$)
3. (12) denklemini kullanarak e/m değeri hesaplanır ve ortalaması alınır.

Tablo3

VA(V)	Vp (V)	I (A)	B (Tesla)	e/m (C/kg)
3000	700			
3000	800			
3000	900			
$(e/m)ort$				