



**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN FAKÜLTESİ  
FİZİK BÖLÜMÜ**

**FİZ.152 ELEKTRİK LABORATUARI  
DENEY KİTAPÇIĞI**

**Ankara-2013**

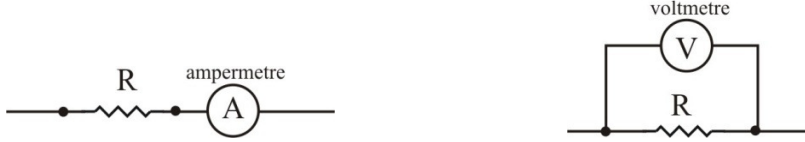
## İÇİNDEKİLER

<b>Temel Kavramlar .....</b>	<b>1</b>
<b>DENEY 1. Direnç Devreleri ve Ohm Kanunu .....</b>	<b>7</b>
<b>DENEY 2. Alternatif Akım Frekansının Bulunması.....</b>	<b>16</b>
<b>DENEY 3. Özdirenç Tayini ve Wheatstone Köprüsü.....</b>	<b>20</b>
<b>DENEY 4. Manyetik Alan .....</b>	<b>25</b>
<b>DENEY 5. Faraday İndüksiyon Kanunu ve Manyetik Çiftlenim .....</b>	<b>34</b>
<b>DENEY 6. Seri RC, RL ve RLC Devreleri.....</b>	<b>40</b>
<b>DENEY 7. Coulomb Terazisi .....</b>	<b>48</b>
<b>DENEY 8. Elektronun Elektrik ve Manyetik Alanda Hareketi.....</b>	<b>55</b>
<b>DENEY 9. Dielektrik Sabitinin Bulunması .....</b>	<b>61</b>
<b>DENEY 10. Kondansatörün Yüklenmesi ve Boşalması.....</b>	<b>65</b>

## TEMEL KAVRAMLAR

**Ampermetre:** Akım ölçen alete ampermetre denir. Devreye seri bağlanır, iç direnci çok küçüktür (Şekil 1a).

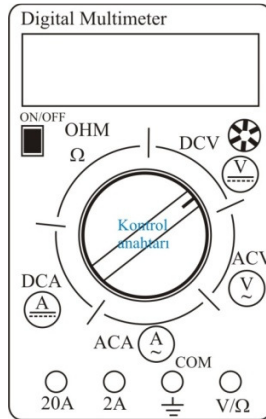
**Voltmetre:** Potansiyel farkını ölçen alete voltmetre denir. Devreye paralel bağlanır, iç direnci çok büyüktür (Şekil 1b).



Şekil 1. (a) Ampermetrenin bağlanması.

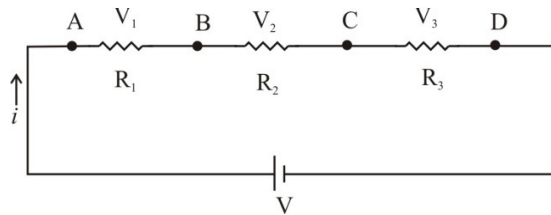
(b) Voltmetrenin bağlanması

**Multimetre:** Direnç, gerilim ve akım ölçümleri yapabilen komple bir ölçüm aygıtıdır (Şekil 2). Ölçümler kontrol anahtarının konumuna göre yapılır. Doğru gerilim ölçülecekse kontrol anahtarı DCV kısmına, doğru akım ölçülecekse DCA kısmına, alternatif gerilim ölçülecekse ACV kısmına, alternatif akım ölçülecekse ACA kısmına, direnç ölçülecekse OHM ( $\Omega$ ) kısmına çevrilmelidir. Multimetre devreye bağlıyken ve açıkken kontrol anahtarını çevirmeyiniz. Bununla birlikte, bağlantılar da ölçülecek niceliğe bağlı olarak dikkatlice yapılmalıdır. Diğer taraftan, multimetrenin ekranında gösterdiği değer ölçülen niceliğin kendi değeridir ve kontrol anahtarının gösterdiği sayı ile çarpılmayacaktır. Ancak kontrol anahtarının kademesi iyi belirlenmelidir, kademenin gösterdiği değer ölçülecek niceliğin değerine yakın olmalıdır. Örneğin, mA seviyesinde bir akım ölçülecekse akım kısmında "2m" gibi bir çarpan tercih edilmelidir, bunun yerine "20" tercih edilirse düzgün bir ölçüm yapılamaz.



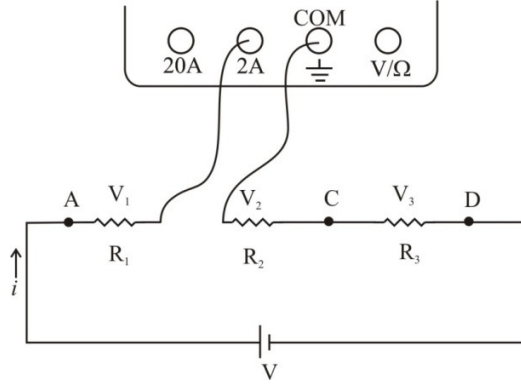
Şekil 2. Dijital multimetre.

**Multimetre ile Akım Ölçümü:** Şekil 3'teki gibi bir devre verilsin ve ana koldaki akımı ölçmek isteyelim.



Şekil 3.  $R_1$ ,  $R_2$  ve  $R_3$  dirençleri ile oluşturulmuş basit bir seri devre.

Bunun için akımın ölçüleceği kol herhangi bir yerinden kesilmeli, akım multimetre içine gönderilmeli ve multimetre içinden geçtikten sonra tekrar devreye geri dönmelidir, bağlantılar Şekil 4'teki gibi yapılmalıdır. Akımın büyüklüğüne bağlı olarak **2A** portu yerine **20A** portu da tercih edilebilir.

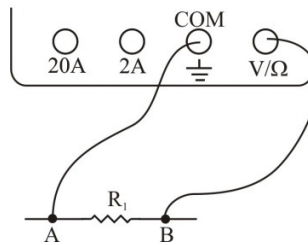


**Şekil 4.** Multimetreyle akım ölçümü

Güç kaynağı DC ise devredeki akım da DC olacağından, multimetrenin kontrol anahtarı **DCA** (bazı multimetrelerde **A-**) kısmında olmalı ve uygun bir kademe seçilmelidir.

