

# ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ



## MÜHENDİSLİK ÖĞRENCİLERİ İÇİN FİZİK II DENEYLERİ LABORATUVAR KİTABI

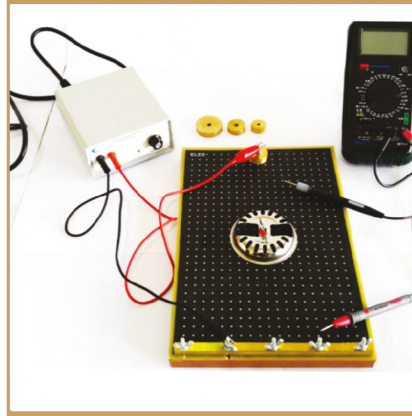
### Yazarlar

Emel ALĞIN (Editör) – Derya PEKER (Editör)

U. Gökhan İŞSEVER - Gökhan KILIÇ

Celal AŞICI - Sadiye Ç. ÇOLAK - Erkan İLİK

Seniye KARAKAYA - Malik KAYA - Murat KELLEGÖZ





Mühendislik öğrencileri için

# **FİZİK II DENEYLERİ LABORATUVAR KİTABI**

Emel ALĞIN (Editör) – Derya PEKER (Editör)  
U. Gökhan İŞSEVER – Gökhan KILIÇ  
Celal AŞICI - Sadiye Ç. ÇOLAK - Erkan İLİK  
Seniye KARAKAYA – Malik KAYA – Murat KELLEGÖZ

**ESKİŞEHİR 2026**

**Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Yayınları No: 407**

Sahibi : Prof. Dr. Kamil ÇOLAK (Rektör)  
Yayın Yönetmeni : Prof. Dr. Emine GÜMÜŞSOY (Rektör Yardımcısı)  
Yayın Komisyonu : Prof. Dr. Emine GÜMÜŞSOY (Rektör Yardımcısı)  
Prof. Dr. Haldun KURAMA  
Prof. Dr. Mahmut KEBAPÇI

İdari Sorumlu Mustafa ARSLAN  
İ.M.İ.D. Başkanı  
Basımevi Sorumlusu : Yüksel ASLAN  
ESOGÜ Basımevi Şube Müdürü

Bu kitabın basım, yayım ve satış hakları Eskişehir Osmangazi Üniversitesi'ne aittir. Bütün hakları saklıdır.

Kitabın tümü ya da bölümü/bölemleri Eskişehir Osmangazi Üniversitesi'nin yazılı izni olmadan elektronik, optik, mekanik ya da diğer yollarla basılamaz, çoğaltılamaz ve dağıtılamaz. Copyright 2026 by Eskişehir Osmangazi University. All rights reserved.

No part of this book may be printed, reproduced or distributed by any electronically, optical, mechanical or other means without the written permission of Eskişehir Osmangazi University.

**Kapak Tasarım**

Doç. Dr. Şirin Şengel

**Tasarım-Dizgi**

Dr. Uğur Gökhan İŞSEVER

**ISBN NO**

978-605-9975-94-0

**Baskı Tesisleri**

ESOGÜ Basımevi

**T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Matbaa Sertifika No.: 64281**

**ESKİŞEHİR 2026**

ADI-SOYADI : .....

BÖLÜMÜ : .....

NUMARASI : .....

FOTOĞRAF

| Deneyin Kodu | Deneyin Adı                             | Yapıldığı Tarih | Öğretim Elemanı İmza |
|--------------|-----------------------------------------|-----------------|----------------------|
| E1           | Elektroliz                              |                 |                      |
| E2           | Ohm Yasası                              |                 |                      |
| E3           | Wheatstone Köprüsü                      |                 |                      |
| E4           | Elektrostatik ve Coulomb Yasası         |                 |                      |
| E5           | Eşpotansiyel ve Elektrik Alan Çizgileri |                 |                      |
| E6           | Manyetik Kuvvet                         |                 |                      |
| E7           | Biot-Savart Yasası                      |                 |                      |
| E8           | Transformatör                           |                 |                      |
| E9           | Telde Rezonans                          |                 |                      |
| E10          | Rezonans Tüpü ve Kararlı Dalgalar       |                 |                      |





# ÖNSÖZ

Bu kitap, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi bölümlerindeki 1. sınıf öğrencilerine Bahar Yarıyılında okutulan Fizik II Laboratuvarı derslerinde kullanılmak üzere hazırlanmıştır. Bu dersin ana amacı, elektrik ve manyetizma konularını laboratuvar ortamında gözleme dayalı olarak öğretmektir. Bu açıdan, Fizik II derslerinde teorik olarak sınıf ortamında ve kitaplar ile kazanılan problem çözme becerilerini tamamlayıcı niteliğindedir.

Elektromanyetizma, doğadaki temel etkileşmelerden biridir ve kökeni maddeye ait bir özellik olan elektrik yüküne dayanır. Elektromanyetik etkileşme, ışık ve diğer elektromanyetik radyasyonları da açıklayan kesin bir teoriye sahiptir. Elektrik ve manyetizma, doğal olayların birçoğunda gözlenebilmektedir. Ayrıca günlük yaşamımızda kullandığımız teknolojik ürünlerin hemen hemen hepsinde elektromanyetizmanın uygulamaları ile karşılaşmaktayız.

Sevgili öğrenciler, elektromanyetizmaya dayanan doğa olaylarını ve teknolojik ürünlerin çalışma prensiplerini daha iyi anlamaya yönelik olarak hazırlanan Fizik II Deneyleri Laboratuvar Kitabı'nda on adet deney mevcuttur. Her bir deney için yapacağınız veri analizi, sonuçlarınızı yorumlayarak raporlamanız, laboratuvar öncesi ve sonrası laboratuvar görevlileri tarafından yöneltilen sorular, deneyleri daha iyi kavranmanızı sağlayacaktır. Fizik II Laboratuvar dersinin işleyişi ve laboratuvar güvenliği hakkında genel bilgiler “Fizik Laboratuvarı Uygulama Yönergesi” başlığı altında detaylı olarak verilmiştir.

Güz Yarıyılında Fizik I ve Fizik I Laboratuvar derslerini tamamlayan ve Bahar Yarıyılında Fizik II ve Fizik II Laboratuvar derslerini alan öğrencilerimizin kendi disiplinlerinde ilerlerken daha bilimsel bir kavrayışa sahip olacaklarını umut ediyoruz. Bu anlayışla, Fizik II Laboratuvarına son bir yıl içinde yeni deney setleri alınmıştır. Hem ilave deneylerin eklenmesi hem de mevcut deneylere ait metinleri iyileştirme isteği, yeni bir laboratuvar kitabı hazırlığı ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Bu laboratuvar kitabının hazırlanması sırasında daha önceki yıllarda hazırlanan deney föylerinden de yararlanılmıştır. Bu föylerin hazırlanmasında emeği geçen tüm meslektaşlarımıza teşekkür ederiz.

Son olarak, bu laboratuvar kitabının gelişmeye açık olduğunu unutmayınız. Buradan hem meslektaşlarımızı hem de öğrencilerimizi düzeltme, yorum ve önerilerde bulunmaya davet ediyoruz. Bu kitabın daha anlaşılır ve faydalı olmasına yönelik çabalarımıza, sizlerden gelecek geribildirimler ile katkıda bulunmanız bizim için çok değerlidir.

Bu kitabın hazırlanmasında destek ve katkılarından dolayı Fizik II Deneyleri Laboratuvar Kitabı Yazarlar Kuruluna, deney setlerinin kurulumu ve devamlılığının sağlanmasında yardımlarından dolayı Fizik Laboratuvarı Sorumlusu Halil Yasin Adıyaman'a ve şekil çizimlerinde yardımlarından dolayı yüksek lisans öğrencisi Ali Olkun'a teşekkürü borç biliriz.

Ocak, 2017

Prof. Dr. Emel ALĞIN

Dr. Öğr. Üyesi Derya PEKER

Fizik II Deneyleri Laboratuvar Kitabı Yazarlar Kurulu Adına

# FİZİK LABORATUVARI

## UYGULAMA YÖNERGESİ

1. Tüm öğrenciler laboratuvara zamanında katılmalıdırlar. Laboratuvar dersinin başlamasından itibaren, **15 dakikadan daha uzun süre geç kalan öğrenciler laboratuvara alınmayacaklardır.**
2. Deney grupları ve ilk hafta hangi grubun hangi deneyi yapacağı laboratuvar duyuru panosunda ilan edilecektir. Sonraki haftalarda grupların yapacakları deneyler için duyuru panosunda belirtilen döngü göz önünde bulundurulacaktır. **Öğrenciler keyfi olarak gruplarını değiştiremezler.**
3. Laboratuvar dersinin başlangıcından itibaren **görevlilerin uyarılarına uyunuz.** Görevliler ders düzenini korumak adına her türlü değişiklik yapma yetkisine sahiptirler.
4. **Ders esnasında, masalar arasında dolaşarak ya da gürültü yaparak dersin düzenini bozmaktan kaçınınız.**
5. **Ders süresince cep telefonlarınızı her türlü iletişime kapalı tutunuz.** Telefonunuzun sesinin kapalı olması yeterli değildir. Bütünüyle kapamanız istenmektedir.
6. Laboratuvarda ihtiyaç duyabileceğiniz **kurşun kalem, tükenmez kalem, kalem ucu, silgi, cetvel, hesap makinesi, tablolar, grafik kağıdı vb.** araç ve gereçleri derse gelirken yanınızda bulundurunuz.
7. Öğrenciler laboratuvara gelmeden önce o gün yapacakları deney ile ilgili **Fizik Laboratuvar Kitabı** içinde yer alan teorik bilgi ve deneyin yapılışı kısımlarını çalışarak hazırlıklı gelmelidirler.
8. Öğrenciler her hafta yapacakları deney ile ilgili olarak, laboratuvarda görevli olan **öğretim elemanları tarafından sözlü bir sınava tabii tutulurlar.**
9. Deney düzeneklerinin zarar görmesinden o deneyi yapmakta olan grup üyeleri sorumlu olacağından, deneye başlamadan önce deney ekipmanlarında göz ile görünür bir hasar olup olmadığını kontrol ederek, **eğer hasar varsa biran önce görevlileri haberdar ediniz.**
10. **Dersin sorumlularının onayı olmadan deney düzeneklerini kurmaya başlamayınız.**
11. Fizik Laboratuvarı dersi geçme notu; %50 ağırlıklı **“uygulama notu”** ve %50 ağırlıklı **“dönem sonu sınavı notu”** ile belirlenecektir. Deneylerini başarı ile tamamlayan öğrenciler dönem sonu sınavına girmeye hak kazanırlar.
12. Laboratuvar dersini alan öğrenciler, her hafta yaptıkları deneylerle ilgili rapor hazırlayacaklardır. Dersin “uygulama notu”, öğrencilerin tüm deney raporlarından aldıkları notların ortalaması alınarak hesaplanacaktır.
13. Rapor notlandırması; deney aletlerinin kullanımı ve düzenli şekilde terk edilmesi, deneyin yapılışı ve tartışılması üzerinden yapılacaktır. Ayrıntılı notlandırma; düzen, sonuçlar, grafik çizimi, değerlendirme ve deneyde gösterilen başarı şeklinde olmaktadır.
14. “Laboratuvar dönem sonu sınavı notu”, final haftasında yapılacak olan test sınavında öğrencinin aldığı not olacaktır.
15. Arasınav haftalarında ders yapılmayacaktır.

16. Deney sonunda rapor teslimi sırasında, deney sorumlusunun imzasını raporunuza almayı, fotoğraflı onay sayfanızı imzalatmayı ve yoklama listesini imzanızı atmayı unutmayınız. Sonradan, teslim imzası alınmaksızın deney sorumlularının kapısının altından ya da başka şekilde teslim edilen raporlarda hak iddia etmenizin mümkün olmayacağını unutmayınız.
17. **Laboratuvar deneylerinden 3 (üç) deneye devamsızlık yapan öğrenci laboratuvar dersinden doğrudan kalmış sayılır.** Telif haftasında doğabilecek karışıklığı önlemek amacıyla; bir veya iki deneyi eksik olan öğrencilerden, sadece geçerli bir mazereti olanlar (sağlık raporu, izin belgesi, vs.) telif haftasında eksik deneylerini tamamlayabilirler. Mazeretsiz deneye katılmayanlar ile mazereti olup da telif deneyini yapmayanların ilgili deney/deneyler için rapor notu **0 (sıfır)** olarak değerlendirilir.
18. Telif haftası ve telifte gelecek öğrenciler, deneylerin tamamlanmasının ardından duyuru panosunda ilan edilecektir.
19. Deneylerinizi tamamladıktan sonra, deney düzeneklerinizi ve masanızı görevlilerin belirttiği düzende ve temiz olarak teslim ediniz.
20. İlgili dönemin Fizik Laboratuvar Kitabını, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Tesisler İktisadi İşletmesi Kitabevinden alabilirsiniz.

**BAŞARILAR DİLERİZ...**

## İÇİNDEKİLER

|                                                   |     |
|---------------------------------------------------|-----|
| ÖNSÖZ.....                                        | i   |
| FİZİK LABORATUVARI UYGULAMA YÖNERGESİ .....       | iii |
| Elektroliz (E1).....                              | 1   |
| Ohm Yasası (E2).....                              | 7   |
| Wheatstone Köprüsü (E3).....                      | 15  |
| Elektrostatik ve Coulomb Yasası (E4).....         | 23  |
| Eşpotansiyel ve Elektrik Alan Çizgileri (E5)..... | 39  |
| Manyetik Kuvvet (E6) .....                        | 51  |
| Biot-Savart Yasası (E7) .....                     | 61  |
| Transformatör (E8) .....                          | 71  |
| Telde Rezonans (E9).....                          | 77  |
| Rezonans Tüpü ve Kararlı Dalgalar (E10).....      | 83  |
| Kaynaklar .....                                   | 93  |



# ELEKTROLİZ



E1





## DENEYİN AMACI:

1. Elektrolizin çalışma prensibini anlamak.
2. Elektroliz sürecini bir metalin bakır ile kaplanması örneği üzerinde incelemek.

## DENEYDE KULLANILAN ARAÇLAR:

Bakır elektrotlar

Elektroliz kabı

Bakır sülfat ( $\text{CuSO}_4$ ) çözeltisi

DC güç kaynağı

Reosta

Ampermetre (DC güç kaynağı üzerinde)

Bağlantı kabloları

Kronometre

Hassas terazi

## TEORİK BİLGİ:

Elektroliz, iyon içeren bir çözeltiden geçirilen bir doğru akım (DC) ile elektrotlarda kimyasal değişimler oluşturan bir tekniktir. Elektroliz, metalürji alanında geniş ölçüde kullanılmaktadır, örneğin maden cevheri ve bileşiklerindeki metallerin çıkarılması ve saflaştırılması gibi süreçlerde elektroliz yönteminden yararlanılmaktadır.

Elektrolizin çalışma prensibini bakır sülfat ( $\text{CuSO}_4$ ) çözeltisi üzerinde inceleyelim. Suyun içine  $\text{CuSO}_4$  eklendiğinde su içinde çözünür.  $\text{CuSO}_4$  bir elektrolit olduğundan elektriği iletir ve su içinde  $\text{Cu}^{++}$  (katyon) ve  $\text{SO}_4^{--}$  (anyon) iyonlarına ayrılır. Bu iyonlar çözelti içinde serbestçe hareket ederler.

Elektrolizde, bir elektrolit çözeltisindeki iki elektrot arasına uygulanan elektrik akımı yardımıyla iyonlar hareket ettirilir. Bakır elektrolizinde, iki bakır elektrot  $\text{CuSO}_4$  çözeltisine daldırılır ve bir pil yardımıyla elektrotlar arasına akım uygulanırsa,  $\text{Cu}^{++}$  iyonları (katyon) anottan (pozitif elektrot) ayrılır ve katoda (negatif elektrot) doğru hareket ederler. Katoda vardıklarında, her bir  $\text{Cu}^{++}$  iyonu katottan elektron alır ve nötr bakır atomuna dönüşür. Benzer şekilde  $\text{SO}_4^{--}$  (anyon) iyonları anoda (pozitif elektrot) doğru hareket eder ve burada iki elektronunu bırakarak  $\text{SO}_4$  radikaline dönüşür.  $\text{SO}_4$  radikali ise elektriksel olarak nötr durumda

bulunamadığından bakır anoda çarparak bakır sülfatı oluşturur. Fakat suyun içinde  $\text{CuSO}_4$  tek bir molekül olarak bulunamadığı için,  $\text{CuSO}_4$  ayrışarak  $\text{Cu}^{++}$  ve  $\text{SO}_4^{--}$  iyonları şeklinde suda çözünür. Bu nedenle bakır sülfatın bakır elektrotları ile elektrolizi sırasında bakır, katot üzerinde çökeler (yani, bakır kaplama) ve aynı miktarda bakır ise anottan sökülür.

Belirli bir maddenin bir molünde  $N_A = 6.02 \times 10^{23}$  Avagadro sayısı kadar atom vardır. Bu nedenle, tek değerlikli bir iyonun nötral bir atoma dönüşmesi için gerekli olan yük miktarı

$$q = 1.60 \times 10^{-19} \times 6.02 \times 10^{23} = 96540 \text{ C} \quad (1.1)$$

olur. Atom kütlesi  $A$  ve değeriği  $n$  olan bir maddenin elektrolit çözeltisinden 96540 coulomb elektrik yükü geçirilirse, katotta  $A/n$  gram kütle çökeler. Belirli bir  $t$  süresince elektrolitten geçen toplam elektrik yükü  $Q$  ise, katotta çökelen kütle miktarı

$$m = \frac{Q}{96540} \frac{A}{n} \quad (1.2)$$

olur. Burada  $Q = It$  olup  $I$ , belirli bir  $t$  süresince geçen akımdır ve

$$I = m \frac{96540}{t} \frac{n}{A} \quad (1.3)$$

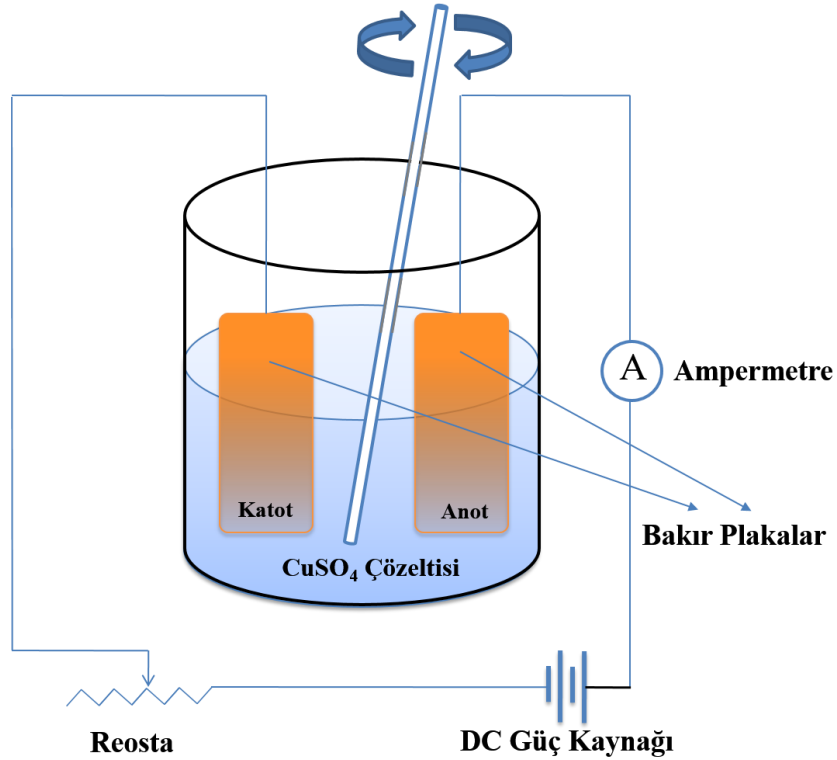
ile ifade edilir. Katyonlar,  $\text{Cu}^{++}$  iyonunda olduğu gibi iki valans değerine sahipse, her bir katyon için, katottan katyona iki elektron aktarılır. Çökelen bakır kütlesi  $m$  biliniyorsa devreden geçen akım belirlenebilir:

$$I = m \frac{96540}{t} \frac{2}{63.5} \quad (1.4)$$

Burada 63.5 g/mol, bakırın atom kütlesidir.

### DENEYİN YAPILIŞI:

1. Elektrotları önceki deney kalıntıları kalmayacak şekilde zımparalayınız. Kullanmadan önce elektrotları yıkayıp kurutunuz.
2. Her bir elektrotu hassas bir şekilde tartınız ve kütlelerini,  $m_1$  ve  $m_2$ , Tablo 1.1'e kaydediniz.
3. Şekil 1.1'deki devreyi kurunuz. Laboratuvar görevlisine devrenizi kontrol ettirmeden önce kesinlikle devrenize akım vermeyiniz.



Şekil 1.1. Elektroliz deneyinin devre şeması.

4. Devrenize akım verdiğiniz anda kronometreyi çalıştırınız. Ampermetrenizi 1 A değerini geçmeyecek bir akıma ayarlayınız. Bu değeri,  $I_1$  olarak Tablo 1.1'e kaydediniz. Bu akım değerini reosta ile sabit tutunuz (Güç kaynağı ile ayarlama yapmayınız).
5. Çözeltinin homojenliğini sağlamak için elektrotlara dokunmadan çözeltiyi sürekli karıştırınız. Laboratuvar görevlisinin deney başlangıcında belirttiği süre ( $t$ ) sonunda güç kaynağını kapatınız. Bu  $t$  süresini Tablo 1.1'e kaydediniz.
6. Elektrotları çözeltiden dikkatlice çıkarınız. Elektrotları silmeden sadece kurutma makinesi ile kurutunuz. Her bir elektrotu hassas bir şekilde tekrar tartınız ve bu kütleleri  $m'_1$  ile  $m'_2$  olarak Tablo 1.1'e kaydediniz. Ağırlaşan ve hafifleyen elektrotları belirleyiniz. Katodun kütlesinde bir artış, anodun kütlesinde ise bir azalma olmalıdır.

7. Kütlelerdeki artış ve azalmayı  $\Delta m_1$  ve  $\Delta m_2$  hesaplayınız ve bu değerleri Tablo 1.1'e

kaydediniz. Yer değiştiren madde miktarını  $m = \frac{\Delta m_1 + \Delta m_2}{2}$  eşitliğinden yararlanarak

hesaplayınız ve Tablo 1.1'e kaydediniz.

8. Çözelti devresinden geçen akım miktarını  $I_2$

$$I = m \frac{96540}{t} \frac{2}{63.5}$$

eşitliğini kullanarak hesaplayınız ve Tablo 1.1'e kaydediniz.

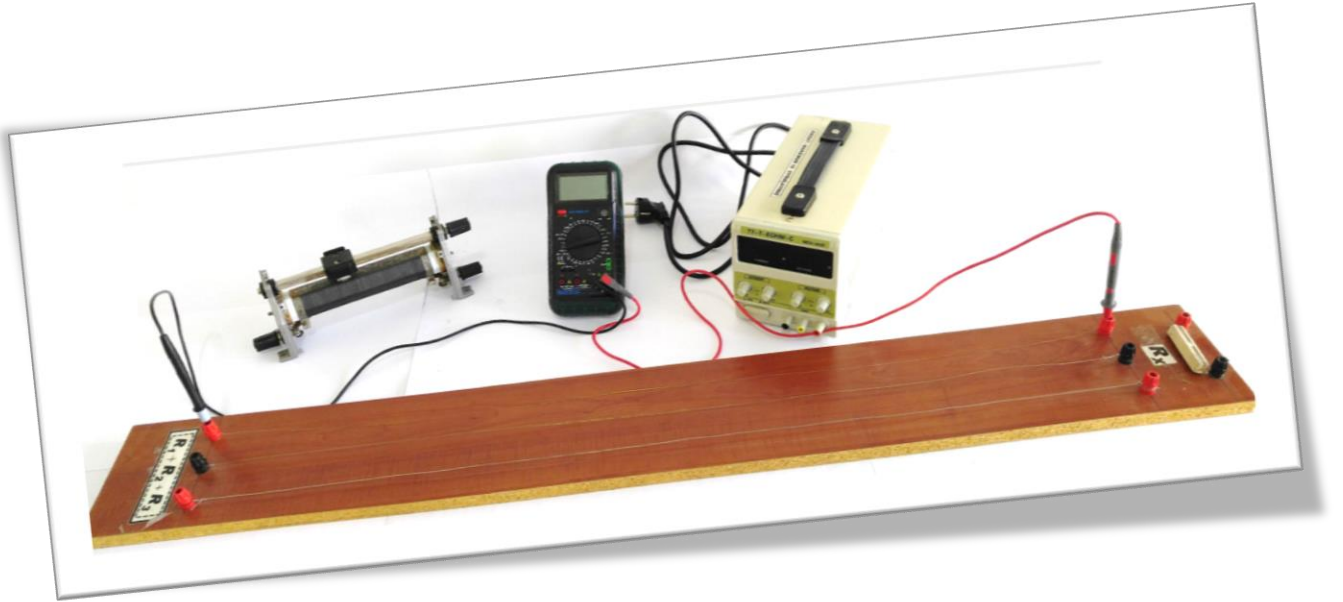
9. Deney süresince ampermetreden geçen akım miktarı  $I_1$  ile hesaplama ile elde ettiğiniz akım

değeri  $I_2$  arasındaki farkı  $(|I_1 - I_2|)$  bulunuz ve Tablo 1.1'e kaydediniz. Bu farkın neden kaynaklandığı hakkında yorum yapınız.

### DENEY VERİLERİ:

| TABLO 1.1 |         |           |           |            |            |                  |                  |         |           |                   |
|-----------|---------|-----------|-----------|------------|------------|------------------|------------------|---------|-----------|-------------------|
| $I_1$ (A) | $t$ (s) | $m_1$ (g) | $m_2$ (g) | $m'_1$ (g) | $m'_2$ (g) | $\Delta m_1$ (g) | $\Delta m_2$ (g) | $m$ (g) | $I_2$ (A) | $ I_1 - I_2 $ (A) |
|           |         |           |           |            |            |                  |                  |         |           |                   |

# OHM YASASI



E2



## DENEYİN AMACI:

Ampermetre ve voltmetre yardımı ile direnç ölçülmesi.

## DENEYDE KULLANILAN ARAÇLAR:

Farklı kalınlıklarda 1 m'lik üç iletken tel

Değeri bilinmeyen direnç ( $R_x$ )

Multimetre (voltmetre olarak kullanılmak üzere)

DC güç kaynağı

Ampermetre (DC güç kaynağı üzerinde)

Reosta

Bağlantı kabloları

## TEORİK BİLGİ:

Elektrik günlük yaşantımızın vazgeçilmez bir parçasıdır. Evimizde kullandığımız televizyon, bilgisayar, buzdolabı gibi araçlar ile elektrik devrelerinin hepsi elektrikle çalışır. Bu nedenle, Ohm Yasası, elektrik bilimi ve elektronik mühendisliği alanında; basitliği ve kullanışlılığı ile çok kullanılan bir yasadır. Ohm yasası elektrik devrelerine uygulandığında; akım, potansiyel farkı ve direnç arasındaki ilişkiyi verir.

Bir metal parçasındaki serbest elektronlar gelişigüzel hareket ederler. Bu hareketten dolayı metal içerisinde bir elektrik akımı oluşmaz. Eğer  $L$  boyundaki metal bir tel; uçları arasında  $V$  potansiyel farkı bulunan bir pilin kutuplarına bağlanırsa, metal telde büyüklüğü,

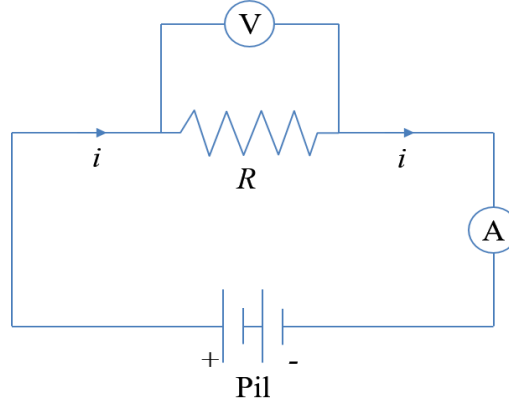
$$E = \frac{V}{L} \quad (2.1)$$

olan ve tel boyunca pozitif kutuptan negatif kutba doğru yönelmiş bir  $\vec{E}$  elektrik alanı oluşur. Bu alan; teldeki serbest elektronlara bir kuvvet uygulayarak elektronlara, elektrik alana ters yönde bir hareket verir ve bir elektrik akımı meydana gelir. Oluşan elektrik akımının büyüklüğü, uygulanan elektrik alanın büyüklüğüne bağlıdır. Böylece, bir iletken telin herhangi bir dik kesitinden birim zamanda geçen serbest elektron miktarına elektrik akımı adı verilir. İletken telin dik kesitinden  $t$  kadar zamanda geçen yük miktarı  $q$  ise, bu telden geçen elektrik akımı  $i$ ,



$$i = \frac{q}{t} \quad (2.2)$$

ile verilir. SI birim sisteminde; yük, coulomb (C); zaman, saniye (s) cinsinden ölçüldüğünden, elektrik akımının birimi C/s olur. Bu birim; özel olarak amper (A) adını alır. Bir devreden elektrik akımının akabilmesi için o devrenin kapalı devre olması gerekir. Eğer devre açık olursa; serbest elektronlar havadan geçemeyecekleri için elektrik akımı akmaz. Şekil 2.1’de görüldüğü gibi, bir iletken telden geçen akım, ampermetre ile ölçülür. Ampermetre, akımın ölçüleceği kol üzerine seri olarak bağlanır.



**Şekil 2.1.** Akım, potansiyel farkı ve direncin bulunduğu kapalı bir devre.

Bir elektrik devresine uygulanan potansiyel farkı skaler bir niceliktir. Akım geçen iki nokta arasındaki potansiyel farkın SI sistemindeki birimine, ilk pili geliştiren Alessandro Volta (1745-1827) olduğu için, volt (V) ismi verilmiştir. Şekil 2.1’de görüldüğü gibi, bir devrenin iki ucu arasındaki potansiyel farkı, voltmetre ile ölçülür. Voltmetre, potansiyel farkı ölçülecek noktalar arasına paralel olarak bağlanır.

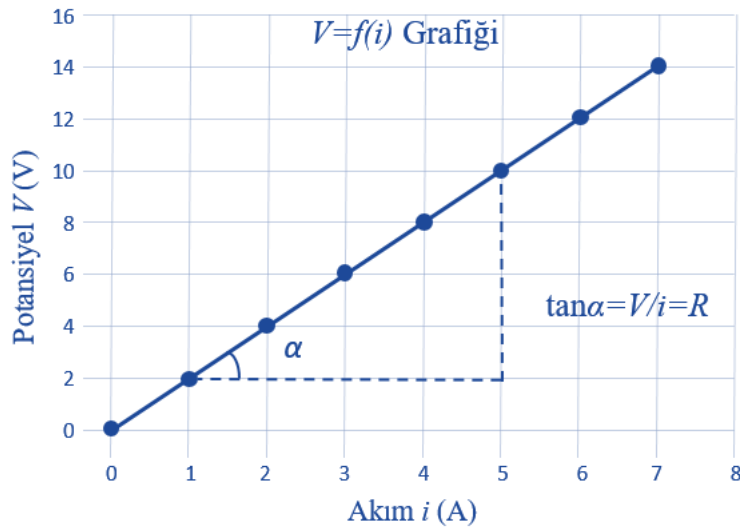
Bir iletken telin uçları arasına bir  $V$  potansiyel farkı uygulanarak, bu telin içinde bir  $\vec{E}$  elektrik alanı oluşturulduğunda telden bir  $i$  akımı geçer. Sıcaklık sabit tutulduğunda, iletken telin uçları arasındaki  $V$  potansiyel farkının değiştirilmesiyle telden geçen  $i$  elektrik akımı da değişir. Bununla birlikte, iletken telin uçları arasındaki  $V$  potansiyel farkının, telden geçen  $i$  akımına oranı sabit kalır. Yani,  $V/i = \text{sabit}$  olur. Bu orana iletkenin direnci denir ve  $R$  ile gösterilir. Genellikle, herhangi bir iletken telin direnci  $R$ ,

$$R = \frac{V}{i} = \text{sabit} \quad (2.3)$$

eşitliği ile verilir. Bu durum; ilk kez 1827’de Alman Bilimci George Simon Ohm (1787-1854) tarafından keşfedildiği için “Ohm Yasası” olarak bilinir. Ohm Yasası, elektriğin en temel yasasıdır ve akım, potansiyel farkı ve direnç üçlüsü arasındaki matematiksel ilişkiyi tanımlar

(bkz. Şekil 2.1). Bu yasa, alternatif akım taşıyan elektrik devrelerine de uygulanabilir. SI sisteminde, potansiyel farkın birimi volt (V) ve elektrik akımının birimi amper (A) olduğundan, direnç birimi volt/amper (V/A) olur. Bu birim; özel olarak ohm ( $\Omega$ ) adını alır. Elektrik devrelerinde direnç  $\sim\sim\sim$  işaretiyle gösterilir. Bir telin direnci; telin yapıldığı maddenin cinsine, telin uzunluğuna ve telin kesitine bağlıdır. Dirençler devrelerde; devreden geçen akımı sınırlayarak belli bir değerde tutmak, devrenin besleme gerilimini bölüp küçülterek diğer elemanların çalışmasını sağlamak, hassas devre elemanlarının yüksek akımdan zarar görmesini engellemek, yük (alıcı) görevi yapmak ve ısı enerjisi elde etmek gibi amaçlarla kullanılır. Çoğu devre elemanının direnci, tipik olarak 10  $\Omega$  ile 100.000  $\Omega$  arasındadır.

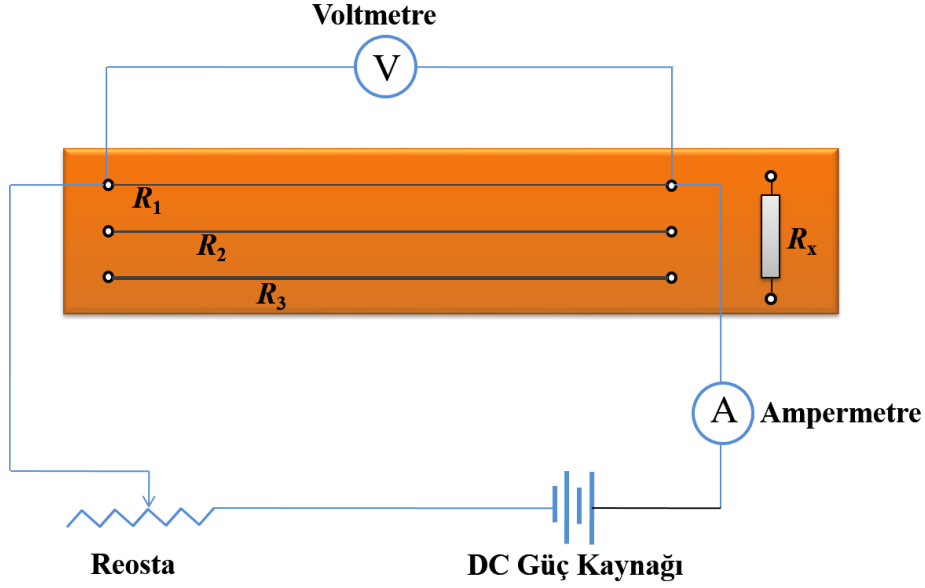
Eşitlik 2.3'ten görüldüğü gibi, bir iletken telden geçen akım, telin iki ucu arasındaki potansiyel farkı  $V$  ile doğru orantılı ve direnç  $R$  ile ters orantılıdır. Buna göre, iletken telin uçları arasındaki potansiyel farkı; bu telin içinden geçen akımın fonksiyonu olarak çizilebilir. Şekil 2.2'de,  $V$ 'nin  $i$  ile değişimini gösteren grafik görülmektedir. Bir doğru olan bu grafiğin eğimi bize, iletken telin direnci  $R$ 'yi verecektir. Ayrıca, Eşitlik 2.3'ten anlaşılabacağı üzere, direnç her zaman pozitiftir.



**Şekil 2.2.** Potansiyel farkının akım ile değişimi.

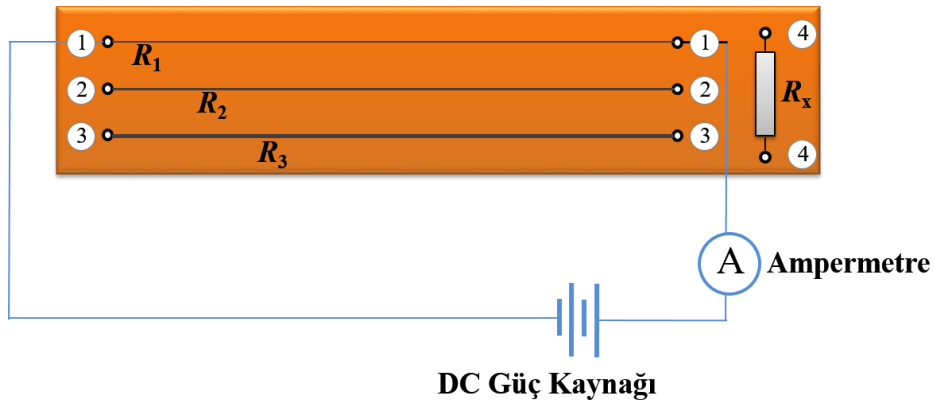
## DENEYİN YAPILIŞI:

1. Şekil 2.3'te görülen devreyi ilk olarak birinci iletken tel ( $R_1$  direnci) için kurunuz.



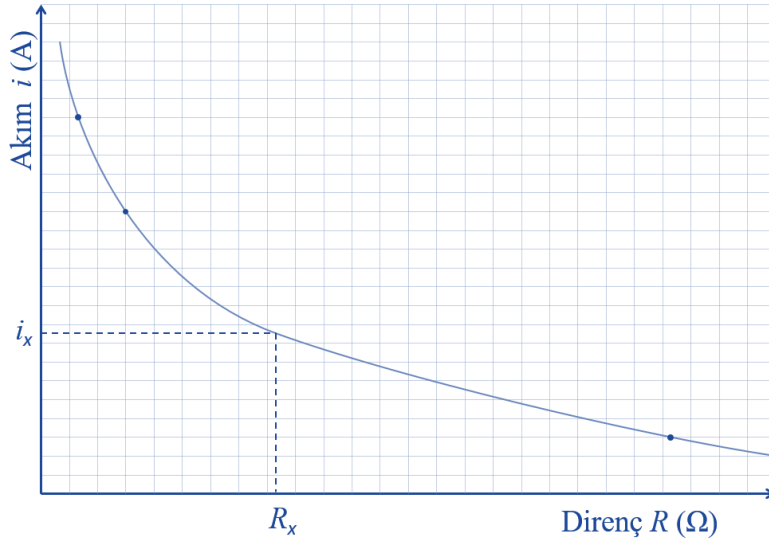
Şekil 2.3. Ohm Yasası deneyi birinci aşama düzeneği.

2. Birinci iletken tel için reostayı ayarlayarak beş ayrı potansiyel ( $V$ ) ve akım ( $i$ ) değeri ölçünüz ve Tablo 2.1'e kaydediniz. Ölçtüğünüz bu değerleri  $V = iR$  denkleminde yerine koyarak beş direnç değeri bulup ortalamasını alınız ve bunu  $R_{1ort}$  olarak Tablo 2.2'ye kaydediniz.
3. 1. ve 2. adımda yaptığınız işlemleri ikinci ve üçüncü iletken teller ( $R_2$  ve  $R_3$  dirençleri) için yapınız ve bulduğunuz sonuçları  $R_{2ort}$  ve  $R_{3ort}$  olarak Tablo 2.2'ye kaydediniz.
4. Bu işlemleri tamamladıktan sonra, ilk kurduğunuz devreyi sökerek Şekil 2.4'teki devreyi kurunuz.



Şekil 2.4. Ohm Yasası deneyi ikinci aşama düzeneğinde dirençlerin bağlantı sırası.

5. Sabit bir potansiyeli, her üç iletken tele sırasıyla uygulayarak, her bir direnç teli için ampermetreden okunan değerleri  $i_1, i_2$  ve  $i_3$  olarak Tablo 2.2'ye kaydediniz.
6. Aynı devreye  $R_x$  direncini bağlayarak ampermetreden  $i_x$  akım değerini okuyunuz ve Tablo 2.2'ye kaydediniz.
7. Tablo 2.2'ye kaydettiğiniz  $R$  dirençlerine karşılık gelen  $i$  akım değerlerini kullanarak  $i = f(R)$  grafiğini çiziniz.
8. Ölçtüğünüz  $i_x$  değerine karşılık gelen  $R_x$  direncini çizdiğiniz grafik yardımıyla bulunuz (Şekil 2.5'teki çizim örneğini inceleyiniz).
9.  $R_x$  direncinin değerini ohmmetre ile okuyarak Tablo 2.3'e kaydederek, grafikten bulduğunuz değerle karşılaştırınız. Sonucu yorumlayınız.

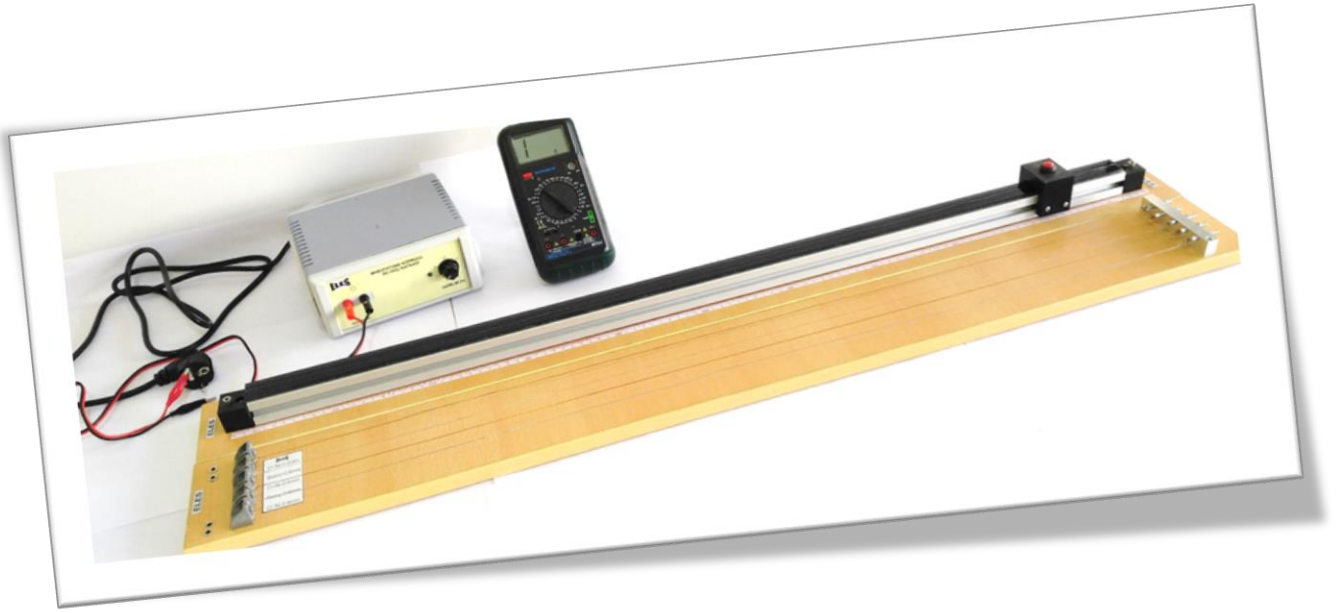


**Şekil 2.5.** Grafik yardımıyla  $R_x$  direncinin bulunması.

**DENEY VERİLERİ:**

| TABLO 2.1             |                    |                         |                    |                          |          |          |
|-----------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|--------------------------|----------|----------|
|                       |                    | 1. Ölçüm                | 2. Ölçüm           | 3. Ölçüm                 | 4. Ölçüm | 5. Ölçüm |
| 1. İletken<br>Tel     | V (V)              |                         |                    |                          |          |          |
|                       | i (A)              |                         |                    |                          |          |          |
|                       | R <sub>1</sub> (Ω) |                         |                    |                          |          |          |
| 2. İletken<br>Tel     | V (V)              |                         |                    |                          |          |          |
|                       | i (A)              |                         |                    |                          |          |          |
|                       | R <sub>2</sub> (Ω) |                         |                    |                          |          |          |
| 3. İletken<br>Tel     | V (V)              |                         |                    |                          |          |          |
|                       | i (A)              |                         |                    |                          |          |          |
|                       | R <sub>3</sub> (Ω) |                         |                    |                          |          |          |
| TABLO 2.2             |                    |                         |                    |                          |          |          |
| R <sub>1ort</sub> (Ω) |                    |                         |                    | i <sub>1</sub> (A)       |          |          |
| R <sub>2ort</sub> (Ω) |                    |                         |                    | i <sub>2</sub> (A)       |          |          |
| R <sub>3ort</sub> (Ω) |                    |                         |                    | i <sub>3</sub> (A)       |          |          |
|                       |                    |                         | i <sub>x</sub> (A) |                          |          |          |
|                       |                    | TABLO 2.3               |                    |                          |          |          |
|                       |                    | Grafikten Bulunan Değer |                    | Ohmmetreden Okunan Değer |          |          |
| R <sub>x</sub> (Ω)    |                    |                         |                    |                          |          |          |

# WHEATSTONE KÖPRÜSÜ



E3



# WHEATSTONE KÖPRÜSÜ

E3

## DENEYİN AMACI:

1. Wheatstone köprüsünün çalışma prensibini anlamak.
2. Bilinmeyen bir direncin değerini Wheatstone köprüsü düzeneği ile bulmak.
3. Direnç telinin öz direncini hesaplamak.

## DENEYDE KULLANILAN ARAÇLAR:

Köprü direnç masası

DC güç kaynağı

Farklı değerlerde sabit dirençler ( $0.40 \Omega$  ve  $47 \Omega$ )

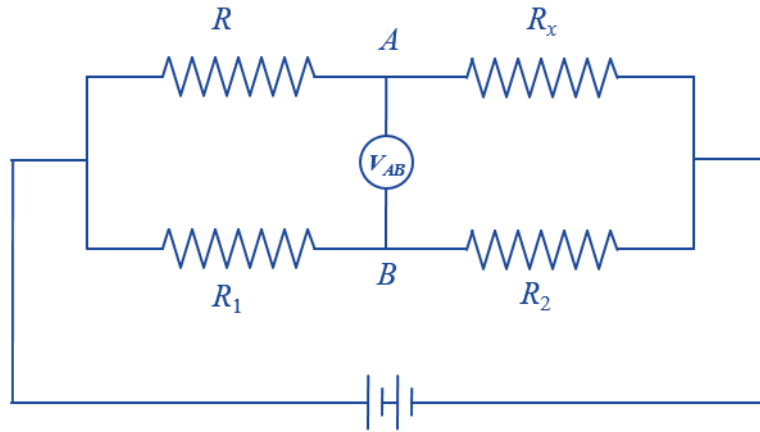
Multimetre

Bağlantı kabloları

95 cm boyunda ve çapları 0.20, 0.40, 0.60 mm Cr-Ni tel, 0.60 mm pirinç tel, 0.60 mm bronz tel

## TEORİK BİLGİ:

Wheatstone köprüsü, bilinen üç direnç yardımıyla bilinmeyen dördüncü bir direnci yüksek hassasiyetle ve kolayca bulmaya yarayan bir düzendir. Bu nedenle, genellikle yüksek hassasiyette direnç ölçümünün gerekli olduğu test cihazlarında kullanılmaktadır.

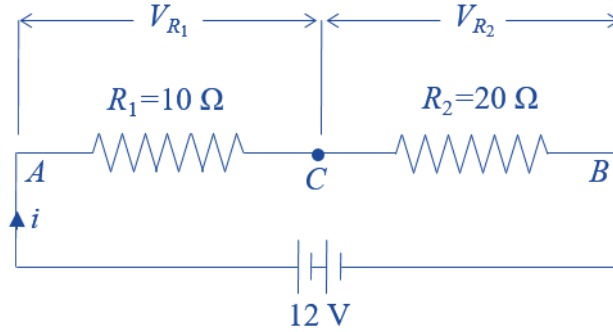


Şekil 3.1. Wheatstone köprüsü devre şeması.

Wheatstone köprüsü devresi Şekil 3.1’den de görüldüğü gibi dirençlerin bir voltaj kaynağı arasına iki basit seri ve paralel bağlanmasından oluşmaktadır. Bu devreyi daha basit



devreleri örnek vererek incelemeye çalışalım. Aşağıdaki gibi seri bağlı iki dirençten oluşan bir devre düşünelim.



**Şekil 3.2.** Seri bağlı dirençler.

İki direnç seri olarak bağlandığında üzerlerinden aynı akım  $i$  geçecektir. Bu iki direnç üzerinden geçen akım

$$i = \frac{V}{R_T} \quad (3.1)$$

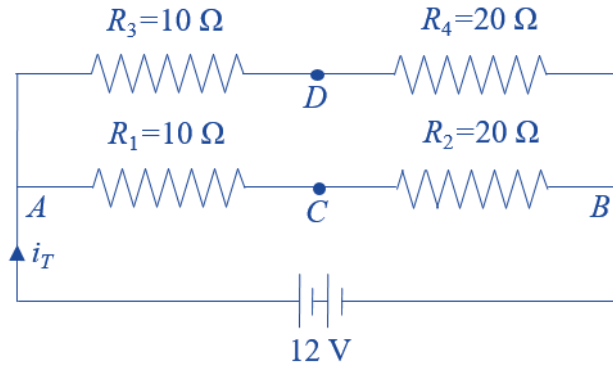
ile verilir ve Şekil 3.2'ye göre,

$$i = \frac{V}{R_T} = \frac{12 \text{ V}}{10 \Omega + 20 \Omega} = 0.40 \text{ A} \quad (3.2)$$

olur. C noktasındaki potansiyel, aynı zamanda sonraki dirence düşen voltajdır ve aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$V_{R_2} = i \times R_2 = 0.40 \text{ A} \times 20 \Omega = 8.0 \text{ V}. \quad (3.3)$$

Görüldüğü gibi kaynak voltaj, dirençlerin değerleri ile doğru orantılı olarak 4 V ve 8 V olmak üzere iki parçaya bölünmüştür. Şimdi aynı dirençlerden iki adet seri bağlı devreyi paralel olarak bağlayalım.



**Şekil 3.3.** Paralel ve seri bağlı dirençler.

Burada ikinci seri bağılı devre ilki ile aynı dirençlere sahip olduğundan C ile D noktaları aynı voltaj düşmesi değerine sahip olacaktır.  $V_C = V_D = 8.0 \text{ V}$ , yani aralarındaki voltaj farkı sıfır olduğundan bu duruma denge durumu adı verilir.

Eğer  $R_3$  ve  $R_4$  dirençlerinin değerleri yer değiştirilirse, yani  $R_3 = 20 \Omega$  ve  $R_4 = 10 \Omega$  alınırsa, D noktasındaki voltaj düşmesi,

$$V_{R_4} = 0.4 \text{ A} \times 10 \Omega = 4.0 \text{ V} \quad (3.4)$$

olacaktır. Bu durumda C noktası ile D noktası arasındaki potansiyel fark  $8.0 - 4.0 = 4.0 \text{ V}$  olacaktır. Bu durumda paralel bağlantı dengelenmemiş durumda olur.