Güç kaynağı AC(alternatif) ise devredeki akım da AC olacağından, multimetrenin kontrol anahtarı **ACA** (bazı multimetrelerde **A~**) kısmında olmalı ve uygun bir kademe seçilmelidir.

**Multimetre ile Voltaj Ölçümü:** Şekil 3'teki devrede  $R_1$  direnci üzerindeki veya A-B noktaları arasındaki voltajı ölçmek isteyelim. Bağlantılar Şekil 5'teki gibi yapılmalıdır.



**Şekil 5.** Multimetreyle voltaj ölçümü

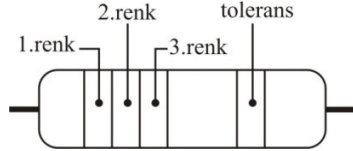
**Önemli Not:** Alternatif karakterli sinyaller için sabit bir değerden bahsedilemeyeceği için, ACV ve ACA ölçümlerinin yapıldığı durumlarda multimetre ölçülen niceliğin ortalamasını alır, buna etkin değer veya RMS değeri denir. Eğer ölçülen niceliğin genliği (maksimum değeri) isteniyorsa, etkin değer 0.707 ile bölünür.

**Multimetre ile Direnç Ölçümü:** Bağlantılar Şekil 5'teki gibi yapılmalıdır ancak kontrol anahtarı "OHM" kısmına getirilmelidir. Uygun bir çarpan değeri belirlenmelidir.

**UYARI:** Ölçümler arası geçişlerde, mesela voltaj ölçtünüz, direnç ölçmek istiyorsunuz, bu durumda multimetre devreye bağlı ise, önce kapatılmalı daha sonra kontrol anahtarı çevrilmelidir.

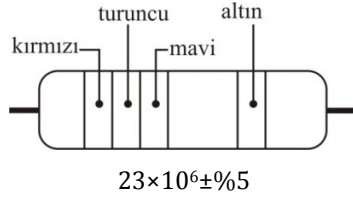
### Renk Kodları Yardımıyla Dirençlerin Okunması

Bir direncin değeri multimetreye ölçülebileceği gibi üzerindeki renkler yardımıyla da belirlenebilir. Dirence bakıldığında birbirine yakın üç renk ve onlardan uzakta bir renk görülür (Şekil 6). Uzak olan renk tolerans rengidir ve direnç değerindeki hatayı ifade eder. Tolerans sağ tarafta olacak şekilde diğer üç renk soldan başlanarak 1., 2. ve 3. olarak sıralanır.



Şekil 6. Dirençlerde renk sistemi

Herbir rengin karşılık geldiği bir katsayı vardır ve bu katsayılar Çizelge 1’de verilmiştir. Direncin değeri belirlenirken 1. ve 2. rengin katsayıları yanyana yazılır ve elde edilen sayı 3.rengin katsayısı ile çarpılır. Tolerans renginin katsayısı da  $\pm$  şeklinde hata payı olarak ilave edilir. Örnek bir direnç okuma Şekil 7’de verilmiştir. Görüleceği gibi tolerans rengi altındır, o zaman kırmızı 1.renk, turuncu 2.renk ve mavi üçüncü renktir. Çizelge 1’den kırmızının katsayısı 2, turuncunun katsayısı 3’tür. Bu iki sayı yan yana yazılınca 23 elde edilir, bu sayı 3.rengin katsayısı ile çarpılınca direncin değeri  $23 \times 10^6$  olur, hata payı ile birlikte yazılırsa  $23 \times 10^6 \pm \%5$  bulunur.



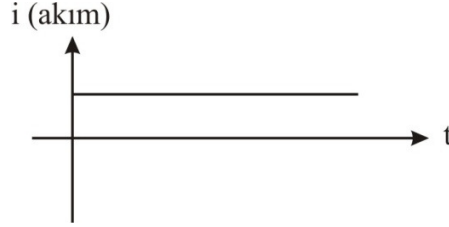
Şekil 7. Örnek bir direnç

Çizelge 1. Direnç renk kodları

Renk	1.Band (1.Hane)	2. Band (2.Hane)	3. Band (3.Hane)	4.Band (Tolerans)
Siyah	0	0	$\times 10^0$	-
Kahverengi	1	1	$\times 10^1$	%1
Kırmızı	2	2	$\times 10^2$	%2
Turuncu	3	3	$\times 10^3$	-
Sarı	4	4	$\times 10^4$	-
Yeşil	5	5	$\times 10^5$	%5
Mavi	6	6	$\times 10^6$	%0.25
Mor	7	7	$\times 10^7$	%0.1
Gri	8	8	$\times 10^8$	-
Beyaz	9	9	$\times 10^9$	-
Altın	-	-	$\times 10^{-1}$	%5
Gümüş	-	-	$\times 10^{-2}$	%10

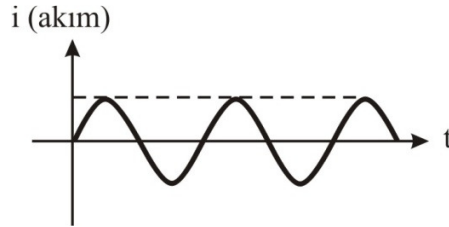
**Doğru Akım (DCA) ve Alternatif (Sinüzoidal) Akım (ACA):**

Zaman içinde şiddeti ve yönü değişmeyen akımlara doğru akım denir ve (DC) ile gösterilir (Şekil 8).



**Şekil 8.** Doğru akım

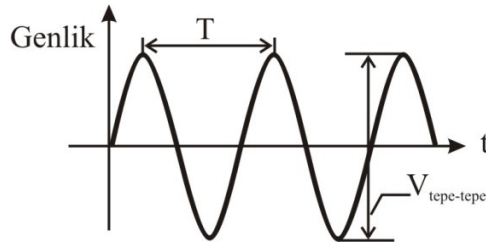
*Alternatif akımda*, akımın büyüklüğü zamanla periyodik bir değişim gösterir (Şekil 9). Yükler önce bir yönde, daha sonra ters yönde akarlar ve bu döngü belirli bir periyotla kendini tekrar eder.