Buradan görülebilir ki, ACB ve ADB kolları arasındaki direnç oranları, sıfır (dengeli) ile kaynak voltaj (dengesiz) arasında değer alan bir potansiyel farkına neden olmaktadır ve bu da Wheatstone köprüsünün temel çalışma prensibidir.

Yukarıda anlatılanlardan anlaşılabilceği gibi, denge durumu oluşabilmesi (sıfır potansiyel fark) için,

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \quad (3.5)$$

şeklinde bir direnç oranının sağlanması gerekmektedir.

Bu deneyde kullanılacak düzende (bkz. Şekil 3.4) bilinen bir  $R$  direnci ile bir cetvel üzerine sabitlenmiş çapı her noktada aynı olan bir direnç teli vardır. Tel boyunca bir ucu voltmetreye bağlanmış olan bir sürgü hareket eder. Bu sürgünün temas noktası teli iki parçaya ( $L_1$  ve  $L_2$ ) böler. Devreye C sürgüsü ile B noktası arasındaki köprünün denge konumuna gelmesi için voltmetrenin sıfırı göstermesi sağlanır. Voltmetrenin sıfırı göstermesi, voltmetrenin iki ucu arasındaki potansiyelin eşit olduğu anlamına gelir. Wheatstone köprüsünün bu özelliğinden;

$$R_x = \frac{R_2}{R_1} R \quad (3.6)$$

eşitliği elde edilir. Diğer taraftan direnç ve öz direnç arasındaki ilişki;

$$\rho = \frac{R S}{L} \quad (3.7)$$

ile verilir. Burada  $S$ ; telin kesit alanıdır ( $S = \pi r^2$ ).  $R_1$  ve  $R_2$  dirençlerini oluşturan teller aynı olduğuna göre;

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho L_2 / S}{\rho L_1 / S} = \frac{L_2}{L_1} \quad (3.8)$$

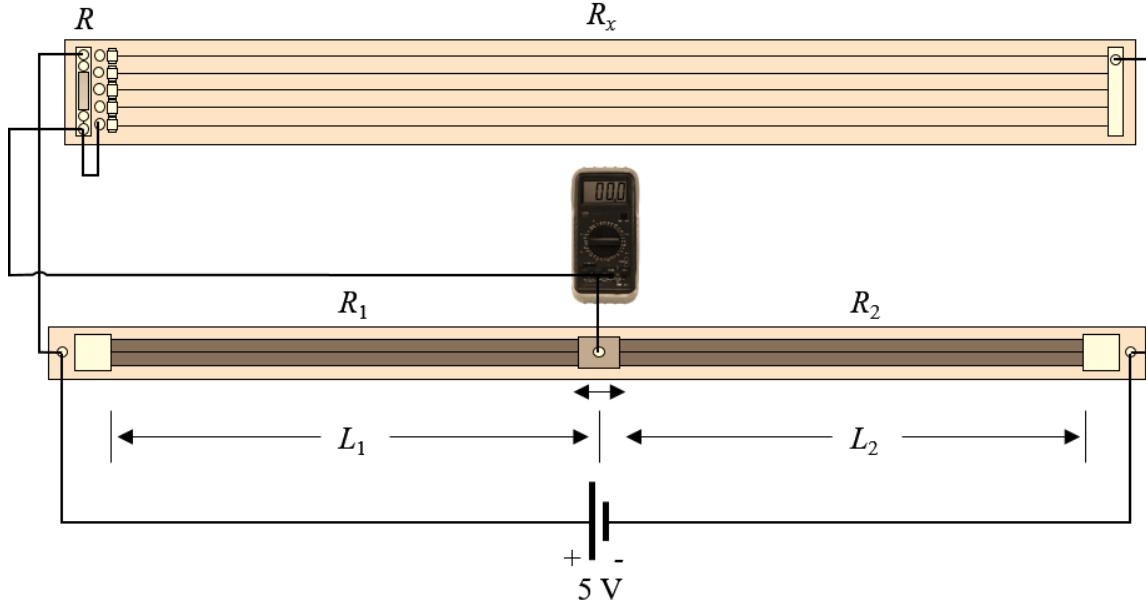
eşitliği elde edilir. Elde edilen Eşitlik 3.8'in Eşitlik 3.6'da yerine konulmasıyla;

$$R_x = \frac{L_2}{L_1} R \quad (3.9)$$

eşitliği elde edilir. Bu durumda tel boylarının ( $L_1$  ile  $L_2$ ) ölçülmesi ve bilinen direnç  $R$  yardımı ile bilinmeyen bir direnç  $R_x$  bulunabilir.

## DENEYİN YAPILIŞI:

1. Cr-Ni teller için  $R = 47 \Omega$  ve pirinç ve bronz teller için  $R = 0.40 \Omega$  değerindeki direnci kullanarak Şekil 3.4'teki devreyi kurunuz.



Şekil 3.4. Wheatstone köprüsü deney düzeneği.

2. Multimetreyi DC voltmetre konumuna getiriniz ve güç kaynağına 5.0 V veriniz.
3. Sürgüyü hareket ettirerek multimetreden okuduğunuz  $V_{AB}$  voltaj değerinin sıfırı gösterdiği konumu bulunuz. Voltmetrenin en hassas ölçüm konumuna (200 mV) getirildiğinden emin olunuz.
4.  $L_1$  ve  $L_2$  uzunluklarını cetvelden okuyunuz ve Tablo 3.1'e kaydediniz.
5. Bu işlemleri beş defa tekrarlayarak, okuduğunuz  $L_1$  ve  $L_2$  değerlerini Tablo 3.1'e kaydediniz. Her bir ölçüm için Eşitlik 3.9'u kullanarak bilinmeyen  $R_x$  direnci için bulduğunuz beş değeri Tablo 3.1'e kaydediniz. Eşitlikteki  $R$  değeri kullandığınız direncin değeridir.
6. Bu direnç değerlerini kullanarak tellerin öz dirençlerini Eşitlik 3.7 yardımıyla hesaplayınız. Her bir telin uzunluğunu  $L = 95$  cm alınız. Farklı kalınlıklardaki üç Cr-Ni teli için bulduğunuz öz direnç değerlerinin ortalamasını hesaplayınız.
7. Farklı çaplara ( $d$ ) sahip üç Cr-Ni teli için elde ettiğiniz  $R_x$  direnç değerleri ile direnç tellerinin yarıçaplarının ( $r = d / 2$ ) karesinin tersini alarak  $R = f(1/r^2)$  grafiğini milimetrik

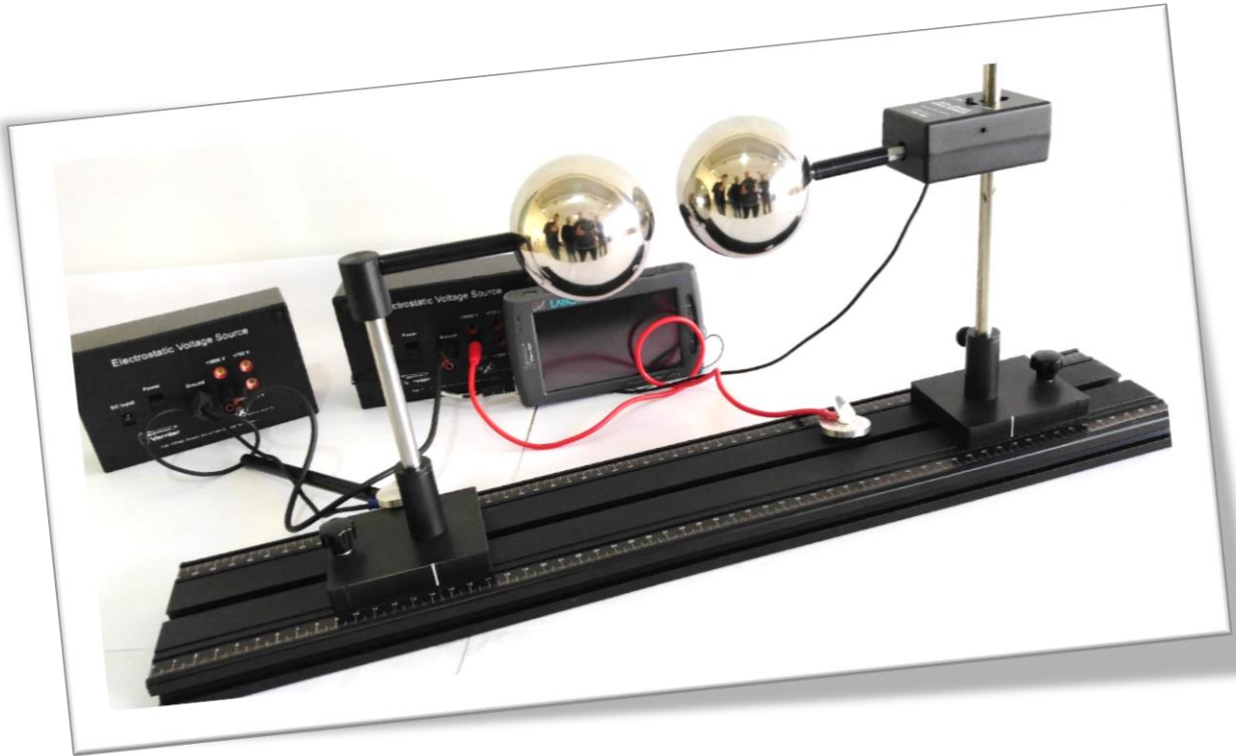
kağıt üzerine çiziniz. Grafiğin eğimini hesaplayıp Eşitlik 3.7'den yararlanarak ortalama bir özdirenç değeri bulunuz.

8. Son iki adımda bulduğunuz ortalama özdirenç değerlerini karşılaştırıp deneyi yorumlayınız.

### DENEY VERİLERİ:

| TABLO 3.1   |                        |               |               |                       |                                       |                          |                                |                                   |
|-------------|------------------------|---------------|---------------|-----------------------|---------------------------------------|--------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| Telin Cinsi | Telin Çapı<br>$d$ (mm) | $L_1$<br>(cm) | $L_2$<br>(cm) | $R_x$<br>( $\Omega$ ) | Kesit Alanı<br>$S$ (cm <sup>2</sup> ) | $\rho$<br>( $\Omega$ cm) | $\rho_{ort}$<br>( $\Omega$ cm) | $\rho_{grafik}$<br>( $\Omega$ cm) |
| $Cr-Ni$     | 0.20                   |               |               |                       |                                       |                          |                                |                                   |
| $Cr-Ni$     | 0.40                   |               |               |                       |                                       |                          |                                |                                   |
| $Cr-Ni$     | 0.60                   |               |               |                       |                                       |                          |                                |                                   |
| $Bronz$     | 0.60                   |               |               |                       |                                       |                          |                                |                                   |
| $Pirinç$    | 0.60                   |               |               |                       |                                       |                          |                                |                                   |

# ELEKTROSTATİK ve COULOMB YASASI



E4



# ELEKTROSTATİK ve COULOMB YASASI

E4

## DENEYİN AMACI:

1. Durgun yükü yüklenen iletken küre üzerindeki toplam yük miktarının deneysel olarak ölçülmesi.
2. Yüzeylerin belirli bir gerilimde taşıyabileceği maksimum yük miktarının hesaplanması.
3. Durgun yükü yüklenen iletken küreler arasında oluşan kuvvetin, küreler arasındaki uzaklığa bağlı olarak değişiminin incelenmesi.
4. Coulomb Kanunu'nun teorik ifadesinin deneysel sonuçlarla kıyaslanması.
5. Boşluğun elektrik geçirgenliğinin belirlenmesi.

## DENEYDE KULLANILAN ARAÇLAR:

Elektrostatik voltaj kaynakları

Özdeş iletken küreler

Optik ray

LabQuest – 2 ölçüm cihazı

Kuvvet sensörü

Şarj probu

Deşarj probu

Yük ölçüm probu

Bağlantı kabloları

## TEORİK BİLGİ:

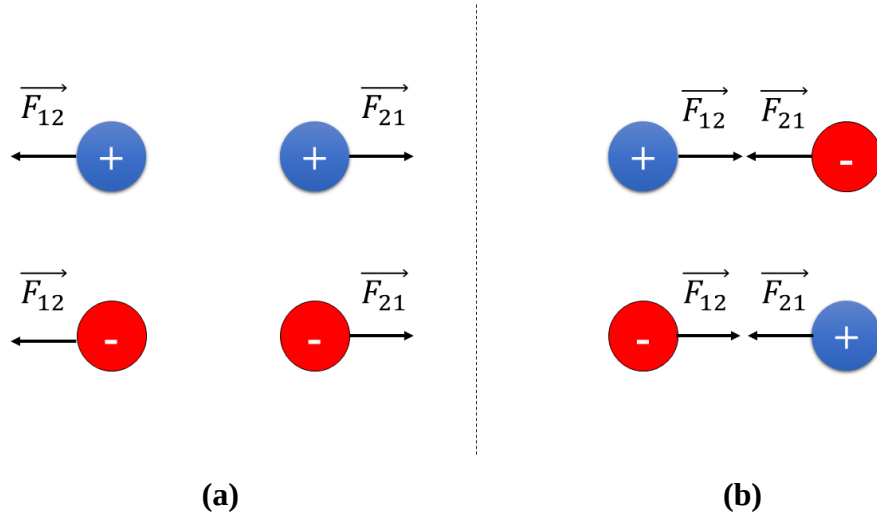
### 4.1. ELEKTROSTATİK

Elektriksel etkileşmelere katılan cisimler, birbirlerine elektrik kuvveti uygularlar. Durgun haldeki elektrik yüklerinin aralarındaki etkileşme kuvvetleri ile elektrikle yüklü cisimlerin denge durumlarını inceleyen Fiziğin bu dalına elektrostatik denir.

Elektrik yükünün, kuvvetin çekici-itici özelliğini verebilmesi için, iki farklı türden olması gerekir. Bunlar artı (pozitif) ve eksi (negatif) yüklerdir. Şekil 4.1'de, yüklerin



işaretlerine bağlı olarak, iki yüklü noktasal cisim arasında oluşan itici ve çekici kuvvetler bir boyutta gösterilmektedir.



**Şekil 4.1. (a)** Aynı cins yükle yüklenmiş ve **(b)** Farklı cins yükle yüklenmiş noktasal yükler üzerine etki eden kuvvetler.

Atom çekirdeğinde yer alan protonlar ( $p^+$ ) artı yüklü, atom yörüngelerinde yer alan elektronlar ( $e^-$ ) ise eksi yüklüdür. Bir elektronun sahip olduğu elektrik yüküne temel ya da elementer yük denir. Bir elementer yük,  $1.6 \times 10^{-19}$  coulomb (C)'dur. Öte yandan tüm yükler, elementer yükün tam sayı katlarından oluşmaktadır. Bu durum elektrik yükünün kuantumlu olmasından kaynaklanır. Elektrik yükü ayrıca korunur.

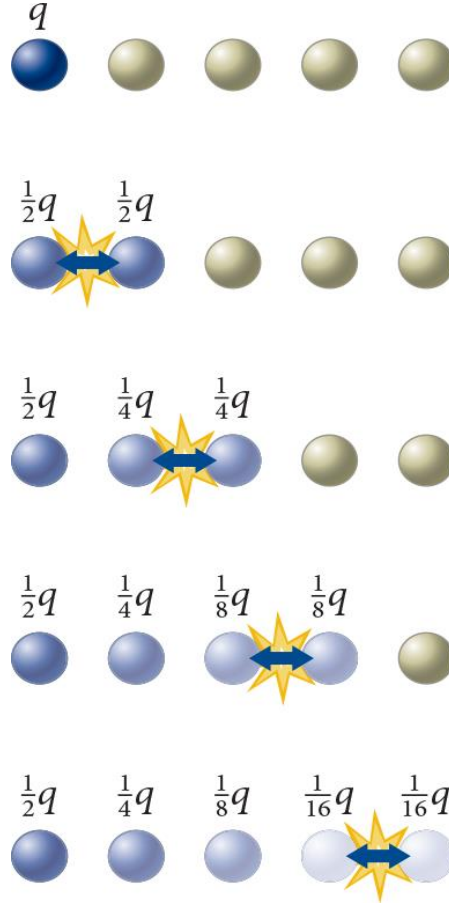
## 4.2. COULOMB KANUNU

Elektriksel yük ile nicel deneyler yapmak zordur çünkü yük taşıyıcılar diğer yüklü cisimlerin varlığında kendilerini yeniden düzenleme eğilimindedirler. On sekizinci yüzyılda Joseph Priestley yapmış olduğu deneyde, içi boş bir küreyi yüklediğinde, kürenin içine konan yüklü bir cisme herhangi bir elektrik kuvvetinin etkemediğini göstermiştir. Newton'un kütleçekim kuvvetine benzer şekilde, Priestley elektrik kuvvetinin de  $1/r^2$  ile azaldığını ileri sürmüştür:

$$F \propto \frac{1}{r^2}. \quad (4.1)$$

1785'te Charles Coulomb, küreler arasındaki uzaklığı değiştirerek iki yüklü küre arasındaki elektrik kuvvetini ölçmüştür. Buradan Priestley'in önermiş olduğu elektrik kuvvetinin  $1/r^2$  ile azaldığı öngörüsünün doğruluğunu doğrudan göstermiştir. Coulomb aynı zamanda küredeki

yük miktarını sistematik olarak değiştirmek için bir yöntem bulmuştur. Yüklü metal bir küre, özdeş yüksüz metal bir küre ile temas ettirildiğinde, son durumda yükün her iki kürede de  $q/2$  olduğunu bulmuştur. Ayrıca her iki küre, üçüncü bir küreye eşit şiddette kuvvet uygulamaktadır. Bu deneysel metot, Şekil 4.2’de verilmektedir.



**Şekil 4.2.** Bir yüklü kürenin art arda yüksüz komşu kürelere dokunmasına izin verildiğinde kürelerde oluşan yük paylaşımı.

Buna göre Coulomb, “iki elektrik yükü arasındaki kuvvetin şiddeti; yüklerin çarpımıyla doğru, aralarındaki uzaklığın karesiyle ters orantılıdır” sonucuna ulaşmıştır. Buna “Coulomb Kanunu” denir ve noktasal yüklü cisimler için geçerlidir. Aralarındaki mesafe  $r$  olan  $q_1$  ve  $q_2$  yüklü iki noktasal yük arasında elektrik kuvvetin büyüklüğü,

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (4.2)$$

olur. Bu kuvvet, bazen elektrostatik kuvvet olarak da adlandırılmaktadır. Bu ise yüklerin durağan dağılımlarından dolayıdır.  $k$ , “**Coulomb sabiti**” olup değeri,

$$k = 8.99 \times 10^9 \approx 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \quad (4.3)$$

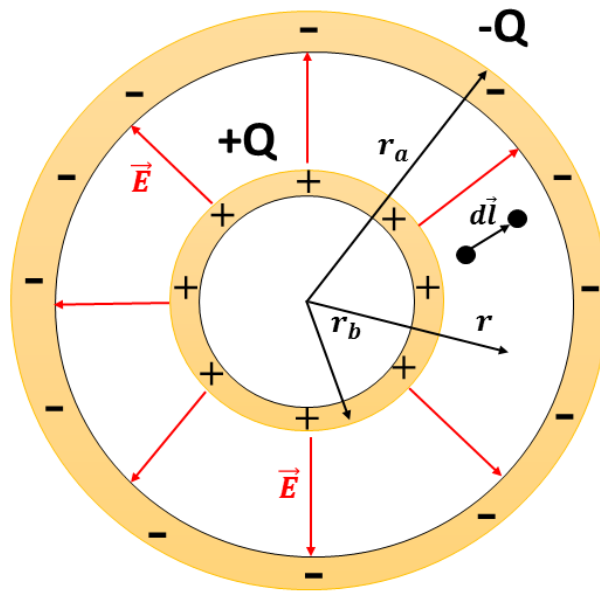
ile verilir. Ayrıca  $k$  sabiti, boşluğun elektriksel geçirgenliği  $\epsilon_0$  kullanılarak da yazılabilir:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \quad (4.4)$$

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2. \quad (4.5)$$

### 4.3. İLETKEN BİR KÜRENİN POTANSİYELİ

Yarıçapları  $r_a$  ve  $r_b$  olmak üzere eş merkezli iki iletken küreden oluşan bir kapasitör, Şekil 4.3'te yer almaktadır.



**Şekil 4.3.** İç içe yerleştirilmiş ve zıt elektrik yükleriyle yüklenmiş eş merkezli iki küre.

İç boş iletken küre, aynı merkezli olacak şekilde daha büyük iletken bir küre içerisine yerleştirilmiştir. İçteki küre yüzeyinde net yük miktarı  $+Q$  olup, dıştaki kürede ise eşit fakat zıt işaretli  $-Q$  yük bulunmaktadır. İçteki ve dıştaki iki iletken küre arasındaki potansiyel fark ( $V_{ba}$ );

$$V_{ba} = -\int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad (4.6)$$

ile hesaplanır. Yüklü bir kürenin elektrik alanı, kürenin merkezinden olan  $r$  uzaklığına bağlıdır. Burada  $\vec{E} \parallel \vec{dl}$  olduğundan, skaler çarpım işleminden gelen  $\cos \theta = \cos 0^\circ = 1$  'dir. Böylece küreler arasındaki  $E$  elektrik alan şiddeti ( $r_b < r < r_a$ );

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} \quad (4.7)$$

ile ifade edilir. Eşitlik 4.7, Eşitlik 4.7'de yerine konularak integral çözülürse,

$$V_{ba} = -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \int_{r_a}^{r_b} \frac{dr}{r^2} \quad (4.8)$$

$$V_{ba} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{r_b} - \frac{1}{r_a} \right) \quad (4.9)$$

$$V_{ba} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{r_a - r_b}{r_a r_b} \right) \quad (4.10)$$

elde edilir. Küresel bir kapasitörün sığası ise;

$$C = \frac{Q}{V_{ba}} = 4\pi\epsilon_0 \left( \frac{r_a - r_b}{r_a r_b} \right) \quad (4.11)$$

olarak hesaplanır. Yük birimi coulomb (C), potansiyel farkı birimi volt (V) olmak üzere sığa birimine farad (F) denir. Buna göre;

$$1 \text{ F} = \frac{1 \text{ C}}{1 \text{ V}} = 1 \text{ C}^2/\text{Nm} \quad (4.12)$$

olur. İletken bir küre elektrik yükü depolayabilir. Bir iletkenin sahip olduğu yükünden dolayı bir elektriksel potansiyeli vardır. Eğer, potansiyelin en düşük (veya sıfır) olduğu  $r_a = \infty$  'da  $V_a = 0$  olarak seçilirse,  $r_b$  yarıçaplı iletken bir kürenin  $V$  potansiyeli (küre yüzeyindeki potansiyel);

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r_b} \quad (4.13)$$

olarak bulunur. Eşitlik 4.13, yükü  $Q$  ve yarıçapı  $r_b$  olan iletken bir kürenin potansiyelini verir.

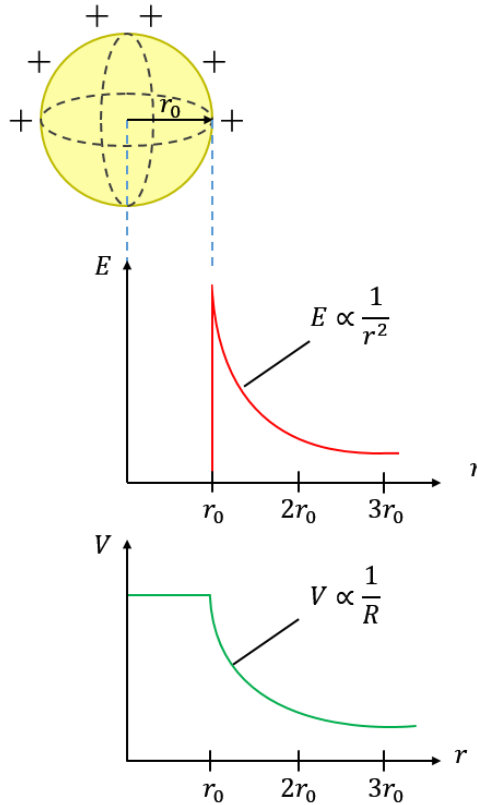
Dolayısıyla,  $r_a = \infty$  alınarak yalıtılmış  $r_b$  yarıçaplı tek bir iletken kürenin sığası;

$$C = \frac{Q}{V} \quad (4.14)$$

$$C = 4\pi\epsilon_0 r_b \quad (4.15)$$

olacaktır. Görüldüğü gibi, iletken bir kürede biriken yükün bu iletken kürenin potansiyeline oranı olup, bu orantı sabitine iletken kürenin sığası (kapasitansı) denir. İletken bir kürenin sığası, sadece o iletkenin yarıçapına bağlıdır.

Yüklü içi boş iletken bir küre için,  $E$  elektrik alanının ve  $V$  potansiyelin küre merkezinden  $r$  uzaklığına bağlı değişimleri Şekil 4.4'te verilmektedir.



**Şekil 4.4.** Yüklü bir iletken kürenin içindeki ve dışındaki noktalarda elektrik alanının ( $E$ ) ve potansiyelin ( $V$ ) küre merkezinden olan uzaklığa bağlı değişimleri.

Yarıçapı  $r_0$  olan içi boş (veya dolu) iletken bir küre elektrik yükü ile yüklendiğinde elektrik yüklerin tamamı kürenin dış yüzeyine dağılır. Bu nedenle, yüklü iletken kürenin iç kısmında elektrik yükü sıfır olduğundan, kürenin içerisinde elektrik alan da sıfır olur ( $E = 0$ ). Elektrik alanın maksimum olduğu nokta ise yüklü kürenin dış yüzeyidir.

İletken iki küre aynı yük, eşit miktarda yüklenirse ( $Q_1 = Q_2 = Q$ ) elektrostatik kuvvetin büyüklüğü;

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q^2}{d^2} \quad (4.16)$$

ile verilir. Yüklü küreler için  $F - 1/d^2$  grafiği çizilirse, bu grafiğini eğimi;

$$\text{Eğim} = A = \frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0} \quad (4.17)$$

olacaktır. Böylece boşluğun elektriksel geçirgenlik sabiti  $\epsilon_0$ ;

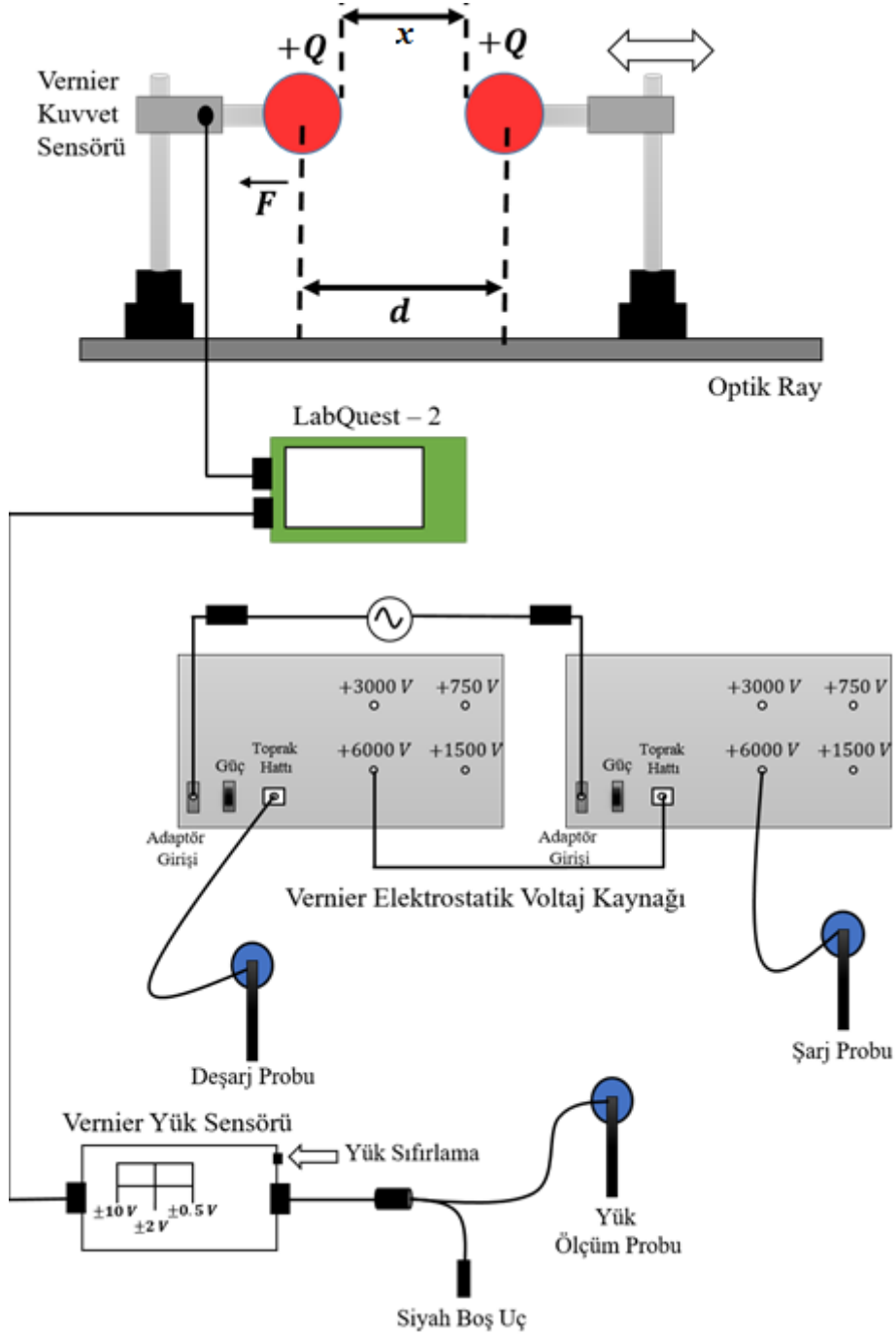
$$\epsilon_0 = \frac{1}{A} \frac{Q^2}{4\pi} \quad (4.18)$$

olarak elde edilir.

## DENEYİN YAPILIŞI:

### A. Elektrostatik ve İletken Kürenin Sığası

A1. Şekil 4.5'te verilen deney düzeneğini kurunuz.



Şekil 4.5. Elektrostatik ve Coulomb Kanunu deney düzeneği.

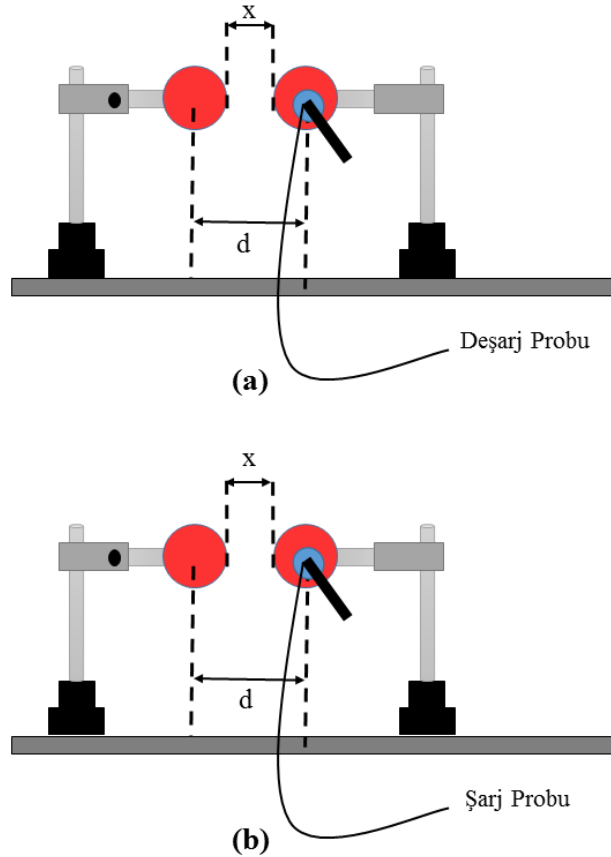


Bu deney setinde yüksek voltaj güç kaynakları kullanılmaktadır. Deney süresince size verilen talimatlara harfiyen uyunuz.

- Bu deneyde  $\phi = 75$  mm olan özdeş iki iletken küre kullanılmaktadır.
- Kuvvet ölçüm sensörünü LabQuest – 2 cihazının “CH – 1” girişine, yük ölçüm sensörünü ise “CH – 2” girişine bağlayınız.
- Kuvvet sensörü üzerinde bulunan kademe anahtarını “10 N” ölçüm aralığına getiriniz.
- Yük ölçüm sensörü üzerinde bulunan kademe anahtarını “ $\pm 10$  V” ölçüm aralığına getiriniz.
- LabQuest – 2 cihazını çalıştırınız. LabQuest – 2, kuvvet (CH – 1) ve yük (CH – 2) sensörlerini otomatik olarak tanıyacaktır (Şekil 4.5).

**A2. Deney öncesi** her iki iletken kürenin yükünün boşaltılması gerekmektedir. Bunun için;

- Hareketli küreyi ray üzerinde maksimum uzaklığa getiriniz.
- Elektrostatik voltaj kaynağını çalıştırınız.
- Elektrostatik voltaj kaynağının toprak hattına bağlı **deşarj probunu** kürelere ayrı ayrı 2 – 3 s kadar temas ettiriniz (Şekil 4.6 (a)).



**Şekil 4.6.** İletken kürenin (a)deşarj ve (b)şarj işlemleri.



**A3.** 6 kV voltaj için, Vernier elektrostatik voltaj kaynağına bağlı **sarı probunu** maksimum uzaklıkta bulunan küre yüzeyine 4–5 s boyunca temas ettiriniz (Şekil 4.6 (b)).

- İletken küre yüklendikten (şarj olduktan) sonra, şarj probunu küre yüzeyinden kaldırınız ve probun bağlı olduğu güç kaynağını kapatınız.
- Küre şarj edildikten hemen sonra, yük sensörünün “ZERO” (Reset) düğmesine basarak yük sensörünün sıfırlama işlemini yapınız.
- Yük ölçüm probunu yüklenen küre üzerine temas ettiriniz.
- LabQuest – 2 ölçüm cihazı üzerinden yük miktarını  $Q_d$  ölçünüz ve Tablo 4.1’e kaydediniz.

**A4.** Eşitlik 4.15’i kullanarak, iletken kürenin sığasını (C) hesaplayınız ve Tablo 4.1’e kaydediniz.

**A5.** Eşitlik 4.14’ü kullanarak, iletken kürede biriken yük miktarını  $Q_t$  hesaplayınız ve Tablo 4.1’e kaydediniz.

**A6.** Ölçülen yük miktarı  $Q_d$  ile hesaplanan yük miktarı  $Q_t$  değerlerini kıyaslayınız.

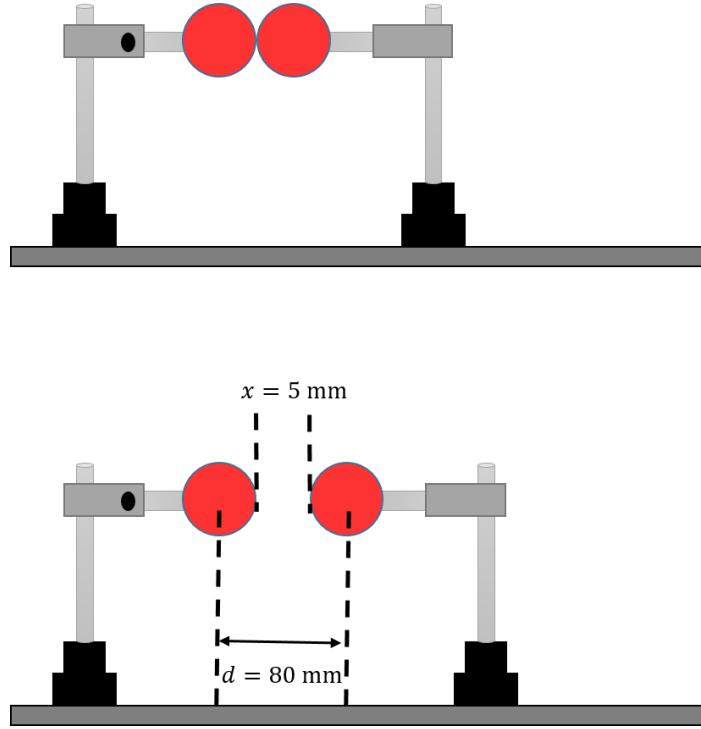
**A7.** Deneyin tüm basamaklarını 12 kV için tekrarlayınız.

## **B. Coulomb Kanunu**

**B1.** Şekil 4.5’te verilen deney düzeneğini kurunuz.

- İki küre arasındaki uzaklığın sıfır noktasını belirleyiniz.
- Ray üzerindeki bu uzaklığı referans noktası olarak seçiniz.

**B2.** Hareketli küreyi, sıfır noktasından itibaren küreler arası mesafe  $x = 5$  mm olacak şekilde ayarlayınız (Şekil 4.7). Böylece kürelerin merkezleri arası uzaklık  $d = 80$  mm olacaktır. Bu değeri Tablo 4.2’ye kaydediniz.



**Şekil 4.7.** Küreler arası  $d$  mesafesinin ayarlanması.

**B3.** Küreleri, voltaj kaynağını kullanarak (şarj probu), aşağıdaki adımlara göre 12 kV gerilim ile yükleyiniz.

- Vernier voltaj kaynağını açınız. Şarj probu ile ilk kürenin yüklenmesinden önce LabQuest – 2 ana ekranından:

CH 1: Kuvvet

Sıfırla

Tamam

adımlarını gerçekleştiriniz.

- İlk küreyi şarj probunu kullanarak yükleyiniz.
- İlk kürenin yüklenmesinden sonra LabQuest – 2 ana ekranından:

CH 1: Kuvvet

Sıfırla

Tamam

adımlarını gerçekleştiriniz.

- İkinci küreyi şarj probunu kullanarak yükleyiniz.
- Küreler şarj edildikten hemen sonra, yüksek voltaj kaynaklarını kapatınız.

- B4.** LabQuest – 2 ana ekranından kuvvet değerini ölçerek Tablo 4.2’ye kaydediniz. Aynı ölçümü 3 kez tekrarlayarak  $F_{ort}$  değerini hesaplayınız ve Tablo 4.2’ye kaydediniz.
- B5.** Deneyin tüm basamaklarını  $x = 10$  mm ve  $x = 15$  mm için tekrarlayınız.
- B6.** Elde edilen deneysel sonuçları kullanarak  $F_{ort} = f(1/d^2)$  grafiğini çiziniz.
- B7.** Boşluğun elektriksel geğirgenliğini ( $\epsilon_0$ ) hesaplayarak Tablo 4.2’ye kaydediniz.



Hareketli kürenin değiştirilen her uzaklığı için, kürelerin her ikisinin de önce **deşarj** ve sonrasında **şarj** işlemlerinin tekrarlanması gerekir. Küreler şarj edildikten hemen sonra, “yük sensörünün” **sıfırlaması** (ZERO) yapılmalıdır. Bu işlem sonrası “yük ölçüm probu” ile her bir iletken küre yüzeyindeki toplam yükü ölçülmelidir. Düzenekte “yük ölçüm probu” ile ölçümler alınırken yüksek voltaj kaynağının “**KAPALI**” olmasına önemle dikkat ediniz. Kesinlikle şarj vedeşarj proplarını aynı anda küreler üzerine temas ettirmeyiniz.

**DENEY VERİLERİ:**

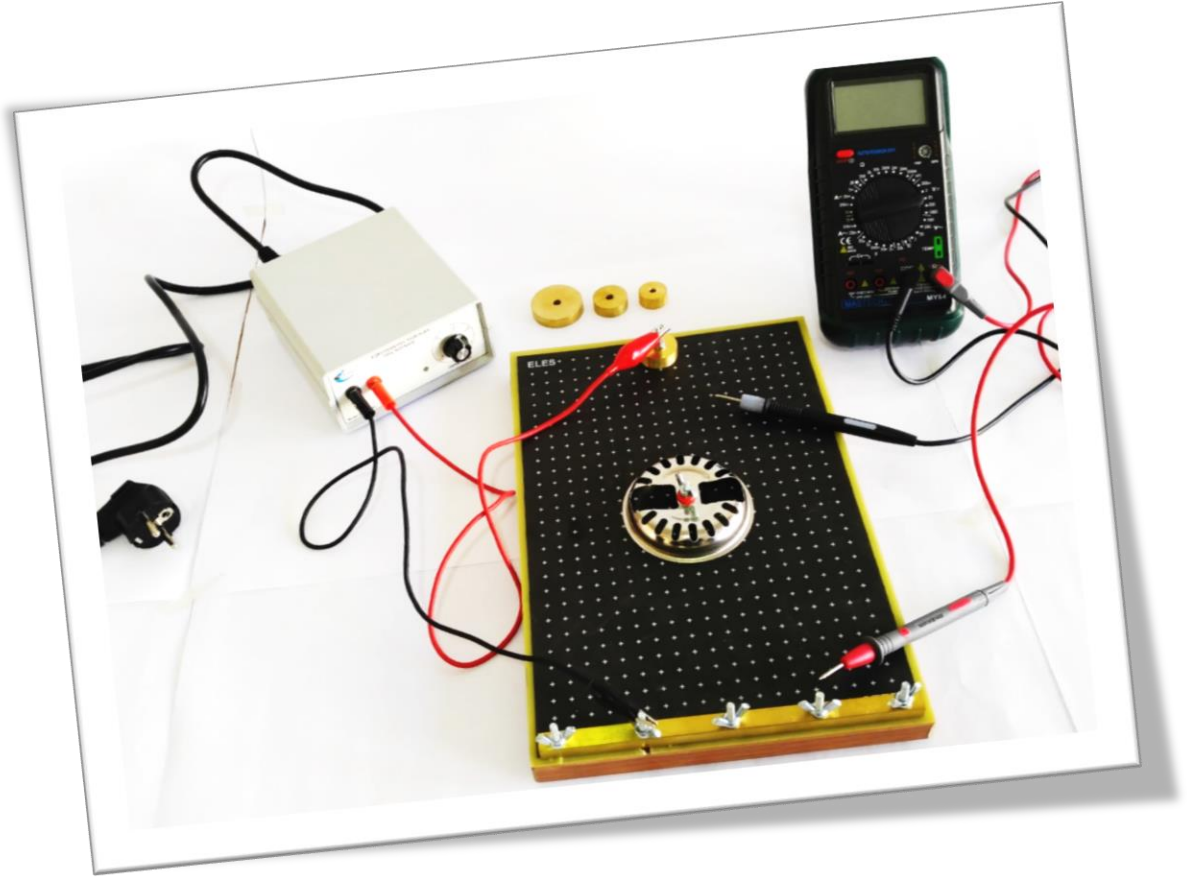
| TABLO 4.1  |                 |                            |                 |                            |            |
|------------|-----------------|----------------------------|-----------------|----------------------------|------------|
| $r$<br>(m) | Gerilim<br>(kV) | Kürenin Yüğü $Q_d$<br>(nC) | Sığa $C$<br>(F) | Kürenin Yüğü $Q_t$<br>(nC) | $\Delta Q$ |
|            |                 |                            |                 |                            |            |
|            |                 |                            |                 |                            |            |

| TABLO 4.2                           |                   |  |                  |                               |            |                   |  |  |  |  |
|-------------------------------------|-------------------|--|------------------|-------------------------------|------------|-------------------|--|--|--|--|
| Küreler Arası<br>Uzaklık $d$<br>(m) | Kuvvet $F$<br>(N) |  | $F_{ort}$<br>(N) | $1/d^2$<br>(m <sup>-2</sup> ) | Eğim $A^*$ | $\varepsilon_0^*$ |  |  |  |  |
|                                     | I. Ölçüm          |  |                  |                               |            |                   |  |  |  |  |
|                                     | II. Ölçüm         |  |                  |                               |            |                   |  |  |  |  |
|                                     | III. Ölçüm        |  |                  |                               |            |                   |  |  |  |  |
|                                     | I. Ölçüm          |  |                  |                               |            |                   |  |  |  |  |
|                                     | II. Ölçüm         |  |                  |                               |            |                   |  |  |  |  |
|                                     | III. Ölçüm        |  |                  |                               |            |                   |  |  |  |  |
|                                     | I. Ölçüm          |  |                  |                               |            |                   |  |  |  |  |
|                                     | II. Ölçüm         |  |                  |                               |            |                   |  |  |  |  |
|                                     | III. Ölçüm        |  |                  |                               |            |                   |  |  |  |  |

\* Sayısal değerlerini yazarken birimlerini belirtmeyi unutmayınız.



# EŞPOTANSİYEL ve ELEKTRİK ALAN ÇİZGİLERİ



E5



# EŞPOTANSİYEL ve ELEKTRİK ALAN ÇİZGİLERİ

E5

## DENEYİN AMACI:

1. Zıt yüklü iki iletkenin oluşturduğu eşpotansiyel çizgilerinin çizilmesi.
2. Eşpotansiyel çizgiler kullanılarak elektrik alan çizgilerinin elde edilmesi.

## DENEYDE KULLANILAN ARAÇLAR:

Santimetrik karbon levha

DC güç kaynağı

Multimetre

Bağlantı kabloları

Katı alüminyum halka bağlantı parçası

Katı alüminyum çubuk bağlantı parçası

Milimetrik grafik kağıdı

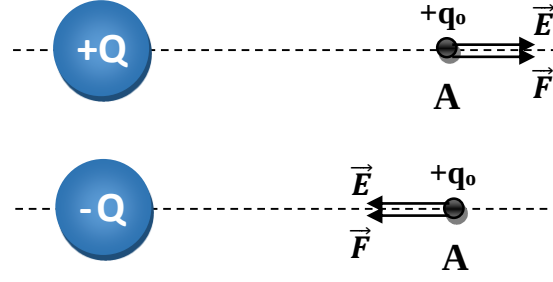
## TEORİK BİLGİ:

Uzayda bir noktadaki elektrik alan  $\vec{E}$ , o noktaya konulan  $q_0$  deneme yüküne etkiyen elektrik kuvveti  $\vec{F}$  cinsinden tanımlanır.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}. \quad (5.1)$$

$\vec{E}$  alan vektörünün SI birim sistemindeki birimi coulomb başına newton'dur (N/C).  $\vec{E}$  alan vektörünün doğrultusu Şekil 5.1'de gösterildiği gibi, elektrik alan içerisine yerleştirilen pozitif deneme yüküne etki eden elektrik kuvvetinin doğrultusu ile aynıdır.

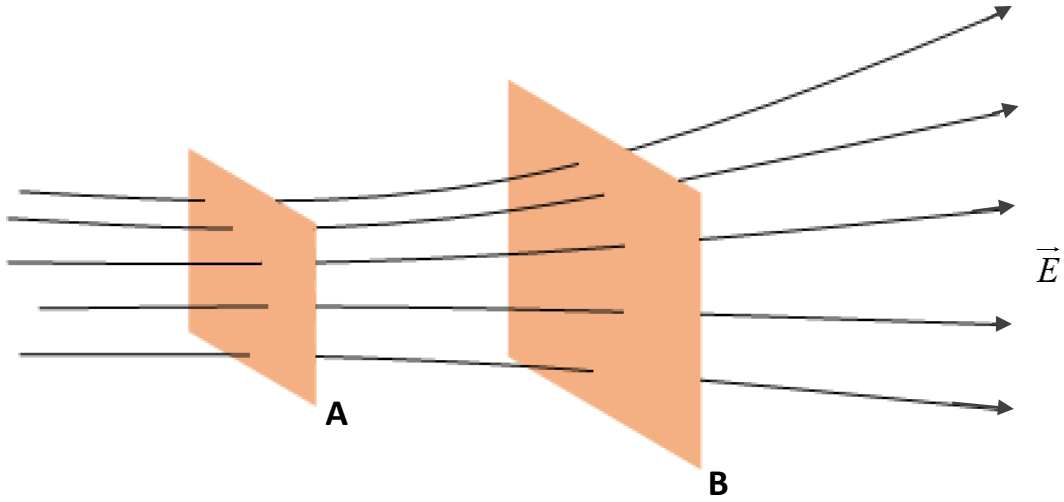




**Şekil 5.1.**  $\pm Q$  yüklerinin A noktalarında oluşturduğu  $\vec{E}$  elektrik alanlar ile  $+q_0$  yükleri üzerine etkiyen kuvvetler  $\vec{F}$ .

Uzayın farklı noktalarındaki yük dağılımlarından oluşan elektrik alanlarının şiddet ve doğrultularının şematik gösterimleri için ileri sürülmüş çizgilere elektrik alan çizgileri denmektedir. Elektrik alan çizgileri hayali olup elektrik alan ile aşağıdaki biçimde ilişkilidir:

- i.  $\vec{E}$  elektrik alan vektörü, elektrik alan çizgisine her noktada teğettir.
- ii.  $\vec{E}$  elektrik alan çizgilerine dik birim yüzeyden geçen çizgilerin sayısı o bölgedeki elektrik alan şiddetiyle orantılıdır. Buna göre, Şekil 5.2’de gösterildiği gibi, elektrik alan çizgilerinin sık olduğu bölgelerde elektrik alan daha büyük, seyrek olduğu bölgelerde ise elektrik alan daha küçüktür.

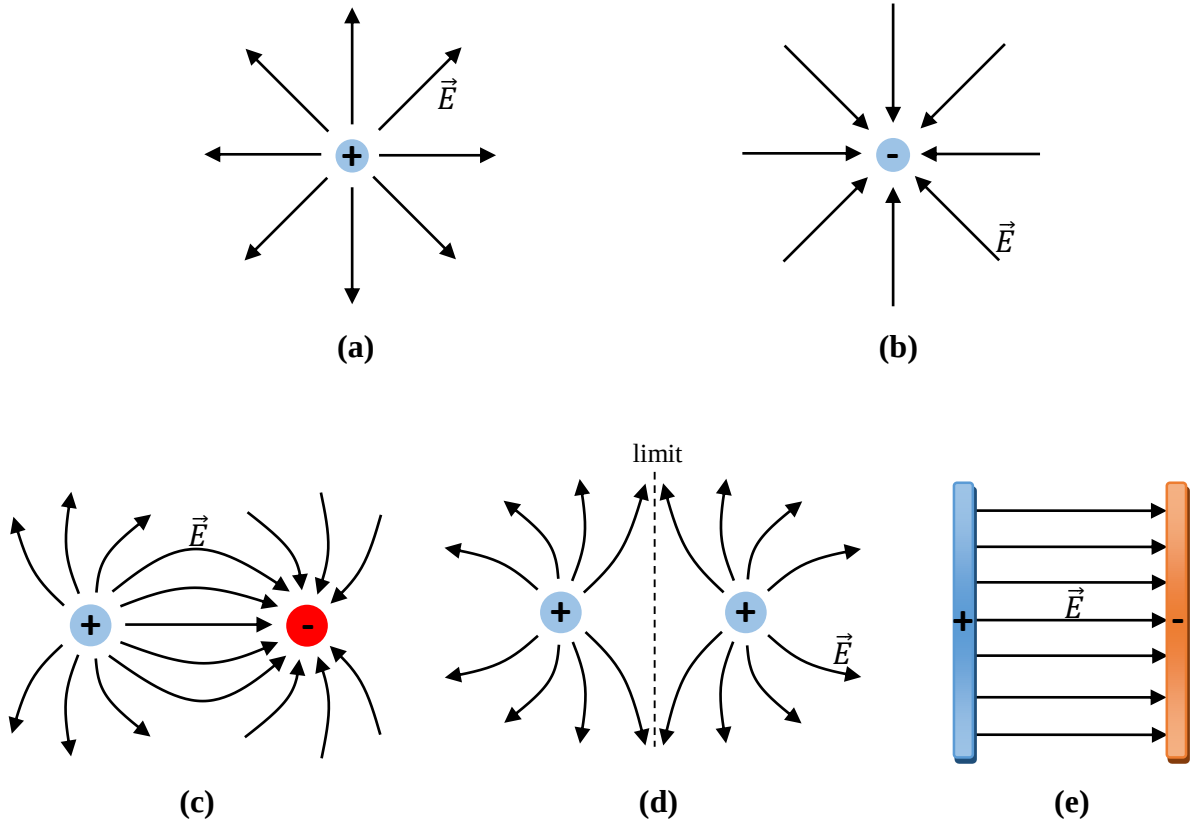


**Şekil 5.2.** A ve B gibi iki farklı yüzeyden ( $A < B$ ) geçen elektrik alan çizgileri.

Elektrik alan çizgilerinin çizim kuralları şunlardır:

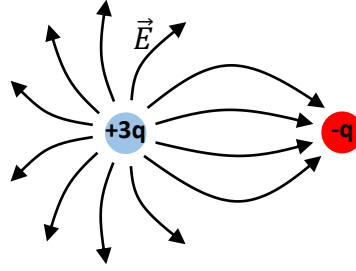
- i. Yük fazlalığı olduğunda, alan çizgileri pozitif yüklerden çıkıp, negatif yüklerde veya sonsuzda son bulurlar. Şekil 5.3 (a) ve Şekil 5.3 (b)’de sırasıyla pozitif bir tek noktasal yükün ve negatif bir tek noktasal yükün temsili elektrik alan çizgileri gösterilmiştir. Şekil 5.3 (c), Şekil 5.3 (d) ve Şekil 5.3 (e)’de sırasıyla aralarında belirli

bir mesafe bulunan biri pozitif ile biri negatif noktasal yükün, iki pozitif noktasal yükün ve biri pozitif ile biri negatif çizgisel yük dağılımının temsili elektrik alan çizgileri gösterilmiştir.