**Şekil 9.** Alternatif akım

**Frekans ve Peryot:** Bir devir için geçen süreye peryot denir. Bu süre içerisinde genlik değeri başlangıç değerine geri döner (Şekil 10). Frekans, saniyedeki devir sayısı (titreşim sayısı) olarak tanımlanır ve peryodun tersidir.

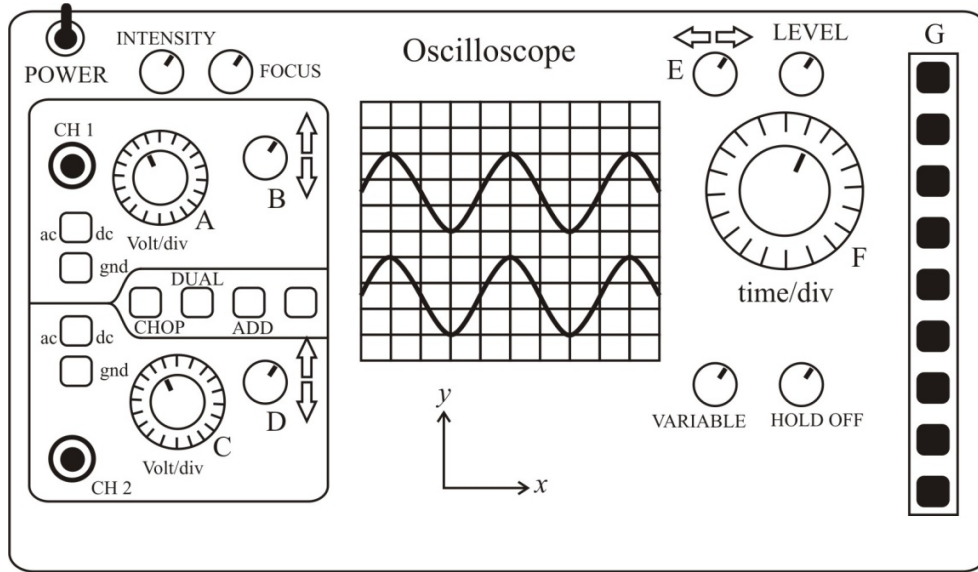
$$f = \frac{1}{T} \text{ Hz (s}^{-1}\text{) (Hertz)}$$



**Şekil 10.** Sinüs sinyali ve gerekli bazı tanımlamalar

**Güç Kaynağı:** Enerji üreticisidir veya uzayın iki noktası arasında potansiyel fark oluşturarak, akım akmasını sağlayan aygıttır. Elektrik devreleri için genelde güç kaynağı olarak doğrultucular kullanılır. Doğrultucular, AC gerilimini DC gerilimine çevirirler.

**Osiloskop:** Alternatif karakterli gerilimlerin incelenmesinde kullanılan bir ölçü aletidir. Çok hızlı değişen bir veya iki sinyalin aynı anda analiz edilmesinde, genlik, frekans ve faz ölçümlerinde kullanılır. Zamana bağlı olarak değişen bir gerilim fonksiyonu, ibreli (analog) veya sayısal (dijital) bir ölçme aleti ile ölçülebilir, ancak bu değerler fonksiyonun gerçek değişimi hakkında bilgi veremez. Bu nedenle, osiloskoplara ihtiyaç vardır (Şekil 11).



**Şekil 11.** Osiloskobun şematik gösterimi

**POWER** anahtarı, aygıtın açılması içindir. CH 1 ve CH 2 sinyal girişleridir. **A** düğmesi CH1 'e ait sinyal için  $y$  koordinatında 1br'nin kaç volta karşılık geldiğini belirler. Benzer şekilde **C** düğmesi CH2 ye ait sinyal için  $y$  koordinatında 1br' nin kaç volta karşılık geldiğini belirler. **B** düğmesi CH1 sinyalinin, **D** düğmesi de CH2 sinyalinin  $y$  doğrultusunda (yukarı/aşağı) hareket etmesini sağlar. **E** düğmesi sinyallerin  $x$  doğrultusunda hareket etmesini sağlar.

**F** düğmesi,  $x$  koordinatında 1br'nin kaç saniyeye karşılık geldiğini belirler. **LEVEL** düğmesi, osiloskop ekranında kayan sinyallerin durdurulması için kullanılır. Eğer bu düğme işe yaramıyorsa, normalde kapalı konumda olması gereken **HOLD OFF** düğmesi kullanılabilir. **INTENSITY** düğmesi, ekranda görülen sinyalin kalınlığını ve parlaklığını kontrol ederken, **FOCUS** düğmesi de bu sinyalin netliğini belirler.

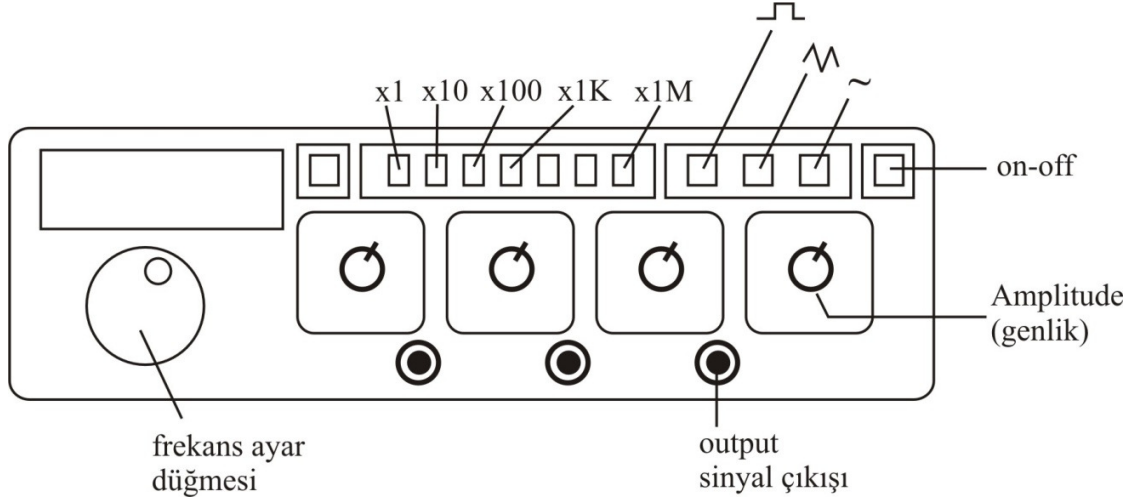
Tepe-tepe genlik ölçülürken, sinyalin en alt ve üst noktaları arasındaki  $y$  mesafesi ölçülür, bu değer kanala ait volt/div (**A** veya **C**) değeri ile çarpılır.