**Şekil 5.3.** (a) Bir pozitif noktasal yükün, (b) Bir negatif noktasal yükün, (c) biri pozitif ile biri negatif noktasal yüklerin, (d) iki pozitif noktasal yüklerin ve (e) biri pozitif ile biri negatif çizgisel yük dağılımlarının temsili elektrik alan çizgileri.

- ii. Bir pozitif yükten çıkan veya negatif yüke varan elektrik alan çizgilerinin sayısı yük miktarıyla orantılıdır. Şekil 5.4'te aralarında belirli bir mesafe bulunan  $+3q$  yükü ile  $-q$  yükünün temsili elektrik alan çizgilerinin iki boyutlu çizimi gösterilmiştir.



**Şekil 5.4.**  $+3q$  yükü ile  $-q$  yükünün iki boyuttaki elektrik alan çizgileri.

iii. İki elektrik alan çizgisi birbirini kesemez.

Elektriksel potansiyel enerji, bir yük dağılım bölgesinin elektrik alanında bir  $q_0$  deneme yükünün sonsuzdan bir A noktasına getirebilmek için yapılan iş olarak tanımlanır. Yük dağılım bölgesinde herhangi bir A ve B gibi iki nokta arasındaki elektriksel potansiyel enerji farkı, Eşitlik 5.2’de verildiği üzere, bir  $q_0$  deneme yükünün A noktasından B noktasına hareket ettirilmesinde yapılan iş olarak tanımlanır:

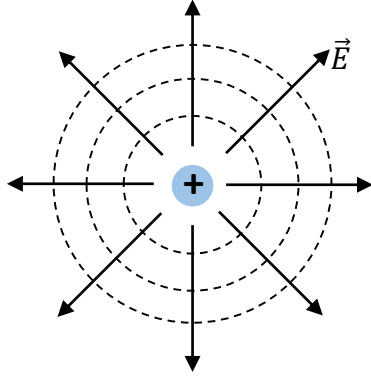
$$U_{BA} = U_B - U_A = W_{AB}. \quad (5.2)$$

Birim yük başına elektriksel potansiyel enerji “elektrik potansiyel” olarak tanımlanır. Eşitlik 5.3’te verildiği üzere, A ve B noktaları arasındaki elektrik potansiyel fark  $V_{BA}$  veya basitçe potansiyel fark, A ve B noktaları arasındaki birim yük başına yapılan iştir ve

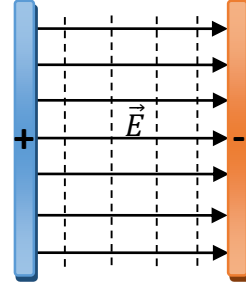
$$V_{BA} = V_B - V_A = \frac{W_{AB}}{q_0} \quad (5.3)$$

ile verilir.

Genel olarak, verilen bir yük dağılımının oluşturduğu elektrik alanda aynı potansiyele sahip noktalar mevcuttur. Bu noktalar “eşpotansiyel noktalar” olarak tanımlanır. Bu noktalar birleştirildiğinde oluşan çizgiye “eşpotansiyel çizgisi” denir. Eşpotansiyel çizgi üzerindeki her nokta aynı potansiyele sahip olup noktalar arası yük taşınması durumunda yapılan iş sıfırdır. Bu durum, verilen bir yük dağılımında eşpotansiyel çizgilerinin elektrik alan çizgilerine dik olduğu anlamını taşır. Şekil 5.5 (a) ve Şekil 5.5 (b)’de sırasıyla noktasal tek bir yükün ve biri pozitif ile biri negatif çizgisel yük dağılımlarının oluşturduğu elektrik alan çizgileri ve eşpotansiyel çizgileri gösterilmektedir.



(a)



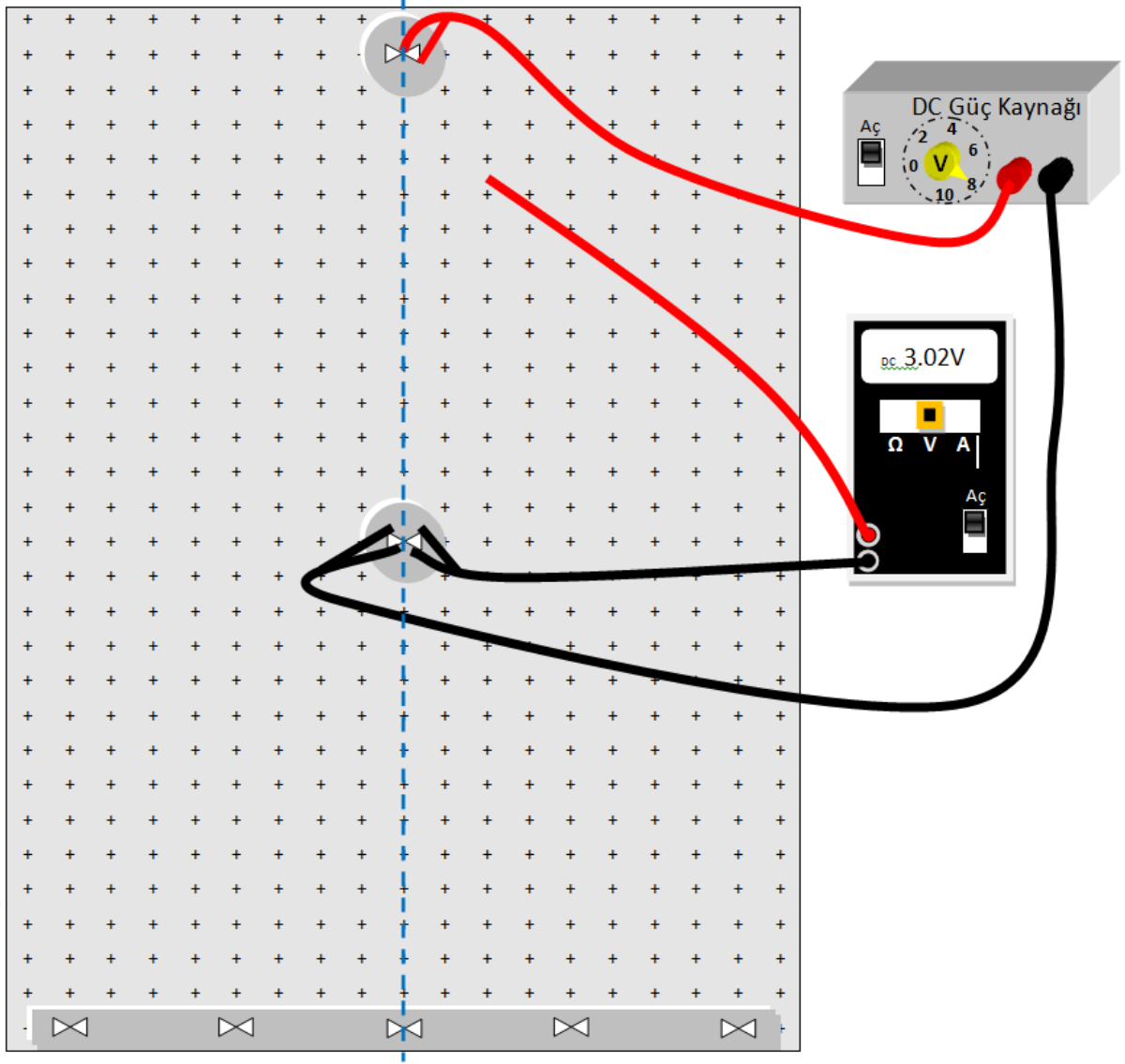
(b)

**Şekil 5.5. (a)** Pozitif tek noktasal yükün ve **(b)** biri pozitif ile biri negatif çizgisel yük dağılımlarının elektrik alan çizgileri ve eşpotansiyel çizgileri (Eşpotansiyel çizgiler tire çizgilerle gösterilmiştir).

## **DENEYİN YAPILIŞI:**

### **A. İki Noktasal Yükün Oluşturduğu Elektrik Alan Çizgileri ve Eşpotansiyel Çizgileri**

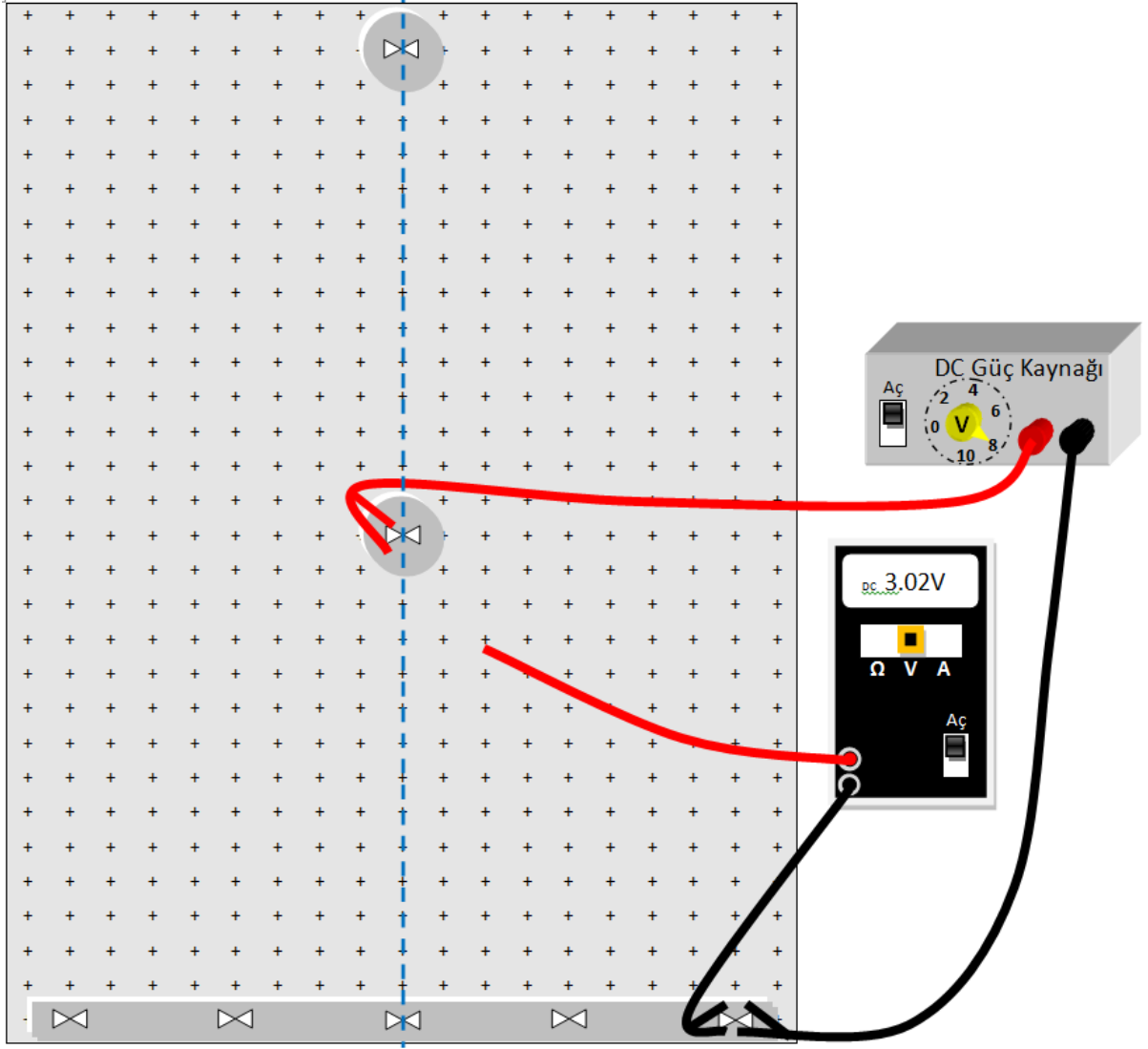
- A1.** Kapalı konumdaki DC güç kaynağının problemlerini Şekil 5.6'da gösterildiği gibi katı alüminyum halkaları sıkıştıran kelebek somunlarına tutturunuz.
- A2.** Kapalı konumdaki multimetrenin proplarından biri açıkta kalacak şekilde, diğerini Şekil 5.6'da gösterildiği gibi halkalardan birini sıkıştıran kelebek somununa tutturunuz.
- A3.** Şekil 5.6'daki santimetrik karbon levhanın “+” noktalarını referans alarak, katı alüminyum halkaları bir milimetrik kağıt üzerine çizin.
- A4.** Multimetreyi açarak, 10 V potansiyelin altında olmayacak şekilde DC voltaj ölçüm aralığına ayarlayınız.
- A5.** DC güç kaynağını açarak 10 V seviyesine getiriniz.
- A6.** Şekil 5.6'daki mavi tireli simetri çizgisinin üzerinde multimetrenin boşta kalan prob ucuyla gezinerek sırasıyla 2, 4, 6 ve 8 V noktalarını belirleyiniz. Belirlediğiniz bu noktaları milimetrik kağıt üzerine kaydediniz.
- A7.** Simetri çizgisinin her iki tarafına sırasıyla 2, 4, 6 ve 8 cm uzağındaki paralel hatlar üzerinde yine multimetrenin boşta kalan ucunu gezdirerek sırasıyla 2, 4, 6 ve 8 V noktalarını belirleyiniz. Belirlediğiniz bu noktaları milimetrik kağıt üzerine kaydediniz.
- A8.** Bulduğunuz bu potansiyellerden eşpotansiyel noktasını uygun şekilde birleştirerek, milimetrik kağıt üzerinde, eşpotansiyel çizgilerini elde ediniz.
- A9.** Bu eşpotansiyel çizgilerini kullanarak, milimetrik kağıt üzerinde, elektrik alan çizgilerini elde ediniz.



**Şekil 5.6.** İki noktasal yükün oluşturduğu elektrik alan çizgilerinin ve eşpotansiyel çizgilerinin bulunmasındaki devre düzeneği.

## **B. Bir Noktasal Yük ile Bir izgisel Yük Dağılımının Oluşturduğu Elektrik Alan çizgileri ve Eşpotansiyel izgileri**

- B1.** Kapalı konumdaki DC güç kaynağının proplarını şekil 5.7’de gösterildiği gibi biri katı alüminyum halkayı diğeri katı alüminyum çubuğu sıkıştıran kelebek somunlarına tutturunuz.
- B2.** Kapalı konumdaki multimetrenin proplarından biri açıkta kalacak şekilde, diğerini şekil 5.7’de gösterildiği gibi çubuğu sıkıştıran kelebek somunlardan birine tutturunuz.
- B3.** şekil 5.7’deki santimetrik karbon levhanın “+” noktalarını referans alarak, katı alüminyum halkayı ve katı alüminyum çubuğu bir milimetrik kağıt üzerine çiziniz.
- B4.** Multimetreyi açarak, 10 V potansiyelin altında olmayacak şekilde DC voltaj ölçüm aralığına ayarlayınız.
- B5.** DC güç kaynağını açarak 10 V seviyesine getiriniz.
- B6.** şekil 5.7’deki mavi tireli simetri çizgisinin üzerinde multimetrenin boşta kalan prob ucuyla gezinerek sırasıyla 2, 4, 6 ve 8 V noktalarını belirleyiniz. Belirlediğiniz bu noktaları milimetrik kağıt üzerine kaydediniz.
- B7.** Simetri çizgisinin her iki tarafına sırasıyla 2, 4, 6 ve 8 cm uzağındaki paralel hatlar üzerinde yine multimetrenin boşta kalan ucunu gezdirek sırasıyla 2, 4, 6 ve 8 V noktalarını belirleyiniz. Belirlediğiniz bu noktaları milimetrik kağıt üzerine kaydediniz.
- B8.** Bulduğunuz bu potansiyellerden eşpotansiyel noktasını uygun şekilde birleştirerek, milimetrik kağıt üzerinde, eşpotansiyel çizgilerini elde ediniz.
- B9.** Bu eşpotansiyel çizgilerini kullanarak, milimetrik kağıt üzerinde, elektrik alan çizgilerini elde ediniz.

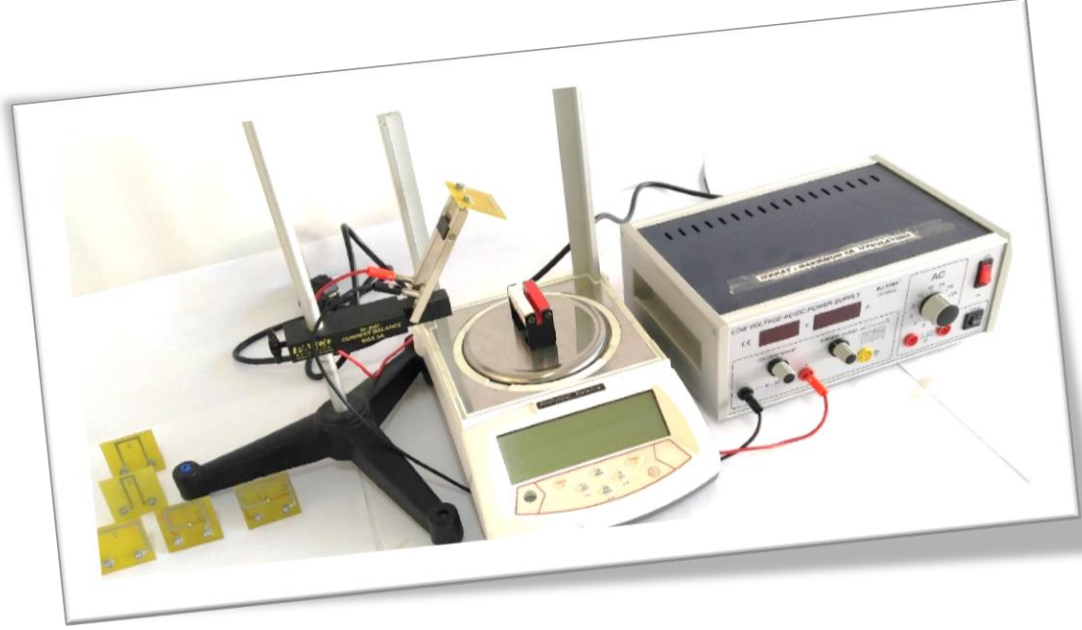


**Şekil 5.7.** Bir noktasal yük ile bir çizgisel yük dağılımının oluşturduğu elektrik alan çizgilerinin ve eşpotansiyel çizgilerinin bulunmasındaki devre düzeneği.





# MANYETİK KUVVET



E6



### DENEYİN AMACI:

Üzerinden akım geçen bir telin manyetik alan içerisine konulması durumunda, tele etki eden manyetik kuvvetin; akım, manyetik alan ve tel uzunluğuna bağlı olarak değişimini incelemek.

### DENEYDE KULLANILAN ARAÇLAR:

Terazi

6 adet U mıknatıs

Mıknatıs tutucu

6 adet akım halkası

Akım halkalarının tutturulduğu ana ünite

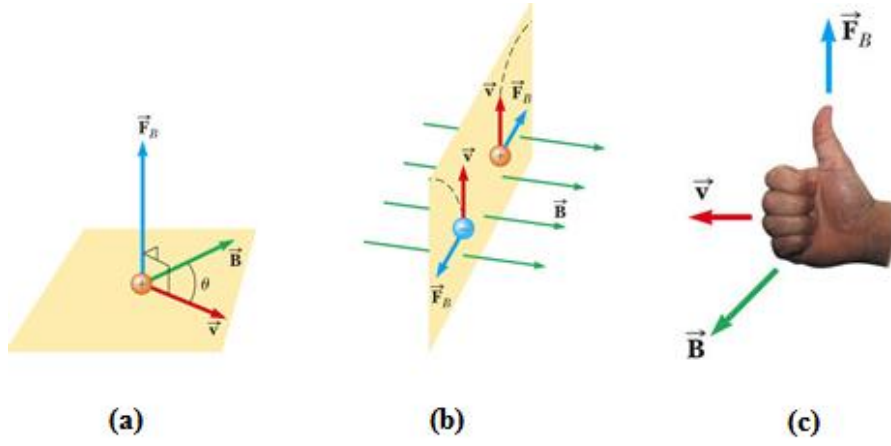
DC güç kaynağı

Ampermetre

Bağlantı kabloları

### TEORİK BİLGİ:

Elektrik alan, durgun bir elektrik yükünün etrafını çevreleyen alandır. Fakat yük hareket etmeye başlarsa, elektrik alanın yanı sıra yükün etrafında bir manyetik alan oluşacaktır. Herhangi bir noktadaki manyetik alan,  $\vec{F}_B$  manyetik kuvvet cinsinden tanımlanabilir. Şekil 6.1 (a)'da gösterildiği üzere, manyetik kuvvet,  $\vec{v}$  hızı ile hareket eden yüklü bir parçacığın üzerine etki eden kuvvettir. Eğer parçacık, manyetik alan vektörüne paralel hareket ediyorsa, parçacık üzerine etki eden manyetik kuvvet sıfırdır. Diğer taraftan, parçacık alan vektörüne dik hareket ediyorsa, manyetik kuvvet maksimumdur. Eğer pozitif ve negatif yüklü iki parçacık Şekil 6.1 (b)'de görüldüğü gibi, aynı doğrultuda bir manyetik alan içerisinde hareket ediyorsa, pozitif yüklü parçacık üzerine etki eden manyetik kuvvetin yönü, negatif yüklü parçacık üzerine etki eden manyetik kuvvete zıt olacaktır.

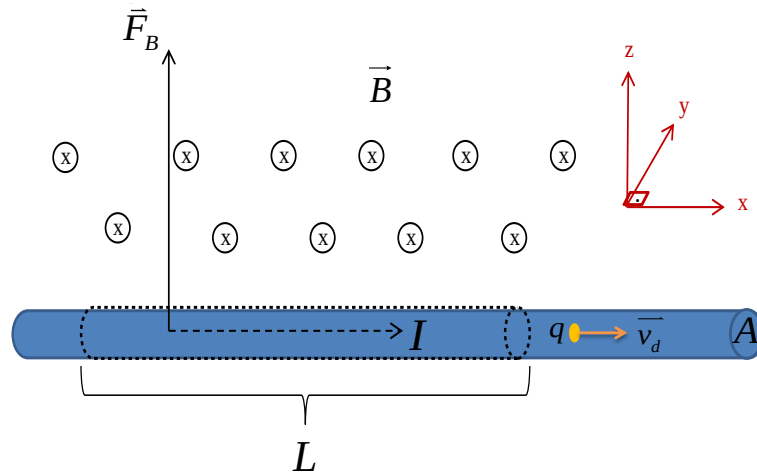


**Şekil 6.1.** (a)  $\vec{v}$  hızı ile ilerleyen pozitif yüklü bir parçacığa etki eden manyetik kuvvet (b) aynı hızla ilerleyen pozitif ve negatif yüklü iki parçacığa etki eden manyetik kuvvetler ve (c) sağ el kuralı ile manyetik kuvvetin yön tayinini.

Şekil 6.1 (c)'de görüldüğü üzere, manyetik kuvvetin yönü sağ el kuralı ile belirlenebilir. Dört parmak yüklü parçacığın hareket doğrultusu yönündeyken manyetik alan yönüne doğru kıvrıldığı zaman başparmağın yönü manyetik kuvvetin yönünü verecektir. Manyetik kuvvet; parçacığın yüküne, hızına ve ortamdaki manyetik alana şu şekilde bağlıdır:

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}. \quad (6.1)$$

Burada,  $q$  parçacığın yükü,  $\vec{v}$  parçacığın hızı ve  $\vec{B}$  manyetik alandır.