Peryot ölçülürken,  $x$  doğrultusunda sinyalin aynı karakterli iki noktası (tepe-tepe, çukur-çukur) arasındaki mesafe ölçülür, bu değer **F** ile çarpılır.

**VARIABLE** ve **HOLD OFF** düğmeleri normal durumda kapalı olmalıdır, saatin tersi yönünde yavaşça çevrilip kapatılmalıdır.

Son olarak **G** bloğundaki butonlar özel işlevler içindir. Bu laboratuvardaki deneyler kapsamında ihtiyaç duyulmayacaktır ve ölçümler sırasında herhangi biri/birileri basılı durumda olmamalıdır.

**Sinyal Jeneratörü:** Türü, frekansı ve genliği ayarlanabilen AC sinyaller üretmek için kullanılır (Şekil 12).



**Şekil 12.** Sinyal jeneratörü

On/Off anahtarı cihazın açılıp kapatılması içindir. Sinüzoidal, üçgen ve kare olmak üzere üç farklı sinyal üretebilir. Frekans çarpanlarından biri seçildiğinde (X10, X100 gibi) frekans ayar düğmesi ile oynanarak bu değere kadar olan ara frekanslar kolayca elde edilebilir, dijital ekrandan okunan değer frekansın kendi değeridir. Amplitude anahtarı sinyalin genliğinin ayarlanması içindir.



## DENEY-1

### DİRENÇ DEVRELERİ VE OHM KANUNU

**Deneyin Amacı:** Multimetre'nin nasıl kullanıldığını öğrenmek, devre elemanlarının nasıl seri ve paralel bağlandıklarını öğrenmek, dirençlerin akım-gerilim karakteristiklerini incelemek, Ohm kanunu hakkında bilgi sahibi olmak, seri ve paralel bağlı dirençlerle oluşturulmuş devrelerde akım ve gerilim ölçümleri yaparak bu devrelerin analizi konusunda beceri kazanmak.

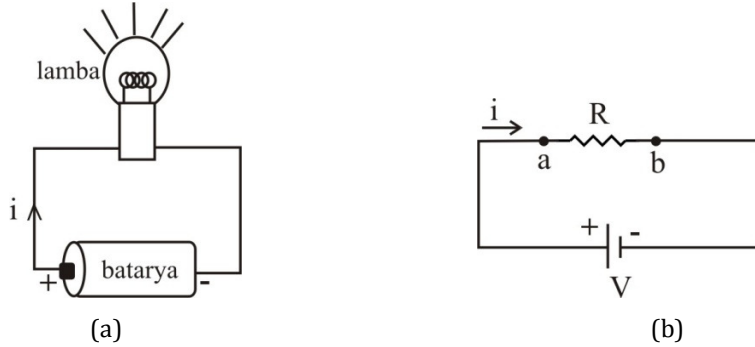
#### Teori

##### Elektrik Akımı

Yükün bir yerden başka bir yere hareket etmesi/akması ile elektrik akımı oluşur (durgun yükler elektrik akımı oluşturmazlar). Bir iletken kesitinden birim zamanda geçen yük miktarı **akım şiddeti** olarak tanımlanır:

$$I = Q / t \quad (1)$$

Akım şiddeti birimi **amper**'dir ve bu  $1 \text{ Amper} = 1 \text{ Coulomb} / 1 \text{ saniye (C/s)}$  ile tanımlanır. Şekil 1a'da bir kuru pil, bağlantı telleri ve bir lambadan oluşan basit bir elektrik devresi, Şekil 1b'de üreteç, bağlantı telleri ve bir R direncinden oluşan basit bir elektrik devresi gösterilmiştir. Akımın yönü genel bir kabul olarak bataryanın/üretecin (+) kutbundan (-) kutbuna doğrudur.



**Şekil 1.** Akım (a) pilin veya (b) kaynağın pozitif kutbundan negatif kutbuna, başka bir deyişle, yüksek potansiyelden düşük potansiyele doğru akar.

Elektrik yüklerinin bir yerden başka bir yere gidebilmesi için herşeyden önce iletken bir ortama ihtiyaç vardır, bu ortam metal, sıvı ve gaz olabilir. Nakledilen şey pozitif veya negatif yüklerdir. Metal olmayan/serbest taşıyıcısı olmayan katılar, içinde iyon bulundurmayan sıvılar ve gazlar elektrik akımını iletmede büyük direnç gösterirler, bu nedenle elektriği iletmezler ve *yalıtkan* olarak adlandırılırlar. Diğer taraftan, germanyum ve silisyum gibi bazı maddelerin (yarıiletkenler) elektriksel karakteristikleri metal ve yalıtkan arasındadır, üzerlerine uygulanan voltaja bağlı olarak elektrik akımını iletirler veya iletmezler.

Bir iletkenin iki noktası arasından yük geçebilmesi için bu iki nokta arasında mutlaka potansiyel farkı olmalıdır. Nasıl ki bir boruda su yüksek basınçlı yerden düşük basınçlı yere doğru akıyorsa, yük akışı da iki nokta arasındaki potansiyel farkına bağlıdır. İki nokta arasında potansiyel farktan kaynaklanan elektrik alan

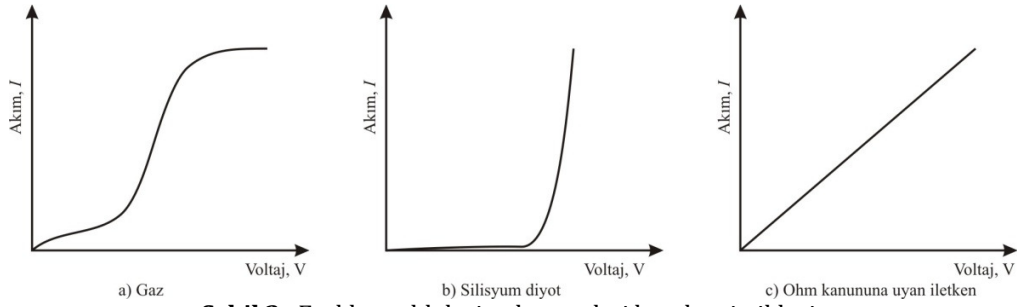
---

## Deney 1. Direnç Devreleri ve Ohm Kanunu

ne kadar büyükse, yükleri hareket ettiren kuvvet de o kadar büyük olacaktır. Başka bir deyişle, iki nokta arasında akan akımın büyük olması isteniyorsa, bu iki nokta arasındaki potansiyel fark yüksek yapılmalıdır.

### Ohm Kanunu

İletkenler farklı akım-voltaj karakteristiklerine sahip olabilirler. Şekil 2'de farklı durumlara karşılık gelen akım-voltaj (I-V) grafikleri gösterilmiştir.



Şekil 2. Farklı maddelerin akım-voltaj karakteristikleri.

Bir iletken, akım ve voltaj arasında doğrusal (lineer) bir ilişki varsa, orantı katsayısı direnci verir. Başka bir deyişle, "bir iletken  $V/I$  oranı her zaman sabit kalıyorsa, bu oran iletkenin direncine eşittir", bu ifadeye **Ohm kanunu** denir, bu şekilde davranan devre elemanlarına/iletkenlere de **ohmik direnç** adı verilir.

$$\frac{V}{I} = \text{sabit} = R \quad (2)$$

### Dirençlerin Bağlanması

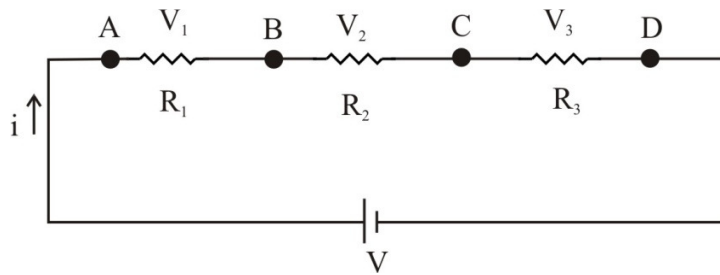
#### 1. Seri Bağlama

İki veya daha fazla direncin/devre elemanının Şekil 4'te gösterildiği gibi uç-uca bağlanmasına **seri bağlama** denir.

Bu tür devrelerde,

a) Devrenin toplam voltajı, her bir devre elemanı üzerindeki voltajların toplamına eşittir:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots \quad (4)$$



Şekil 4. Dirençlerin seri bağlanması

b) Bütün devre elemanlarından geçen akım aynıdır:  $i = i_1 = i_2 = i_3$

Ohm kanunundan,  $V_1 = iR_1$ ,  $V_2 = iR_2$  ve  $V_3 = iR_3$  yazarız. Bunları (4) denkleminde yerine koyarsak,

## Deney 1. Direnç Devreleri ve Ohm Kanunu

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = i(R_1 + R_2 + R_3) = iR_{es}$$

elde ederiz. Üç direncin yerine geçecek olan bir eşdeğer direnç  $R_{es}$

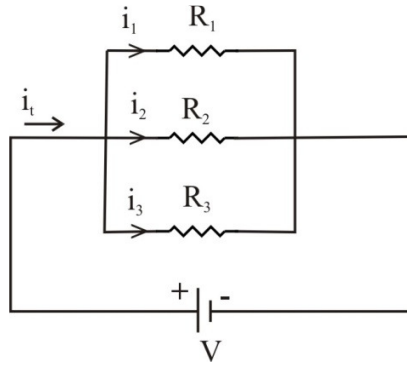
$$R_{es} = R_1 + R_2 + R_3$$

olur. Sonuç olarak, **seri bağlı devrelerde eşdeğer direnç, mevcut dirençlerin aritmetik toplamıdır.**

## 2. Paralel Bağlama

İki veya daha fazla direncin/devre elemanının Şekil 5'te gösterildiği gibi bağlanmasına **paralel bağlama** denir.

Bu tür devrelerde,



Şekil 5. Dirençlerin paralel bağlanması

**a)** Devrenin toplam voltajı, her bir devre elemanı üzerindeki voltaja eşittir,  $V = V_1 = V_2 = V_3$ .

**b)** Devrenin ana kolundaki akım, paralel kollardaki akımların toplamına eşittir:

$$i_T = i_1 + i_2 + i_3 \quad (5)$$

Ohm kanunundan,  $i_1 = V/R_1$ ,  $i_2 = V/R_2$  ve  $i_3 = V/R_3$  yazarız. Bunları (5) denkleminde yerine koyarsak,

$$i_T = i_1 + i_2 + i_3 = V(1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3) = V/R_{es}$$

elde ederiz. Üç direncin yerine geçecek olan bir eşdeğer direnç  $R_{es}$

$$1/R_{es} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$$

olur. Sonuç olarak, **paralel bağlı devrelerde eşdeğer direnç, mevcut dirençlerin tersleri kullanılarak elde edilir.**

Bir  $R$  direncinin değeri, geleneksel olarak üç farklı yolla;

**(1)** Akım-voltaj grafiğinin eğimi hesaplanarak,

**(2)** Multimetreyle ölçülerek,

**(3)** Üzerindeki renk kodları yardımıyla belirlenebilir (Renk kodları için deney kitapçığınızın *Temel Kavramlar* kısmına bakınız).