**Şekil 6.2.** Düzgün bir manyetik alan içindeki akım taşıyan tele etkiyen manyetik kuvvet.

Şimdi, içinden akım geçen,  $A$  kesit alanına ve  $L$  uzunluğuna sahip bir telin, yönü sayfa düzleminden içeri doğru olan, düzgün bir manyetik alan  $\vec{B}$  içerisine Şekil 6.2'deki gibi yerleştirildiğini düşünelim. İletken teldeki yük taşıyıcıların (pozitif yüklü boşluklar) üzerine etki eden toplam manyetik kuvvet; yük taşıyıcıların sürüklenme hızı  $\vec{v}_d$ , yük taşıyıcı sayısı  $N$  ve manyetik alan  $\vec{B}$  yardımıyla hesaplanır. Burada,  $N = nAL$  olup iletken tel üzerinde  $L$  uzunluğunda seçilen hacimdeki yük taşıyıcı sayısıdır,  $n$  birim hacimdeki yük taşıyıcı sayısı ve  $AL$  ise Şekil 6.2'de gösterildiği gibi iletken tel üzerinde seçilen  $L$  uzunluğundaki bölgenin hacmidir. Taşıyıcılar pozitif yüklü boşluklar olduğundan,  $L$  uzunluklu hacimde toplam yük  $Nq$  olur ve toplam manyetik kuvvet,

$$\vec{F} = Nq\vec{v}_d \times \vec{B}$$

$$N = nAL$$

$$\vec{F} = nALq\vec{v}_d \times \vec{B} \quad (6.2)$$

eşitliği ile elde edilir. Akım yoğunluğunun büyüklüğü,

$$j = nqv_d \quad (6.3)$$

ile verilir. İletken telden geçen akım,

$$I = jA = nqv_d A \quad (6.4)$$

olarak bulunur. Buradan, manyetik kuvvet, akım  $I$  ve yük taşıyıcıların sürüklenme hızı  $\vec{v}_d$  ile aynı yönlü bir  $\vec{L}$  yerdeğiştirme vektörü cinsinden de ifade edilebilir ( $\vec{v}_d = v_d \hat{i}$  olduğundan  $\vec{L} = L\hat{i}$  olur). Buradan,

$$\vec{F} = nqv_d A \vec{L} \times \vec{B} \quad (6.5)$$

bulunur. Eşitlik (6.4), Eşitlik (6.5)'de yerine konursa,

$$\vec{F} = I \vec{L} \times \vec{B} \quad (6.6)$$

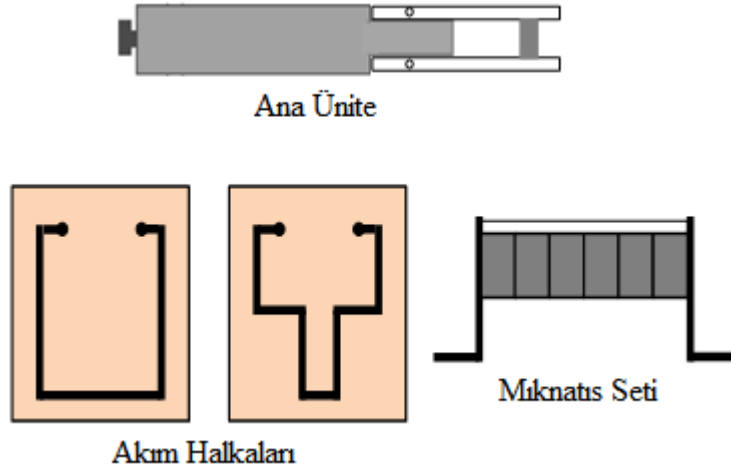
olarak elde edilir.  $\vec{L}$  yerdeğiştirme vektörünün yönü, akımın yönü ile uyumludur. Şekil 6.2'de yük taşıyıcılar pozitif yüklü boşluklar olduğu için, manyetik kuvvetin büyüklüğü,

$$F = ILB \sin \theta \quad (6.7)$$

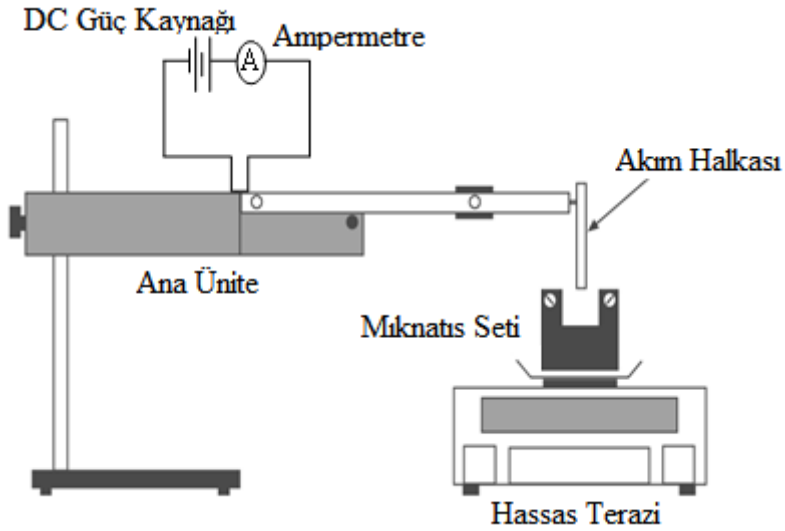
olur. Yapılan bu deneyde akım, telin uzunluğu ve manyetik alan değerlerine bağlı olarak manyetik kuvvetin nasıl değiştiği gözlenebilir.

## DENEYİN YAPILIŞI:

Bu deneyde kullanılan temel parçalar Şekil 6.3'te ve manyetik kuvvete ait deney düzeneği Şekil 6.4'te gösterilmiştir.



Şekil 6.3. Deneyde kullanılan temel parçalar.



Şekil 6.4. Manyetik kuvvet deney düzeneği.

Bu kısımda, manyetik alan ve tel uzunluğu sabit tutularak, telden geçen akımın değiştirilmesiyle, tel üzerindeki manyetik kuvvetin değişimi incelenecektir.

### A. Sabit Manyetik Alan, Sabit Tel Uzunluğu ve Değişken Akım

**A1.** Öncelikle kullanılacak akım halkasını (Tablo 6.1'deki bilgileri kullanınız) ve mıknatıs sayısını belirleyip Tablo 6.2'ye kaydediniz. Ölçümlerin daha güvenilir olmasını sağlayacağı için, 6 adet mıknatıs seçmeniz önerilir.

| TABLO 6.1 Akım halkalarına ait tel uzunlukları. |                       |
|-------------------------------------------------|-----------------------|
| Akım Halkası                                    | Tel Uzunluğu $L$ (cm) |
| SF40                                            | 1.2                   |
| SF37                                            | 2.2                   |
| SF39                                            | 3.2                   |
| SF38                                            | 4.2                   |
| SF41                                            | 6.4                   |
| SF42                                            | 8.4                   |

- A2.** U mıknatıslarını mıknatıs tutucuya yerleştirdikten sonra tutucuyu mıknatısın her iki kolu yukarı yönde olacak şekilde teraziye koyunuz. Seçtiğiniz akım halkasını ana ünitenin kollarına takınız. Bu akım halkasını, U mıknatısların arasında kalacak şekilde ana üniteyi hareket ettirerek yerleştiriniz. Akım halkası **kesinlikle** mıknatıslara dokunmamalıdır.
- A3.** Güç kaynağını ana üniteye bağlayınız.
- A4.** Hassas terazinin denge konumunda olup olmadığını kontrol ediniz. Değilse dengeye getiriniz ve sıfırlayınız.
- A5.** Devreden hiçbir akım geçmiyorken ( $I = 0$ ), mıknatıs tutucunun ve mıknatısların kütlelerini  $m$  belirleyip Tablo 6.2'ye kaydediniz.
- A6.** Güç kaynağını kullanarak akımı 0.5 A değerine ayarlayınız. Manyetik alan içindeki telden akım geçtiği için, bu tel üzerine bir manyetik kuvvet etki edecektir. Bu kuvvet yüzünden mıknatıs takımının kütlesi değişeceği için yeni kütle belirleyip Tablo 6.2'ye kaydediniz.
- A7.** Telden akım geçerken okunan kütle değerini akım geçmezken okunan kütle değerinden çıkararak kütle farkını  $\Delta m$  belirleyip Tablo 6.2'ye kaydediniz.
- A8.**  $F = \Delta mg$  eşitliğini kullanarak kuvveti hesaplayınız ve Tablo 6.2'ye kaydediniz.
- A9.** Akımı her seferinde 0.5 A arttırarak adım 6, 7 ve 8'i tekrar ediniz. Akımı en fazla 5 A değerine kadar çıkarınız.
- A10.** Kuvvetin akımla değişimini veren  $F = f(I)$  grafiğini çizerek, bu grafiğin eğiminden mıknatısların oluşturduğu toplam manyetik alanın büyüklüğünü  $B$  bulunuz ve Tablo 6.2'ye kaydediniz.



### B. Sabit Manyetik Alan, Sabit Akım ve Değişken Tel Uzunluğu

- B1.** Bu kısımda, manyetik alan ve akım sabit tutularak, değişik tel halkaları kullanılacaktır. Her halka; Tablo 6.1’de görüldüğü gibi farklı tel uzunluğuna sahiptir. Akım 5 A değerinde sabitlenerek, farklı uzunluklardaki tellere etkiyen manyetik kuvvetin değişimi incelenecektir.
- B2.** Mıknatıs tutucuyu dengelenmiş hassas terazinin üzerine koyunuz. Seçilen ilk akım halkasını ana ünitenin kollarına takınız ve akım halkasını U mıknatıslar arasında kalacak şekilde yerleştiriniz. Akım halkası **kesinlikle** mıknatıslara dokunmamalıdır.
- B3.** Güç kaynağını ana üniteye bağlayınız.
- B4.** Devreden hiçbir akım geçmiyorken ( $I = 0$ ), mıknatıs tutucunun ve mıknatısların kütlesini  $m$  belirleyip Tablo 6.3’e kaydediniz.
- B5.** Güç kaynağından akımı 5 A değerine getiriniz.
- B6.** Mıknatıs takımının kütlesi değişeceği için, hassas terazide değişen kütle değerini Tablo 6.3’e kaydediniz.
- B7.** Telden akım geçerken okunan kütle değerini akım geçmezken okunan kütle değerinden çıkararak kütle farkını  $\Delta m$  belirleyip Tablo 6.3’e kaydediniz.
- B8.**  $F = \Delta mg$  eşitliğini kullanarak kuvveti hesaplayınız ve Tablo 6.3’e kaydediniz.
- B9.** Güç kaynağını kapatarak devreden geçen akımı kesiniz. Akım halkasını çıkarıp başka bir akım halkası takarak 5. adımdan 9. adıma kadar işlemleri tekrar ediniz.
- B10.** Kuvvetin tel uzunluğuyla değişimini veren  $F = f(L)$  grafiğini çizerek eğiminden manyetik alanın büyüklüğünü  $B$  bulunuz ve Tablo 6.3’e kaydediniz.

### C. Sabit Akım, Sabit Tel Uzunluğu ve Değişken Manyetik Alan

- C1.** Bu kısımda, herhangi bir akım halkası seçilerek tel uzunluğu sabit tutulacak ve akım 5 A değerine sabitlenecektir. İçinden 5 A’lık akım geçen tel üzerine etki eden manyetik kuvvetin, mıknatıs sayısı değiştirilerek oluşturulacak farklı manyetik alanlara göre değişimi incelenecektir.
- C2.** Mıknatıs tutucuyu dengelenmiş hassas terazinin üzerine koyunuz. Seçilen akım halkasını ana ünitenin kollarına takınız ve akım halkasını U mıknatıslar arasında kalacak şekilde yerleştiriniz. Akım halkası **kesinlikle** mıknatıslara dokunmamalıdır.
- C3.** Güç kaynağını ana üniteye bağlayınız.
- C4.** Devreden hiçbir akım geçmiyorken ( $I = 0$ ), mıknatıs tutucunun ve mıknatısların kütlesini  $m$  belirleyip Tablo 6.4’e kaydediniz.

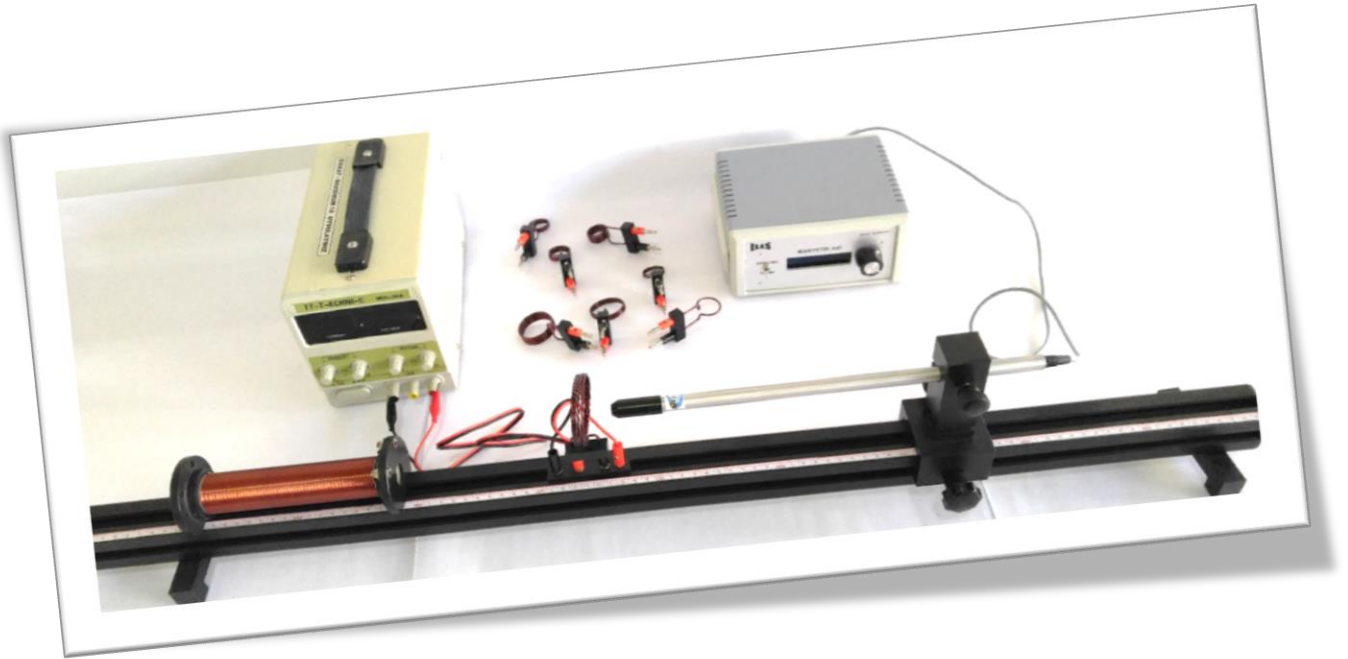
- C5.** Güç kaynağından akımı 5 A değerine getiriniz.
- C6.** Mıknatıs takımının kütlesi değişeceği için, hassas terazide değişen kütle değerini Tablo 6.4'e kaydediniz.
- C7.** Telden akım geçerken okunan kütle değerini akım geçmezken okunan kütle değerinden çıkararak kütle farkını  $\Delta m$  bulunuz ve Tablo 6.4'e kaydediniz.
- C8.**  $F = \Delta mg$  eşitliğini kullanarak kuvveti hesaplayınız ve Tablo 6.4'e kaydediniz.
- C9.** Bu kuvvet değerini,  $L$  tel uzunluğunu ve  $I$  akım değerini kullanarak manyetik alanın büyüklüğünü  $B$  hesaplayınız ve Tablo 6.4'e kaydediniz.
- C10.** Güç kaynağını kapatarak devreden geçen akımı kesiniz. Mıknatıs tutucusuna her seferinde bir mıknatıs daha ekleyerek 4. adımdan 10. adıma kadar işlemleri tekrar ediniz.
- C11.** Sonuçlarınızı yorumlayınız.

**DENEY VERİLERİ:**

| TABLO 6.2                                    |                 |                           |                |                                             |                                      |                |         |
|----------------------------------------------|-----------------|---------------------------|----------------|---------------------------------------------|--------------------------------------|----------------|---------|
| Mıknatıs Sayısı = .....                      |                 |                           |                | Tel Uzunluğu $L = \dots\dots\dots\text{cm}$ |                                      |                |         |
| $I$ (A)                                      | $m$ (g)         | $\Delta m$ (g)            | $F$ (N)        | $I$ (A)                                     | $m$ (g)                              | $\Delta m$ (g) | $F$ (N) |
| 0                                            |                 |                           |                | 3.0                                         |                                      |                |         |
| 0.5                                          |                 |                           |                | 3.5                                         |                                      |                |         |
| 1.0                                          |                 |                           |                | 4.0                                         |                                      |                |         |
| 1.5                                          |                 |                           |                | 4.5                                         |                                      |                |         |
| 2.0                                          |                 |                           |                | 5.0                                         |                                      |                |         |
| 2.5                                          |                 |                           |                |                                             |                                      |                |         |
| Toplam Manyetik Alan $B^* = \dots\dots\dots$ |                 |                           |                |                                             |                                      |                |         |
| TABLO 6.3                                    |                 |                           |                |                                             |                                      |                |         |
| Mıknatıs Sayısı = .....                      |                 | Akım $I = 5$ A            |                |                                             | $I = 0$ için $m = \dots\dots\dots g$ |                |         |
| Akım Halkası                                 | $L$ (cm)        | $m$ (g)                   | $\Delta m$ (g) | $F$ (N)                                     |                                      |                |         |
| SF40                                         |                 |                           |                |                                             |                                      |                |         |
| SF37                                         |                 |                           |                |                                             |                                      |                |         |
| SF39                                         |                 |                           |                |                                             |                                      |                |         |
| SF38                                         |                 |                           |                |                                             |                                      |                |         |
| SF41                                         |                 |                           |                |                                             |                                      |                |         |
| SF42                                         |                 |                           |                |                                             |                                      |                |         |
| Toplam Manyetik Alan $B^* = \dots\dots\dots$ |                 |                           |                |                                             |                                      |                |         |
| TABLO 6.4                                    |                 |                           |                |                                             |                                      |                |         |
| Tel Uzunluğu $L = \dots\dots\dots\text{cm}$  |                 |                           |                | Akım $I = 5$ A                              |                                      |                |         |
| Mıknatıs Sayısı                              | $[I = 0] m$ (g) | $[I = 5 \text{ A}] m$ (g) | $\Delta m$ (g) | $F$ (N)                                     | $B^*$                                |                |         |
| 1                                            |                 |                           |                |                                             |                                      |                |         |
| 2                                            |                 |                           |                |                                             |                                      |                |         |
| 3                                            |                 |                           |                |                                             |                                      |                |         |
| 4                                            |                 |                           |                |                                             |                                      |                |         |
| 5                                            |                 |                           |                |                                             |                                      |                |         |
| 6                                            |                 |                           |                |                                             |                                      |                |         |

\* Sayısal değerlerini yazarken birimlerini belirtmeyi unutmayınız.

# BIOT-SAVART YASASI



E7



# BIOT-SAVART YASASI

E7

## DENEYİN AMACI:

1. Akım uygulanan dairesel iletken bir telin oluşturduğu manyetik alanın ölçülmesi ve manyetik alanın yarıçap ve sarım sayısı ile değişiminin incelenmesi.
2. Üzerinden akım geçen bir bobinin merkezinde ve merkezinden farklı uzaklıklarda manyetik alanın bulunması.

## DENEYDE KULLANILAN ARAÇLAR:

DC güç kaynağı

Teslametre

Bobin

Farklı sarım sayılarına sahip dairesel iletken teller

Optik eksen

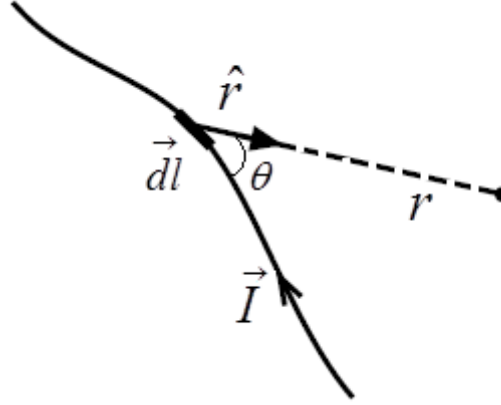
## TEORİK BİLGİ:

### 7.1. BIOT-SAVART YASASI

Bir  $\vec{v}$  hızıyla hareket eden  $q$  noktasal yükü tarafından bir  $r$  uzaklığında oluşturulan manyetik alan,

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q}{r^2} (\vec{v} \times \hat{r}) \quad (7.1)$$

ile verilir. Tel üzerinde akan akımların oluşturduğu manyetik alanlar, noktasal bir yük tarafından oluşturulan manyetik alandan daha fazla uygulama alanına sahiptir. Bir tel üzerindeki akım, her biri ayrı ayrı kendi manyetik alanını üreten hareketli noktasal yüklerin bir dağılımıdır. Süperpozisyon ilkesine göre, akımın oluşturduğu manyetik alan ayrı ayrı noktasal yüklerin her birinin oluşturduğu manyetik alanların integrali ya da toplamıdır.



**Şekil 7.1.**  $I$  akımı taşıyan iletken bir tel.

Şekil 7.1, kararlı bir  $I$  akımı taşıyan gelişigüzel şekilli bir ince teli göstermektedir. Bu telin küçük bir  $dl$  uzunluğundan bir pozitif yük akımının geçtiğini düşünelim. Burada  $dl$  içerisindeki  $dq$  hareketli yükünü, küçük  $dB$  büyüklüğüne sahip bir manyetik alan üreten bir noktasal yük olarak ele alabiliriz. Bu durumda manyetik alan,

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{dq}{r^2} (\vec{v} \times \hat{r}) \quad (7.2)$$

ve büyüklüğü,

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{dq}{r^2} v \sin \theta \quad (7.3)$$

şeklinde verilir. Burada  $\theta$ ,  $\vec{v}$  hızı ile  $\hat{r}$  arasındaki açıdır (bkz. Şekil 7.1). Akım ile  $dq$  arasındaki ilişki,

$$dq = Idt \quad (7.4)$$

ile verilir. Burada  $dt$ ;  $dq$  yükünün küçük  $dl$  uzunluklu parçayı geçmesi için gereken süredir:

$$dt = dl/v. \quad (7.5)$$

Buradan,

$$dq = Idl / v \quad (7.6)$$

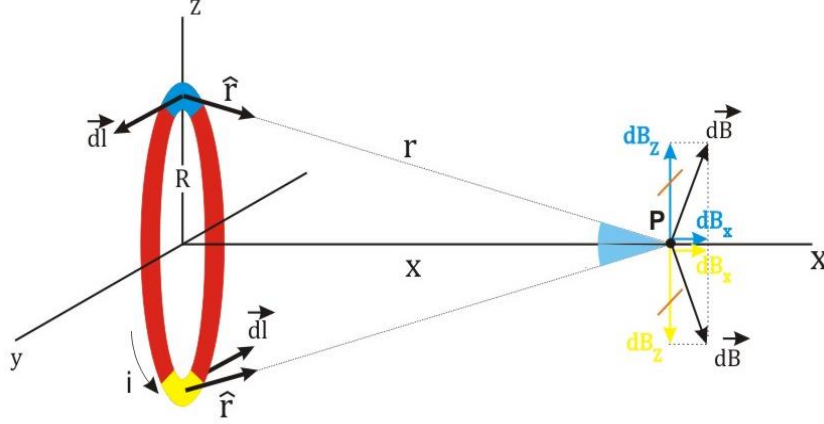
elde edilir. Eşitlik 7.6, Eşitlik 7.3'te yerine konursa;

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Idl \sin \theta}{r^2} \quad (7.7)$$

elde edilir. Bunu vektörel formda ifade ederken, tel parçasını akım yönünde ve tele teğet bir  $d\vec{l}$  vektörü olarak ele alırız (bkz. Şekil 7.1). Eşitlik 7.2'deki manyetik alan,

$$\vec{dB} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{d\vec{l} \times \hat{r}}{r^2} \quad (7.8)$$

olarak ifade edilebilir. Eşitlik 7.8, bize bir telin küçük bir parçasının oluşturduğu manyetik alanı verir. Bu eşitlik, “Biot-Savart Yasası” olarak adlandırılır. Herhangi bir uzunluk ve şekle sahip bir tel tarafından oluşturulan manyetik alan, bu eşitliğin tel boyunca integrali alınarak hesaplanabilir.



**Şekil 7.2.** Dairesel iletken bir tel üzerinden geçen sabit akımın uzaydaki bir  $P$  noktasındaki manyetik alan vektörünün bileşenleri ve net manyetik alan vektörünün yönü.

Üzerinden akım geçen dairesel bir iletken telin eksenini boyunca ve merkezden  $x$  kadar uzakta oluşan manyetik alan değeri, Eşitlik 7.8’deki integral alınarak bulunur (bkz. Şekil 7.2):

$$B(x) = N\mu_0 \frac{I}{2} \frac{R^2}{(x^2 + R^2)^{3/2}}. \quad (7.9)$$

Halka merkezinde  $x = 0$  olduğundan bu manyetik alan,

$$B(x) = \frac{\mu_0 NI}{2R} \quad (7.10)$$

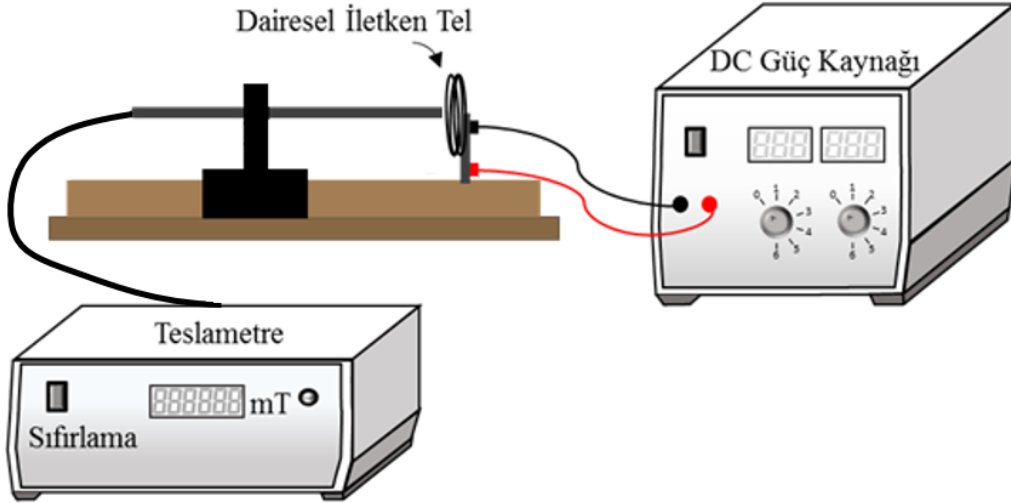
değerine indirgenir. Burada manyetik geçirgenlik sabiti  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$  Tm/A değerindedir.