## Deney 1. Direnç Devreleri ve Ohm Kanunu

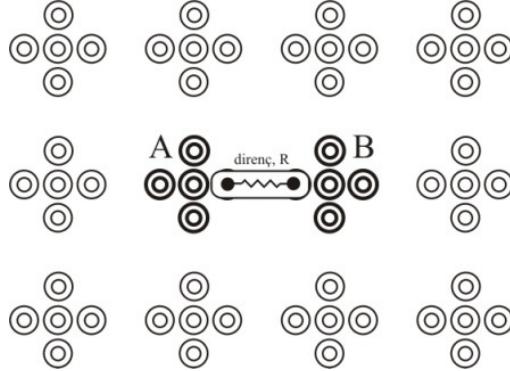
Elektrik tellerinin (deneyde kullanacağınız kabloların) dirençleri ihmal edilebilecek kadar küçüktür ( $\approx 0.2 \Omega$ ). Bu nedenle bir elektrik devresinin direncini teller dışındaki devre elemanları (direnç, ampüller, motorlar v.s.) belirler.

### Deneyin Yapılışı

#### 1. Renk Kodları ve Multimetre Yardımıyla Direnç Okuma

a) Size verilen dirençlerin renk kodlarını aşağıdaki Tabloya kaydediniz ve "Temel Kavramlar" kısmındaki "Renk kodlarıyla direnç okuma" kısmına bakarak, renk kodları yardımıyla dirençlerin değerlerini okuyunuz ve Tabloya kaydediniz.

b) Bir multimetre alınız ve her bir direncin değerini multimetre yardımıyla ölçünüz. Direnci devre kurma tahtasına yerleştiriniz ve multimetreyi Şekil 6'daki gibi dirence paralel olarak bağlayınız: **COM** portunu devrenin **A** bloğundaki boş bir yere, **V/ $\Omega$**  portunu **B** bloğundaki boş bir yere takınız. Multimetrenin kontrol anahtarını  $\Omega$  kısmına çeviriniz ve "200" kademesine getiriniz. Multimetreyi açınız ve direncin değerini okuyarak Tabloya kaydediniz. Ölçüm yaptığınız direnci sökünüz, diğer direnci takınız, değerini okuyarak Tabloya kaydediniz. Diğer direnci de benzer şekilde ölçünüz. Renk kodları yardımıyla bulduğunuz değerlerle karşılaştırınız.



Şekil 6. Direnç ölçümü için multimetrenin bağlanması

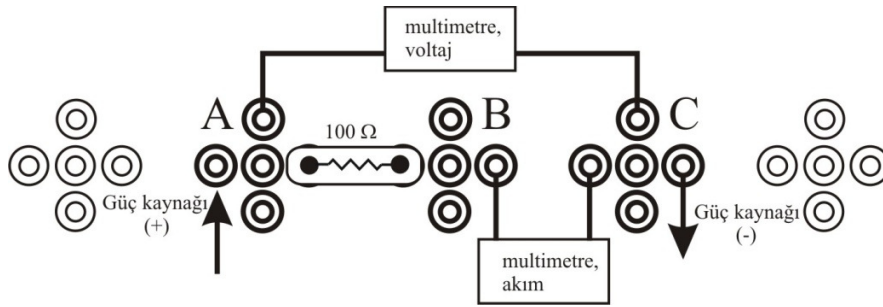
Direnç	Renk kodları yardımıyla					Multimetreden ölçülen değer
	1.renk	2.renk	3.renk	Tolerans	Değer	
$R_1$						
$R_2$						
$R_3$						

#### 2. Ohm Kanunu yardımıyla direnç bulma

Deney masanızın elektrik anahtarlarını açınız. Şekil 7'deki devreyi kurunuz: **100  $\Omega$** 'luk direnci devre kurma tahtasına yerleştiriniz. Direnç üzerinden akan akımı ölçebilmek için multimetreyi dirence seri olarak

## Deney 1. Direnç Devreleri ve Ohm Kanunu

bağlayınız: multimetrenin **A (akım)** portunu devrenin **B** bloğundaki boş bir yere, **COM** portunu **C** bloğundaki boş bir yere takınız, doğru akım ölçümü yapmak için kontrol anahtarını **A-** kısmına çeviriniz ve "**200m**" kademesine getiriniz, multimetreyi açınız. Güç kaynağının DC çıkışına iki kablo takınız, (+) ucunu devrenin **A** bloğuna, (-) ucunu devrenin **C** bloğuna takınız. Başka bir multimetre alınız, direncin kollarındaki voltajı ölçmek için paralel bağlayınız: multimetrenin **V/ $\Omega$**  portunu devrenin **A** bloğundaki boş bir yere, **COM** portunu **C** bloğundaki boş bir yere takınız, DC gerilim ölçümü yapmak için kontrol anahtarını **V-** kısmına çeviriniz ve "**20**" kademesine getiriniz, multimetreyi açınız.



Şekil 7. Ohm kanunu için devre şeması

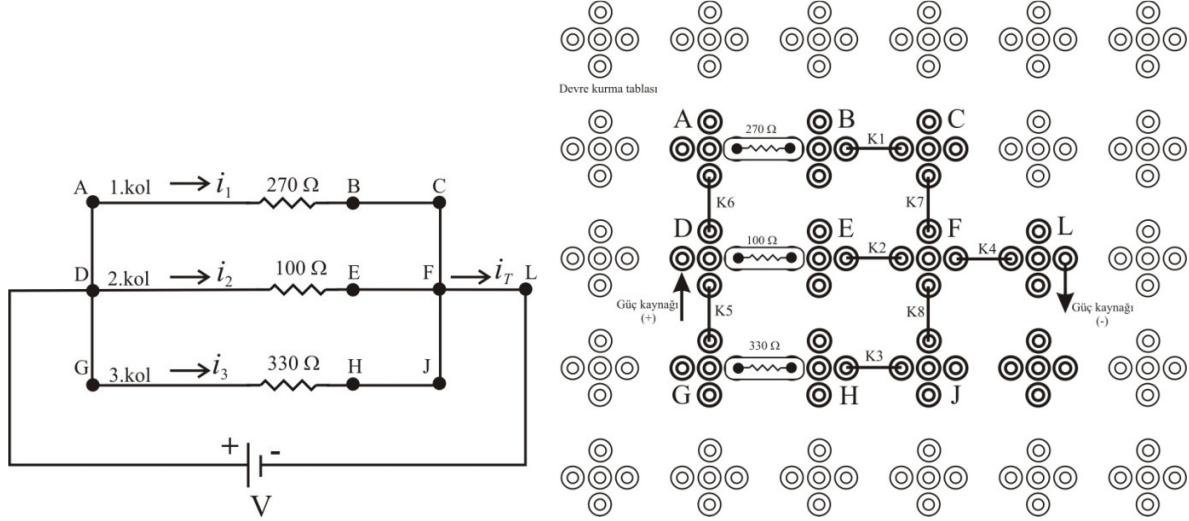
a) Güç kaynağının fişini takınız ve güç kaynağını açınız, kontrol anahtarını sırasıyla 2, 4, 6, 8, 10V kademelerine getirerek multimetrelerden akım ve voltaj değerlerini okuyunuz, Tabloya kaydediniz.

Güç kaynağının kademesi	Direnç üzerindeki voltaj, V(volt)	Dirençten geçen akım, I (mA)
2		
4		
6		
8		
10		

b) Voltaj değerleri x-ekseninde, akım değerleri y-ekseninde olmak üzere akım-voltaj grafiğini çizin ve eğimini hesaplayınız. OHM kanunundan  $R=V/I$ , yani  $R=1/\text{eğim}$ 'den kullandığınız direncin değerini hesaplayınız ve ideal değeri olan **100 $\Omega$**  ile karşılaştırınız.

### 3. Paralel Bağlı Devre

Şekil 8'deki devreyi kurunuz. K1, K2,...,K8 kablolarını takınız. Güç kaynağının DC çıkışına iki kablo takınız, (+) ucunu devrenin **D** bloğuna, (-) ucunu devrenin **L** bloğuna takınız. Güç kaynağının kontrol anahtarını **8V** kademesine getiriniz ve güç kaynağını açınız.



Şekil 8. Paralel bağlı devre

**a)** Bir multimetre alınız, kontrol anahtarını **A-** kısmına çeviriniz, "**200m**" kademesine getiriniz ve açınız. **270Ω**'luk direncin bulunduğu 1.koldan geçen akımı ölçmek için K1 kablolarını çıkarınız, multimetrenin **COM** portunu devrenin **C** bloğuna, **A** portunu da devrenin **B** bloğuna takınız. Akımı ölçüp, kaydediniz.

$I_1 = \dots$

**b)** Multimetreyi sökünüz, K1 kablolarını yerine takınız. **100Ω**'luk direncin bulunduğu 2.koldan geçen akımı ölçmek için K2 kablolarını çıkarınız, multimetrenin **COM** portunu devrenin **F** bloğuna, **A** portunu da devrenin **E** bloğuna takınız. Akımı ölçüp, kaydediniz.

$I_2 = \dots$

**c)** Multimetreyi sökünüz, K2 kablolarını yerine takınız. **330Ω**'luk direncin bulunduğu 3.koldan geçen akımı ölçmek için K3 kablolarını çıkarınız, multimetrenin **COM** portunu devrenin **J** bloğuna, **A** portunu da devrenin **H** bloğuna takınız. Akımı ölçüp, kaydediniz.

$I_3 = \dots$

**d)** Multimetreyi sökünüz, K3 kablolarını yerine takınız. **Ana** koldan geçen akımı ölçmek için K4 kablolarını çıkarınız, multimetrenin **COM** portunu devrenin **L** bloğuna, **A** portunu da devrenin **F** bloğuna takınız. Akımı ölçüp, kaydediniz.

$I_T = \dots$

**e)**  $I_T = I_1 + I_2 + I_3$  oluyor mu?, sonucunuzu yorumlayınız.

## Deney 1. Direnç Devreleri ve Ohm Kanunu

**f)** Multimetreyi sökünüz, K4 kablosunu yerine takınız. Multimetrenin kontrol anahtarını **V**- kısmına çeviriniz ve "**20**" kademesine getiriniz. **COM** portunu devrenin **L** bloğuna takınız. **V/Ω** portunu sırasıyla devrenin **A** bloğuna takarak 1.kolun voltajını ( $V_1$ ), **D** bloğuna takarak 2. kolun voltajını ( $V_1$ ), **G** bloğuna takarak 3.kolun voltajını ( $V_1$ ) ölçünüz. Değerlerinizi kaydediniz.

$$V_1=...$$

$$V_2=...$$

$$V_3=...$$

**g)** Paralel kollardaki voltajlar eşit oluyor mu?, sonucunuzu yorumlayınız.

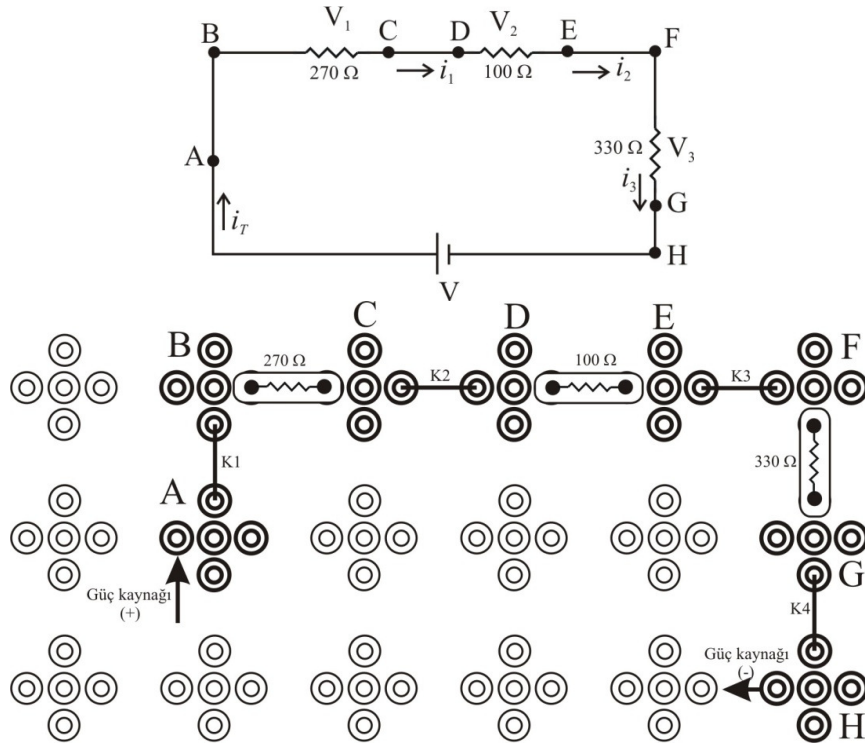
**h)** Güç kaynağını kapatınız ve bağlantılarını sökünüz. Multimetreyi alınız ve kontrol anahtarını **Ω** kısmına çeviriniz ve "**200**" kademesine getiriniz. **COM** portunu devrenin **L** bloğuna, **V/Ω** portunu devrenin **D** bloğuna takarak, devrenin eşdeğer direncini ölçünüz ve kaydediniz.