## DENEYİN YAPILIŞI:

### A. Dairesel İletken Telin Oluşturduğu Manyetik Alan Büyüklüğünün Ölçülmesi

İlk olarak, farklı sarımlı ve yarıçaplı dairesele tellerin üzerinden sabit değeri bir doğru akım geçirildiğinde, bu dairesele iletken tellerin oluşturduğu manyetik alan büyüklükleri ölçülür. Elde edilen manyetik alan verilerinden manyetik alan sabiti  $\mu_0$  deneysel olarak hesaplanır. Bunun için öncelikle Şekil 7.3'te verilen devre kurulur.



Şekil 7.3. Akım taşıyan dairesele iletken telin oluşturduğu manyetik alanın ölçüm düzeneği.

- A1. Deney düzeneğinde,  $R = 3$  cm yarıçaplı dairesele tellerden  $N = 1$  sarımlı olanı, tutucuya yerleştiriniz (Şekil 7.3).
- A2. Teslametre sensörünün Hall prob ucunu, dairesele iletken telin tam merkezine gelecek şekilde optik eksen (x) üzerinden hizalayınız.
- A3. Dairesel iletken telin çıkış uçlarını DC güç kaynağına takınız.
- A4. DC güç kaynağını açınız.
- A5. Doğru akım kaynağı üzerindeki akım ayarını kullanarak devreye uygulanacak akımı  $I = 1$  A değerine ayarlayınız. Akım 2 A değerini asla geçmemelidir, aksi takdirde teller aşırı ısınabilir.



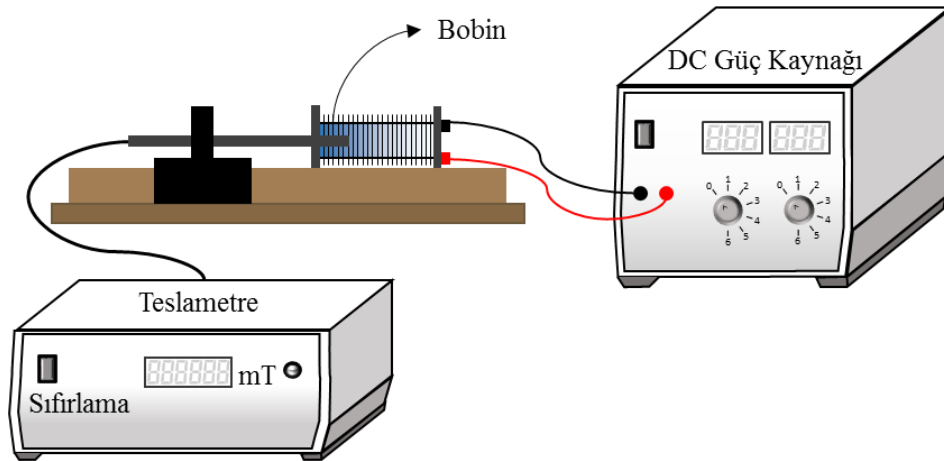
Uygulanacak maksimum akım değeri 2 A'dır. Akım geçerken dairesele tellere dokunmayınız ve deneyi mümkün olan en kısa sürede tamamlayınız.

- A6. Teslametreyi açmadan önce sıfırlama düğmesini seçin ve açtıktan sonra teslametre üzerindeki düğmeyi yavaşça sağa sola çevirerek teslametreyi sıfır değerine ayarlayınız.

- A7.** Hall probunun ucunu, deneyde kullanılan dairesel telin merkezine getirerek ( $x = 0$  cm) manyetik alan değerini okuyun ve Tablo 7.1'e kaydediniz.
- A8.** Benzer şekilde, aynı yarıçaplı  $R$ , fakat sarım sayısı farklı,  $N = 2, 3, 4, 5$  dairesel teller için manyetik alan ölçümlerini tekrarlayın ve okuduğunuz değerleri Tablo 7.1'e kaydediniz.
- A9.** Tablo 7.1'i kullanarak, manyetik alanın sarım sayısına bağlı değişimini veren  $B = f(N)$  grafiğini çizin.
- A10.** Grafiğin eğiminden, Eşitlik 7.10'u kullanarak manyetik geçirgenlik sabitini  $\mu_0$  hesaplayınız.
- A11.**  $N = 4$  sarım sayısına sahip, farklı yarıçaplı üç iletken tel için manyetik alan ölçümlerini tekrarlayın ve okuduğunuz değerleri Tablo 7.2'ye kaydediniz.
- A12.** Tablo 7.2'yi kullanarak, manyetik alanın yarıçapa bağlı değişimini veren  $B = f(1/R)$  grafiğini çizin.
- A13.** Grafiğin eğiminden, Eşitlik 7.10'u kullanarak manyetik alan sabitini  $\mu_0$  hesaplayınız.
- A14.** Her iki grafiğin eğiminden bulunan  $\mu_0$  değerlerini karşılaştırınız.

## B. Bir Bobinin İçinde Oluşan Manyetik Alanın Ölçülmesi

**B1.** Şekil 7.4'te verilen ölçüm devresini kurunuz.



**Şekil 7.4.** Bir bobinin oluşturduğu manyetik alanın ölçülmesi.

**B2.** Doğru akım (DC) güç kaynağını açınız. Doğru akım kaynağı üzerindeki akım ayarını kullanarak devreye uygulanacak akımı,  $I = 1$  A değerine ayarlayınız. Akım 2 A değerini asla geçmemelidir, aksi takdirde teller aşırı ısınabilir.



Halka akımı maksimum değeri 2 A'dır. Akım geçerken dairesel tellere dokunmayınız ve deneyi mümkün olan en kısa sürede tamamlayınız.

- B3.** Teslametreyi açmadan önce sıfırlama düğmesini seçin ve açtıktan sonra teslametre üzerindeki düğmeyi yavaşça sağa sola çevirerek teslametreyi sıfır değerine ayarlayınız.
- B4.** Hall probunun ucunu bobinin tam ucuna  $x = 0$  cm olacak şekilde yerleştiriniz. Prob ucunun bobinin kesit alanının tam merkezinde olmasına dikkat ediniz.
- B5.** Hall probunu optik eksene bağlayan tutucunun bir noktasını referans alarak, prob ucunu bobin merkezinden başlayarak yavaş bir şekilde bobinin içerisine doğru 1'er cm aralıklarla hareket ettiriniz.
- B6.** Teslametreden 1 cm aralıklarla okunan manyetik alan  $B$  değerlerini Tablo 7.3'e kaydediniz.
- B7.** Tablo 7.3'deki verileri kullanarak, manyetik alanın  $x$  uzunluğuna bağlı değişimini veren  $B = f(x)$  grafiğini çizin ve yorumlayınız.

**DENEY VERİLERİ:**

| TABLO 7.1 |     |          |
|-----------|-----|----------|
| $R$ (cm)  | $N$ | $B$ (mT) |
| .....     | 1   |          |
|           | 2   |          |
|           | 3   |          |
|           | 4   |          |
|           | 5   |          |

| TABLO 7.2 |          |          |
|-----------|----------|----------|
| $N$       | $R$ (cm) | $B$ (mT) |
| 4         |          |          |
|           |          |          |
|           |          |          |

| TABLO 7.3 |          |          |
|-----------|----------|----------|
| $N$       | $x$ (cm) | $B$ (mT) |
| 250       | 0        |          |
|           | 1.0      |          |
|           | 2.0      |          |
|           | 3.0      |          |
|           | 4.0      |          |
|           | 5.0      |          |
|           | 6.0      |          |
|           | 7.0      |          |
|           | 8.0      |          |
|           | 9.0      |          |
|           | 10.0     |          |



# TRANSFORMATÖR



E8



# TRANSFORMATÖR



## DENEYİN AMACI:

Bir transformatörün elektriksel karakteristiklerinin incelenmesi.

## DENEYDE KULLANILAN ARAÇLAR:

Sarım sayıları 500 ve 1000 olan iki bobin ve transformatör çekirdeği

2 adet 0 – 1 A AC Ampermetre

2 adet 0 – 250 V AC Voltmetre

4 adet lamba

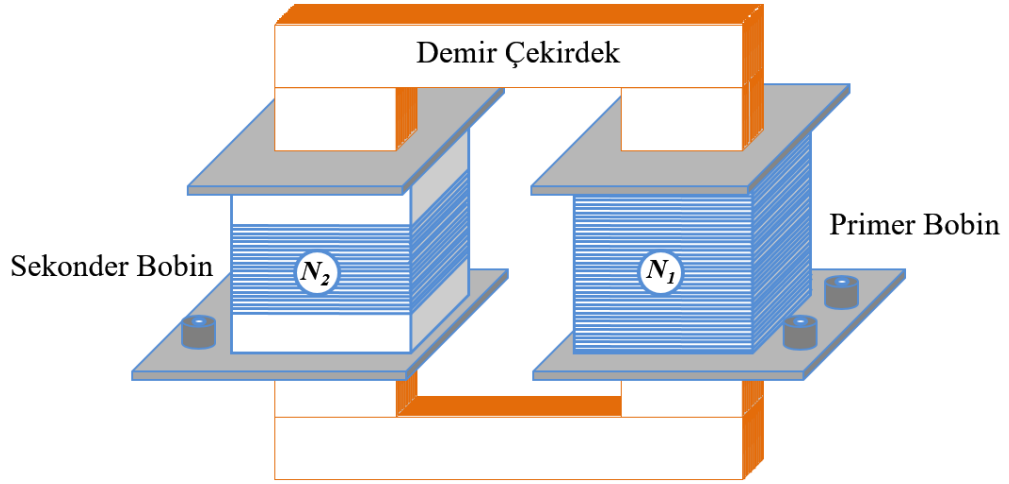
Lambaların yerleştirileceği kutu

Bağlantı kabloları

## TEORİK BİLGİ:

Zamanla periyodik olarak yönü ve şiddeti değişen akımlara alternatif akım denir. En sık kullanılan alternatif akım, zamanla değişimi basit bir sinüs fonksiyonu olanıdır ki buna sinüzoidal alternatif akım da denir. Evlerimizde ve sanayide kullandığımız elektrik akımı bu tip bir alternatif akımdır. Transformatör, gücünü değiştirmeksizin alternatif akım ve gerilimleri ihtiyaca göre alçaltıp yükseltmeye yarayan ve esası elektromanyetik indüksiyona dayanan bir düzendir. Transformatörler, yumuşak demirden yapılmış bir çekirdek etrafına sarılmış iki veya bazen daha fazla akım makarasından (bobinden) oluşur. Foucault akımlarının (değişen bir manyetik alan içinde bulunan metal kütleler içinde oluşan indüksiyon akımları) neden olacağı enerji kaybını önlemek için çekirdek som demir olmayıp birbirinden yalıtılmış ince demir levhaların üst üste konulup sıkıştırılması ile yapılmıştır.





**Şekil 8.1.** Transformatörün yapısı.

Elektrik enerjisinin uygulandığı akım makarasına I. devre (primer), elektrik enerjisinin alındığı akım makarasına ise II. devre (sekonder) adı verilir. Gerek demir çekirdeğinde ve gerekse sargılarında elektrik enerjisinin bir kısmını ısı enerjisine dönüştürmeyen, yani kaybın olmadığı bir transformatöre ideal transformatör denir. İdeal bir transformatörde,

$$I_1 V_1 = I_2 V_2 \quad (8.1)$$

olur. Primer bobininin sarım sayısı  $N_1$  ve sekonder bobininin sarım sayısı  $N_2$  olmak üzere;

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (8.2)$$

olur. Burada  $N_1/N_2$  oranına değişim oranı denir.  $N_1 < N_2$  ise,  $V_1 < V_2$  'dir ve bu transformatör yükseltici olarak adlandırılır.  $N_1 > N_2$  ise,  $V_1 > V_2$  'dir ve bu transformatör de alçaltıcı özelliktedir. Bir transformatörün verimi transformatörden alınan gücün transformatöre verilen güce oranıdır:

$$\text{Verim} = \frac{\text{Sekonderdeki Güç}}{\text{Primerdeki Güç}} = \frac{P_2}{P_1} = \frac{I_2 V_2}{I_1 V_1} \quad (8.3)$$

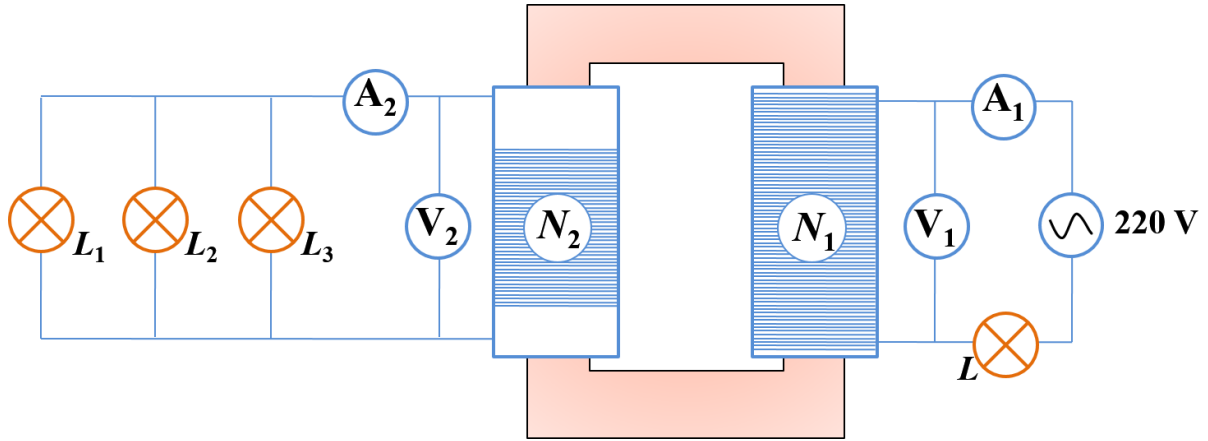
### DENEYİN YAPILIŞI:



Sistem 220 V ile çalışmaktadır.

Görevli kontrol etmeden devreye akım vermeyiniz.

1. Şekil 8.2'deki devreyi kurunuz ( $N_1=1000$  sarım,  $N_2= 500$  sarım).



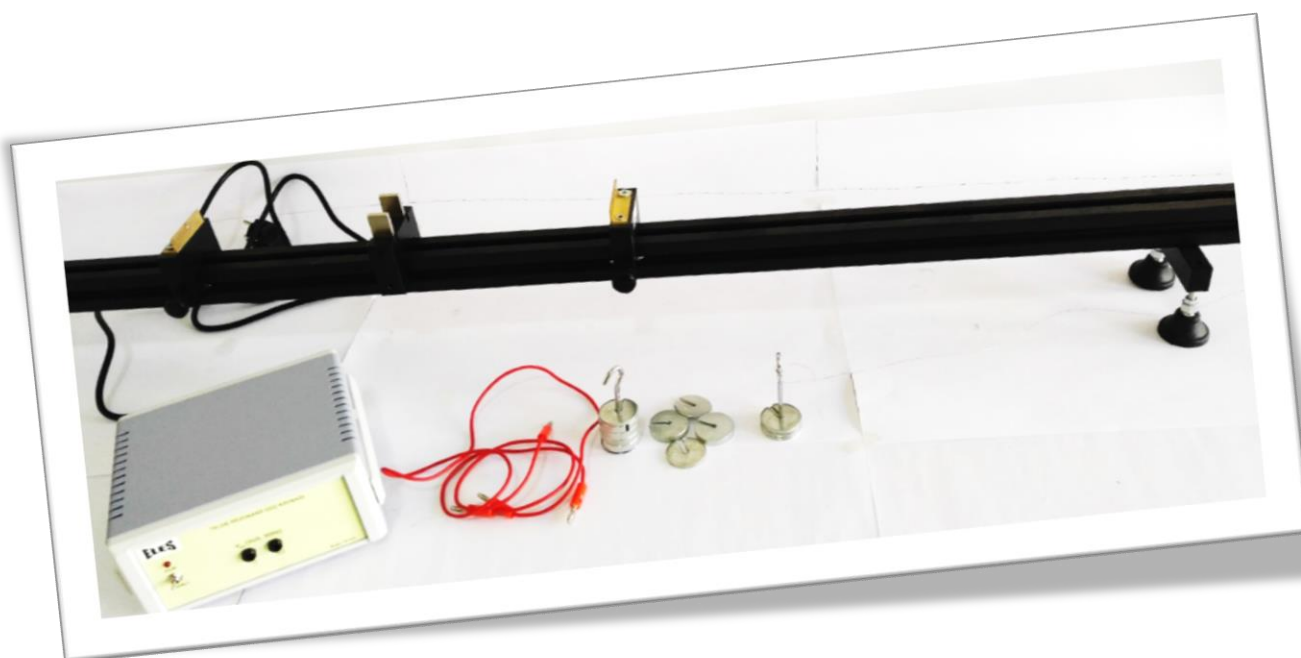
Şekil 8.2. Transformatör deney düzeneği (L: Lamba).

2. Sekonder bobine bağlı lambaları söndürünüz. Primerdeki lambanın yanıp yanmadığını gözleyiniz.
3. Sekonderdeki paralel bağlı lambalardan birincisini devreye sokarak  $I_1, V_1, I_2$  ve  $V_2$  değerlerini Tablo 8.1'e kaydediniz.
4. Kaydedilen akım ve voltaj değerlerinden faydalanarak  $P_1$  ve  $P_2$  güçlerini bulunuz ve Tablo 8.1'e kaydediniz.
5. Eşitlik 8.3'ü kullanarak verimi hesaplayınız ve Tablo 8.1'e kaydediniz.
6. Sekonderdeki lambalardan ikincisini de devreye sokarak 3., 4. ve 5. maddelerdeki işlemleri tekrarlayınız.
7. Sekonderdeki lambaların tümünü devreye sokarak 3., 4. ve 5. maddelerdeki işlemleri tekrarlayınız.
8. Bulduğunuz verimleri yorumlayınız.

**DENEY VERİLERİ:**

| TABLO 8.1    |              |              |              |              |                 |                 |       |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|-----------------|-------|
| Lamba Sayısı | $I_1$<br>(A) | $V_1$<br>(V) | $I_2$<br>(A) | $V_2$<br>(V) | $P_1$<br>(watt) | $P_2$<br>(watt) | Verim |
| 1            |              |              |              |              |                 |                 |       |
| 2            |              |              |              |              |                 |                 |       |
| 3            |              |              |              |              |                 |                 |       |

# TELDE REZONANS



E9



## DENEYİN AMACI:

Üzerinden alternatif akım geçen, magnetik alan içerisinde bulunan ve kütle bağlanarak gerilmiş olan bir telde rezonans dalgalarının incelenmesi.

## DENEYDE KULLANILAN ARAÇLAR:

AC Güç kaynağı (60 V, 50 Hz)

1 adet ray

Makara

Kütle seti

Mıknatıslar

İletken tel

Dijital Terazi

## TEORİK BİLGİ:

Magnetik alan içinde bulunan bir telden elektrik akımı geçirilirse ve bu akım yönü ile magnetik alanın yönü birbirine dik ise, alan tarafından tele uygulanan elektromagnetik kuvvetin büyüklüğü,

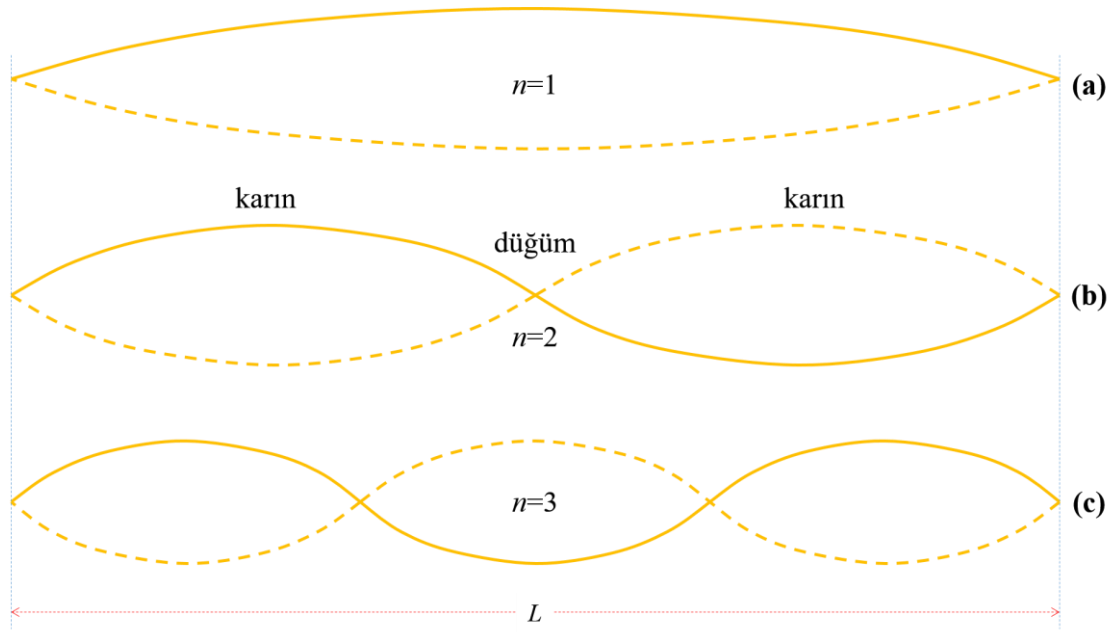
$$F = iBl \quad (9.1)$$

şeklindedir. Burada  $i$  telden geçen akımın büyüklüğünü,  $B$  magnetik alan değerini ve  $L$  ise telin boyunu temsil etmektedir. Bu kuvvetin yönü sağ el kuralı ile bulunmaktadır. Bu eşitliğe göre kuvvet; akım şiddeti, magnetik alan şiddeti ve telin uzunluğu ile değişmektedir. Eğer telden alternatif akım geçerse meydana gelen elektromagnetik kuvvetin yönü de devamlı olarak değişecektir. Bu kuvvetin etkisiyle tel titreşim hareketi yapmaya başlayacaktır. Telin titreşimi aşağı-yukarı olacak şekildedir.

Telde kararlı bir dalga oluştuğu zaman, telin boyu  $L$ , teli geren kuvvet  $F$  ve telin boyca yoğunluğu  $\mu$  olmak üzere, titreşen bir telin frekansı  $f$  ;

$$f = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (9.2)$$

ile verilir. Burada  $n$ , teldeki yarım dalga boylarının sayısıdır. Eğer  $n = 1$  olursa telin titreşim frekansı ana frekans adını alır (Şekil 9.1 (a)).

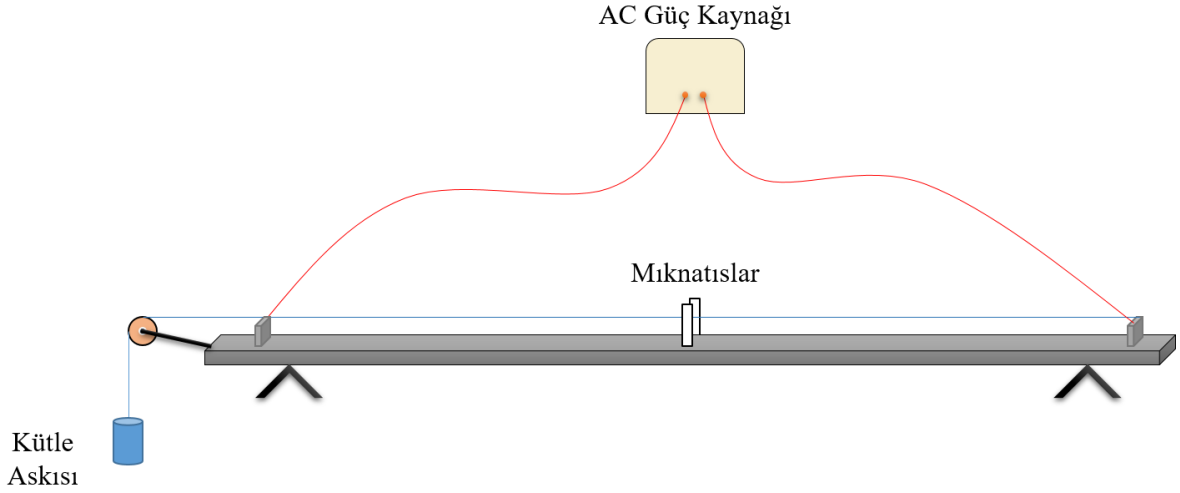


**Şekil 9.1.**  $n = 1$ ,  $n = 2$ ,  $n = 3$  durumları için rezonans dalgaları.

Eğer elektromagnetik kuvvetin etkisi ile telde meydana gelen titreşimin frekansı, telin doğal titreşim frekansına eşit olursa rezonans durumu meydana gelir ve bu durumda tel en büyük genlikle titreşir. Teli geren kuvvet değiştirilerek rezonans durumu elde edildiğinde, teli geren kuvvet hesaplanarak alternatif gerilimin frekansı hesaplanabilir.

## DENEYİN YAPILIŞI:

1. Şekil 9.2’de verilen devreyi kurunuz.



Şekil 9.2. Telde rezonans deney düzeneği.

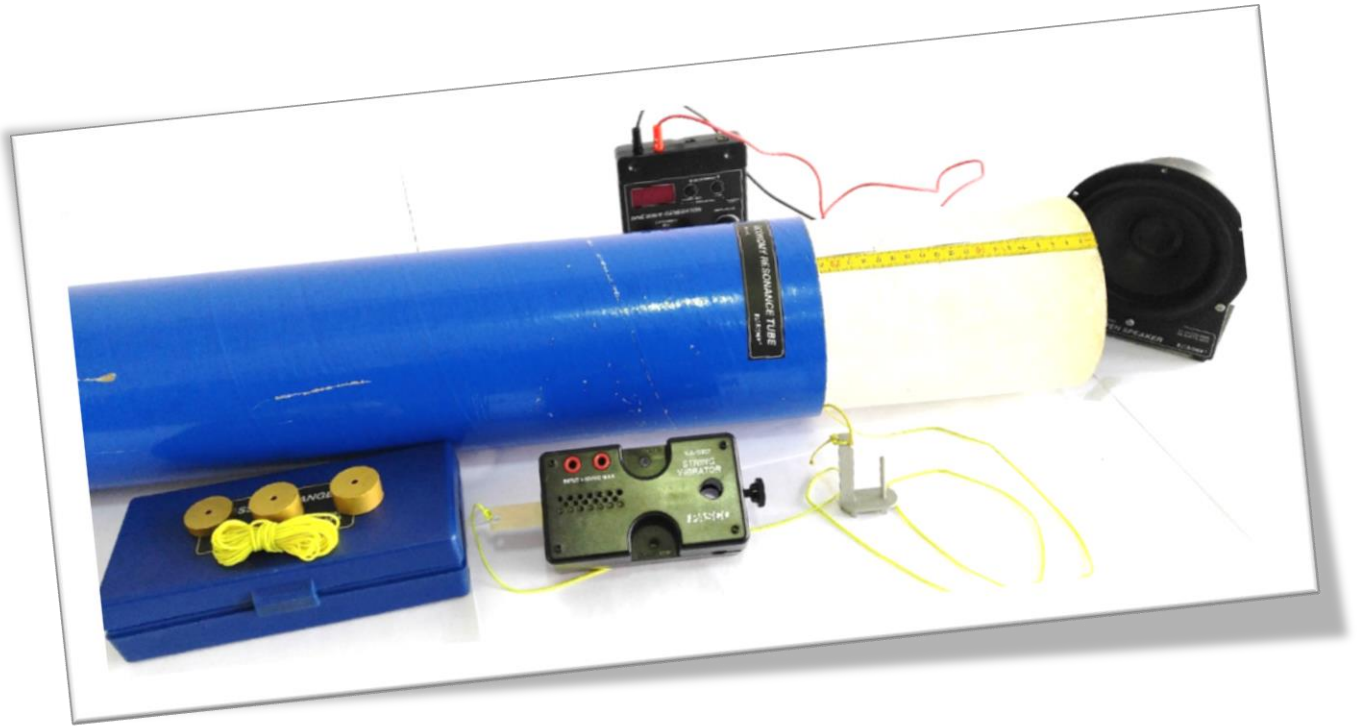
2. Deney seti içeriğinde bulunan, 5 m uzunluğundaki ( $L_{tel}$ ) iletken telin kütlesini ( $m_{tel}$ ) dijital terazi yardımıyla ölçünüz ve Tablo 9.1’e kaydediniz.
3. İletken telin boyca yoğunluğunu  $\mu_{tel} = \frac{m_{tel}}{L_{tel}}$  eşitliği yardımıyla hesaplayınız ve Tablo 9.1’e kaydediniz.
4. Deney seti üzerindeki destek noktaları arası mesafeyi yani telin titreşecek olan bölümünün uzunluğunu  $L=1.9$  m değerine ayarlayınız.
5. Mıknatısın,  $L$  boyunun tam ortasında olduğundan emin olduktan sonra güç kaynağını açarak devreye alternatif akım uygulayınız.
6. Kütlevi askısı üzerine değişik kütleler asarak telin  $n = 2$  durumu için maksimum genlikte titreştiği kütleyi tayin ediniz. Bu kütleyi  $m = m_{askı} + m_{kütle}$  eşitliğinden yararlanarak hesaplayınız ve Tablo 9.1’e kaydediniz. Kütlevi askısının kütlesi 20 g’dır.
7. Teli geren  $F$  kuvvetinin büyüklüğünü  $F = mg$  denklemi yardımıyla hesaplayınız ve Tablo 9.1’e kaydediniz.
8. Tel içerisinden geçen alternatif akımın frekansını, Eşitlik 9.2 yardımıyla hesaplayınız ve Tablo 9.1’e kaydediniz.
9. Bu işlemleri  $n = 3$  durumu için tekrarlayarak sonuçlarınızı yorumlayınız.
10. Deney sonucu elde ettiğiniz  $f_{ort}$  değerini kullanarak  $n = 1$  durumunu elde edebilmek için telin ucuna asılması gereken toplam kütleyi  $m'$  hesaplayınız ve sonucunuzu yorumlayınız.



**DENEY VERİLERİ:**

| TABLO 9.1 |                   |                  |                       |            |             |            |             |                   |
|-----------|-------------------|------------------|-----------------------|------------|-------------|------------|-------------|-------------------|
| $n$       | $m_{tel}$<br>(kg) | $L_{tel}$<br>(m) | $\mu_{tel}$<br>(kg/m) | $L$<br>(m) | $m$<br>(kg) | $F$<br>(N) | $f$<br>(Hz) | $f_{ort}$<br>(Hz) |
| 2         |                   | 5                |                       | 1.9        |             |            |             |                   |
| 3         |                   | 5                |                       | 1.9        |             |            |             |                   |

# REZONANS TÜPÜ ve KARARLI DALGALAR



E10



# REZONANS TÜPÜ ve KARARLI DALGALAR

E10

## DENEYİN AMACI:

Rezonans olayından yararlanarak sesin havada yayılma hızını ve verilen herhangi bir ipin yoğunluğunu hesaplamak.

## DENEYDE KULLANILAN ARAÇLAR:

Dalga üretici

Kütle seti ve askısı

İp

Şerit metre

Makara

Hoparlör

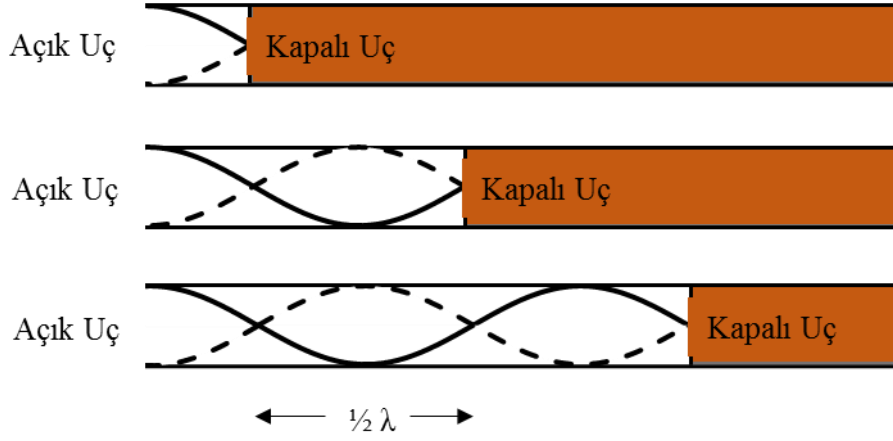
Rezonans tüpü

Bağlantı kabloları

## TEORİK BİLGİ:

Bir cismin veya sistemin doğal frekansıyla aynı frekansa sahip bir kuvvet etkisiyle uyarılması sonucunda rezonans olayı olur. Bu durumda yapının titreşim genliği artma eğilimine girer.

Bir ucu açık ve diğer ucu kapalı rezonans oluşturucu bir t p, her zaman için kapalı uçta bir düğüme ve açık uçta bir karına sahip olacaktır. Bir düğüm havanın hızının minimum (sıfır) olduğu ve karın ise havanın hızının maksimum olduğu bir alanı temsil eder. Eğer t p belli, sabit bir frekansta rezonans oluşturuyorsa, t p Şekil 10.1’de gösterildiği gibi rezonans oluşturacaktır, burada kavisli çizgiler t p içindeki havanın hız profilini temsil etmektedir.



**Şekil 10.1.** Bir ucu açık bir ucu kapalı tüpte karın ve düğüm noktaları.

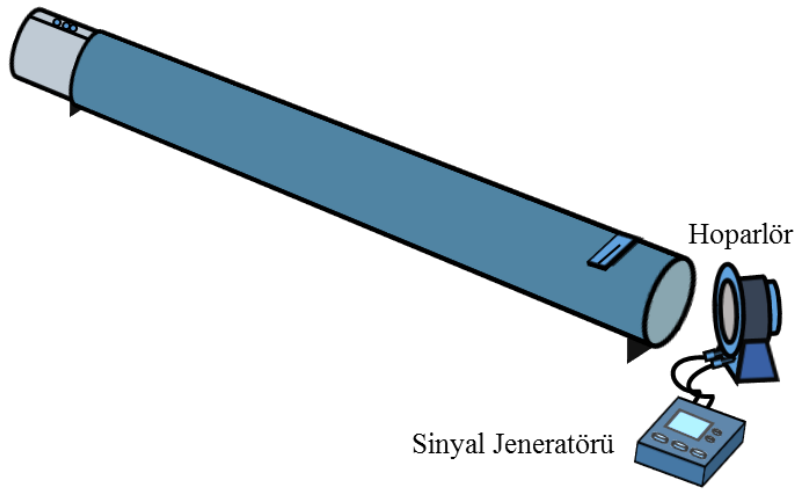
Tüpün aktif kısmının uzunluğu artırılırsa, ses birbirini izleyen her bir düğümde sesli ve karında sessiz hale gelir. Düğümler arasındaki mesafenin  $\frac{1}{2} \lambda$  olduğuna dikkat ediniz. Tüm dalga tipleri için frekans  $f$  ve dalgaboyu  $\lambda$ ,

$$v = \lambda f \quad (10.1)$$

şeklinde dalganın hızıyla ( $v$ ) ilintilidir. Sesin sıcaklığa bağlı havada yayılma hızı teorik olarak,

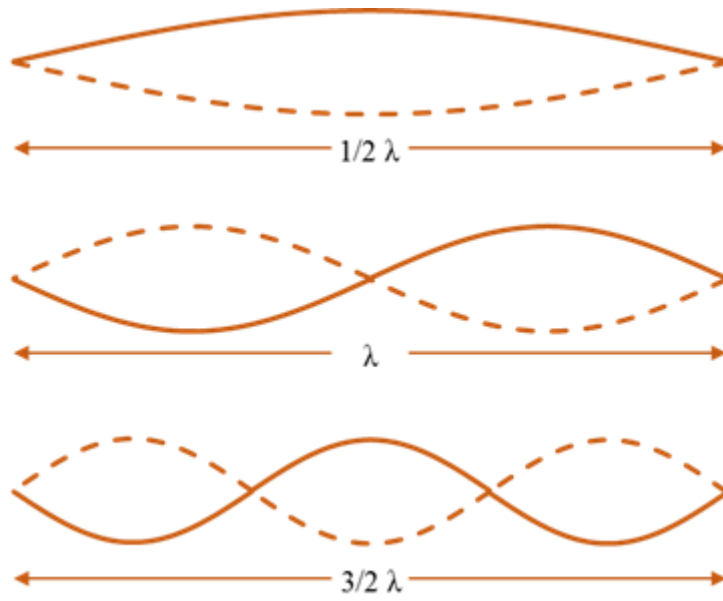
$$v = (331 + 0.6T) \text{ m/s} \quad (10.2)$$

ile verilir. Bu eşitlikte  $T$ ; santigrat derece cinsinden sıcaklığa karşılık gelir. Hoparlörün çalışma prensibi elektromagnetizmaya dayanır. İçinde bulunan mıknatıs ve bobin manyetik olarak etkileştiğinde diyafram hareket eder. Diyaframın birim zamandaki titreşimi tüp içinde oluşan dalganın frekansına eşit olur (Şekil 10.2). Elektrik enerjisinin ses enerjisine dönüşümünün en belirgin örneğidir.



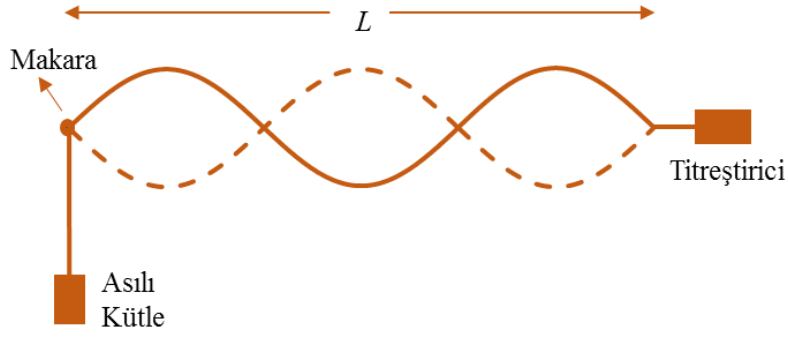
**Şekil 10.2.** Rezonans tüpü deney düzeneği.

Ses dalgalarındaki karın-düğüm noktaları bir ipde oluşan durağan dalgalarda da gözlemlenir. Bunlara kararlı dalgalar adı verilir. Bir sinyal (sinüs dalgası) jeneratörü, gerilmiş bir ipde duran dalga yaratmak için ipi titreştirir. Gerilmiş bir ip pek çok doğal titreşim moduna sahiptir. Şekil 10.3'te üç örnek gösterilmektedir. Eğer ip her iki uçta sabitlenirse, o zaman her bir uçta bir düğüm (genliğin olmadığı yer) ve en az bir karın (maksimum genliğin olduğu yer) olmalıdır. İp tek bir parça olarak titreşebilir, bu durumda titreşen ipin uzunluğu  $L$  dalganın dalgaboyunun yarısına eşittir ( $L = \lambda / 2$ ). Her bir uçta ve ortada bir düğüm oluşturacak şekilde iki parçada titreşebilir; o zaman dalgaboyu ipin uzunluğuna eşittir ( $L = \lambda$ ).



**Şekil 10.3.** Gerilmiş ipteki bazı modlar.

Eğer gerilmiş bir ip gelişigüzel bir frekansta hareket ettirilirse, birçok mod birbiriyle karışmış olacağından, belli bir mod görülmeyebilir. Fakat titreşim frekansı, gerilim ve uzunluk doğru şekilde ayarlanırsa, bir titreşimsel mod diğer modlardan çok daha büyük genlikte oluşacaktır.



**Şekil 10.4.** Üç parçada titreşen ip.

Dalgaboyu  $\lambda$  ve frekansı  $f$  olan herhangi bir dalga için, dalganın hızının Eşitlik 10.1 ile verileceğini belirtmiştik. Bunun yanında, bir ip üzerindeki dalganın hızı;

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (10.3)$$

ile verilir. Burada  $\mu$  boyca yoğunluk olup, ipin birim uzunluğu başına kütlesidir ( $\mu = m/L$ ). Gerilim  $F$ , bir  $m$  kütlesinin asılmasıyla uygulanır ve asılı kütlenin ağırlığına ( $mg$ ) eşittir. Eşitlik 10.1 ve Eşitlik 10.3 kullanılarak,

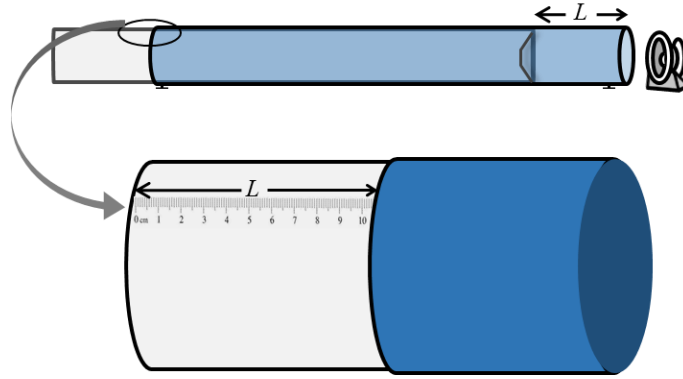
$$f^2 = \frac{g}{\mu \lambda^2} m \quad (10.4)$$

elde edilir.

## DENEYİN YAPILIŞI:

### A. Rezonans Tüpü

- A1.** Sinyal jeneratörünü hoparlöre bağlayınız ve yatay yerleştirilmiş iç içe geçmiş tüplerin ucuna  $45^\circ$  açı yapacak şekilde hoparlörü yerleştiriniz. Hoparlör tüpün tam karşısına yerleştirilmemelidir. Hareket ettirilecek tüp içindeki tüptür, mavi tüpü hareket ettirmeyiniz.
- A2.** Hoparlörün bağlı olduğu uç kapalı uçtur. İçteki tüp diğer taraftan dışarı doğru çekilecektir.
- A3.** Genlik değeri makul bir değerdayken sinyal jeneratörünü 300 Hz'e ayarlayınız. Beyaz tüpü yavaş yavaş dışarı doğru çekiniz. Sesin şiddetinin rezonanstan ötürü bir noktada arttığını duyacaksınız. Maksimum olduğu noktayı tüp üzerindeki cetvelden okuyup, Tablo 10.1'e kaydediniz (bkz. Şekil 10.5).
- A4.** Tüpü çekmeye devam ediniz, bir önceki aşamada belirlediğiniz rezonans noktalarına benzer ses şiddetinin maksimum olduğu noktaları belirleyiniz. Bu belirlediğiniz her nokta bir düğüm noktasına karşılık gelmektedir. İlk belirlediğiniz düğüm noktası 1. rezonans noktası, diğerleri 2. rezonans, 3. rezonans... noktaları olarak adlandırılır. Bulduğunuz değerleri Tablo 10.1'e kaydediniz.
- A5.** İki düğüm noktası arasındaki mesafeyi hesaplayınız. Buradan dalgaboyunu bulunuz ve Tablo 10.1'e kaydediniz.



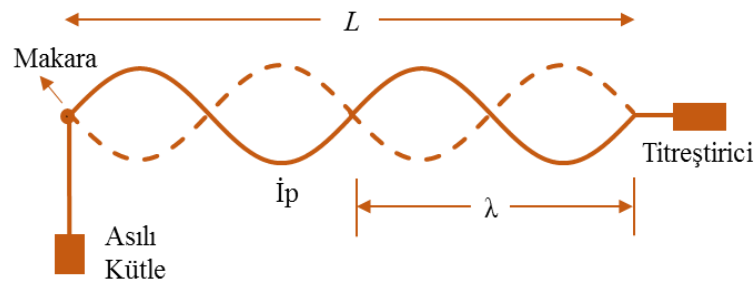
Şekil 10.5. Rezonans tüpünün derinliğinin okunuşu.

- A6.** Sinyal jeneratörünün frekans  $f$  değerini ve bulduğunuz  $\lambda$  dalgaboyunu kullanarak sesin havada yayılma hızını  $v$  hesaplayınız ve Tablo 10.1'e kaydediniz.
- A7.** 400 Hz için 3., 4. ve 5. adımları tekrar ediniz.
- A8.** Eşitlik 10.2'yi kullanarak sesin havada yayılma hızını ( $v_{teo}$ ) teorik olarak hesaplayınız ve Tablo 10.1'e kaydediniz.
- A9.** Bulduğunuz değerleri karşılaştırınız ve yorumlayınız.



## B. Kararlı Dalgalar

- B1.** Makaranın tam orta noktası ile ipin titreştiriciye bağlı noktaları arasında kalan ip uzunluğunu ( $L$ ) ölçünüz ve Tablo 10.2'e kaydediniz.
- B2.** Kütle askısına 50 g asınız ve askının 5 g kütlesiyle birlikte toplam kütle ( $m$ ) Tablo 10.2'e kaydediniz.
- B3.** Sinyal jeneratörünü 0 Hz'den başlayarak yavaş yavaş arttırınız, maksimum genlikte dört karın ve tam sönümlü düğüm noktaları elde edene kadar (bkz. Şekil 10.6) frekans değerini ( $f$ ) ayarlayınız ve Tablo 10.2'e kaydediniz. Diğer tüm aşamalarda dört karın elde etmelisiniz.
- B4.** Askıdaki kütleleri 50'şer gram arttırarak 250 g'a kadar 2. ve 3. adımları tekrar ediniz.



**Şekil 10.6.** Elde edilmesi gereken titreşim deseni.

- B5.**  $f^2 = f(m)$  grafiğini çiziniz. Grafikten elde ettiğiniz eğimi ve Eşitlik 10.4'ü kullanarak ipin  $\mu$  boyca yoğunluğunu hesaplayınız. Burada, Şekil 10.6'da görüldüğü gibi  $L = 2\lambda$  olduğuna dikkat ediniz. Bulduğunuz sonucu Tablo 10.2'ye kaydediniz.
- B6.** Verilen 5 m uzunluğundaki ipin kütlesini ölçerek Tablo 10.3'e kaydediniz. Uzunluk  $L_{ip}$ , kütle  $m_{ip}$  yardımıyla ipin boyca yoğunluğunu  $\mu_{hes}$  hesaplayarak Tablo 10.3'e kaydediniz.
- B7.** Bulduğunuz iki  $\mu$  değerini karşılaştırınız.
- B8.** Şehir şebekesi alternatif akımdır, bu alternatif akımın frekansını benzer bir deney sistemiyle nasıl bulursunuz? Açıklayınız.

**DENEY VERİLERİ:**

| TABLO 10.1  |                             |                             |                             |                  |              |             |                    |
|-------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------|--------------|-------------|--------------------|
| $f$<br>(Hz) | 1. rezonans<br>noktası (cm) | 2. rezonans<br>noktası (cm) | 3. rezonans<br>noktası (cm) | $\lambda$<br>(m) | $v$<br>(m/s) | $T$<br>(°C) | $v_{teo}$<br>(m/s) |
| 300         |                             |                             |                             |                  |              |             |                    |
| 400         |                             |                             |                             |                  |              |             |                    |

| TABLO 10.2                   |          |                          |
|------------------------------|----------|--------------------------|
| $L = \dots\dots\dots$ m      |          |                          |
| $m$ (kg)                     | $f$ (Hz) | $f^2$ (Hz <sup>2</sup> ) |
| 0.055                        |          |                          |
| 0.105                        |          |                          |
| 0.155                        |          |                          |
| 0.205                        |          |                          |
| 0.255                        |          |                          |
| $\mu = \dots\dots\dots$ kg/m |          |                          |

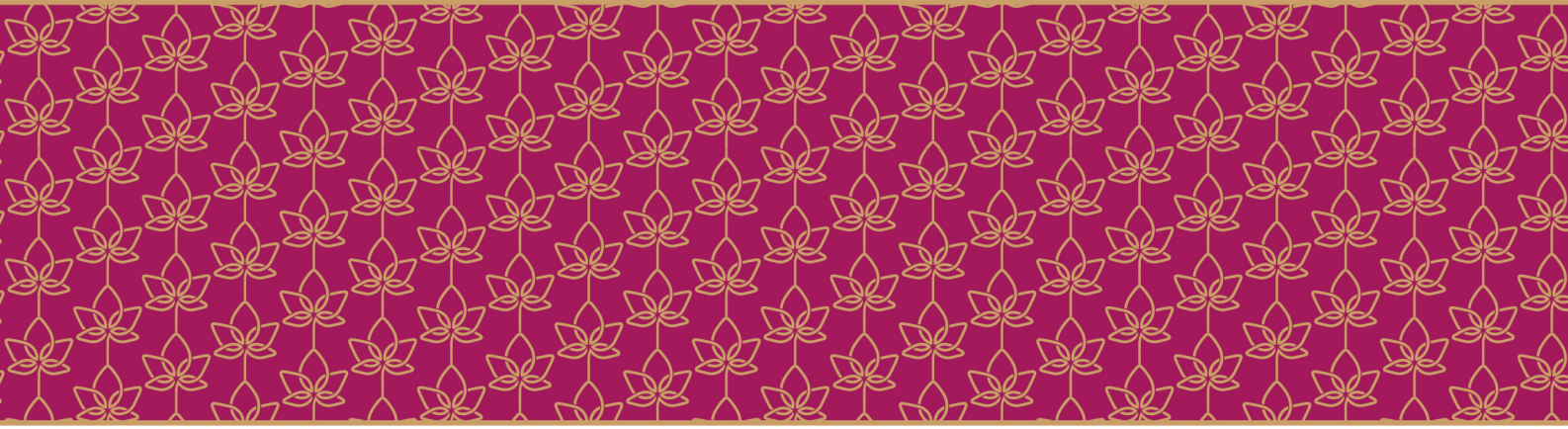
| TABLO 10.3                         |
|------------------------------------|
| $L_{ip} = \dots\dots\dots$ m       |
| $m_{ip} = \dots\dots\dots$ kg      |
| $\mu_{hes} = \dots\dots\dots$ kg/m |



## KAYNAKLAR

1. Fen ve Mühendislik için Fizik, Cilt I ve Cilt II, Serway R. A., Palme Yayıncılık, Ankara, 2011.
2. Fizik, Keller F. J., Gettys W. E., Skove M. J., Literatür Yayıncılık, İstanbul, 1996.
3. Fizik İlkeler ve Pratik, Cilt I ve Cilt II, Mazur E., Nobel Yayıncılık, Ankara, 2016.
4. Üniversiteler için Fizik, Karaoğlu B., Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2012.
5. Renko Ltd. Şti., “Elektrostatik ve Coulomb Kuvveti Deneyi” föy ön çalışma taslağı, 2016.
6. General Physics Laboratory Manual, Kayed T., Qasrawi A., Pehlivan Ö., Atılım University Publications, Ankara, 2005.
7. Physics, O’hanian H. C., Volume 2, W. W. Norton & Company, Second Edition, Expanded, USA, 1985.
8. Fizik I ve Fizik II Deneyleri Laboratuvar Kitabı, Aral E., Bilgin V., Kılıç G., İşsever U. G., Eskişehir, 2007.





ESOGÜ BASIMEVİ



9 786059 975940