$1/R_{es} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$  ifadesi yardımıyla devrenin eşdeğer direncini teorik olarak hesaplayınız ve ölçtüğünüz değerle karşılaştırınız.

**j)**  $I_T = V_T/R_{es} = V_1/R_{es}$  bağıntısı yardımıyla ana koldan geçen akımı hesaplayınız, **d)** kısmında ölçtüğünüz değerle karşılaştırınız.

### 4. Seri Bağlı Devre

Şekil 9'daki devreyi kurunuz. Güç kaynağının DC çıkışına iki kablo takınız, (+) ucunu devrenin **A** bloğuna, (-) ucunu devrenin **H** bloğuna takınız. Güç kaynağının kontrol anahtarını **8V** kademesine getiriniz ve güç kaynağını açınız.



Şekil 9. Seri bağlı devre

## Deney 1. Direnç Devreleri ve Ohm Kanunu

---

**a)** Bir multimetre alınız, kontrol anahtarını **A-** kısmına çeviriniz, "**200m**" kademesine getiriniz ve açınız. Ana koldan geçen akımı ölçmek için K1 kablosunu çıkarınız, multimetrenin **COM** portunu devrenin **B** bloğuna, **A** portunu da devrenin **A** bloğuna takınız. Akımı ölçüp, kaydediniz.

$I_T = \dots$

**b)** Multimetreyi sökünüz, K1 kablosunu yerine takınız. **270 $\Omega$** 'luk dirençten geçen akımı ölçmek için K2 kablosunu çıkarınız, multimetrenin **COM** portunu devrenin **D** bloğuna, **A** portunu da devrenin **C** bloğuna takınız. Akımı ölçüp, kaydediniz.

$I_1 = \dots$

**c)** Multimetreyi sökünüz, K2 kablosunu yerine takınız. **100 $\Omega$** 'luk dirençten geçen akımı ölçmek için K3 kablosunu çıkarınız, multimetrenin **COM** portunu devrenin **F** bloğuna, **A** portunu da devrenin **E** bloğuna takınız. Akımı ölçüp, kaydediniz.

$I_2 = \dots$

**d)** Multimetreyi sökünüz, K3 kablosunu yerine takınız. **330 $\Omega$** 'luk dirençten geçen akımı ölçmek için K4 kablosunu çıkarınız, multimetrenin **COM** portunu devrenin **H** bloğuna, **A** portunu da devrenin **G** bloğuna takınız. Akımı ölçüp, kaydediniz.

$I_3 = \dots$

**e)**  $I_T = I_1 = I_2 = I_3$  oluyor mu?, sonucunuzu yorumlayınız.

**f)** Multimetreyi sökünüz, K4 kablosunu yerine takınız. Multimetrenin kontrol anahtarını **V-** kısmına çeviriniz ve "**20**" kademesine getiriniz. **COM** portunu devrenin **H** bloğuna, **V/ $\Omega$**  portunu devrenin **A** bloğuna takarak devrenin toplam voltajını ( $V_T$ ) ölçünüz ve kaydediniz.

$V_T = \dots$

**g)** Multimetreyi sökünüz. **COM** portunu devrenin **C** bloğuna, **V/ $\Omega$**  portunu devrenin **B** bloğuna takarak **270 $\Omega$** 'luk direnç üzerindeki voltajı ( $V_1$ ) ölçünüz ve kaydediniz.

$V_1 = \dots$

**h)** Multimetreyi sökünüz. **COM** portunu devrenin **E** bloğuna, **V/ $\Omega$**  portunu devrenin **D** bloğuna takarak **100 $\Omega$** 'luk direnç üzerindeki voltajı ( $V_2$ ) ölçünüz ve kaydediniz.

$V_2 = \dots$

**j)** Multimetreyi sökünüz. **COM** portunu devrenin **G** bloğuna, **V/ $\Omega$**  portunu devrenin **F** bloğuna takarak **330 $\Omega$** 'luk direnç üzerindeki voltajı ( $V_3$ ) ölçünüz ve kaydediniz.

$V_3 = \dots$

**k)**  $V_T = V_1 + V_2 + V_3$  oluyor mu?, sonucunuzu yorumlayınız.

**l)** Güç kaynağını kapatınız ve bağlantılarını sökünüz. Multimetreyi alınız ve kontrol anahtarını  **$\Omega$**  kısmına çeviriniz ve "**200**" kademesine getiriniz. **COM** portunu devrenin **H** bloğuna, **V/ $\Omega$**  portunu devrenin **A** portuna takarak, devrenin eşdeğer direncini ölçünüz ve kaydediniz.



### Deney 1. Direnç Devreleri ve Ohm Kanunu

---

$R_{eş} = R_1 + R_2 + R_3$  ifadesi yardımıyla devrenin eşdeğer direncini teorik olarak hesaplayınız ve ölçtüğünüz değerle karşılaştırınız.

***Ölçümeleriniz bittiğinde açık olan multimetreleri ve masanın elektrik anahtarlarını kapatınız.***

**j)**  $I_T = V_T / R_{eş}$  bağıntısı yardımıyla ana koldan geçen akımı hesaplayınız, **a)** kısmında ölçtüğünüz değerle karşılaştırınız.

***Deney masanızı ve sandalyeleri düzgün bir şekilde bırakarak laboratuvarıdan çıkınız.***

## DENEY-2

## ALTERNATİF AKIM FREKANSININ BULUNMASI

**Deneyin Amacı:** Manyetik alan içinde iletken tele etkiyen kuvvetin özelliklerini incelemek, rezonans yardımıyla alternatif akımın frekansını bulmak.

**Teorik Bilgi:**

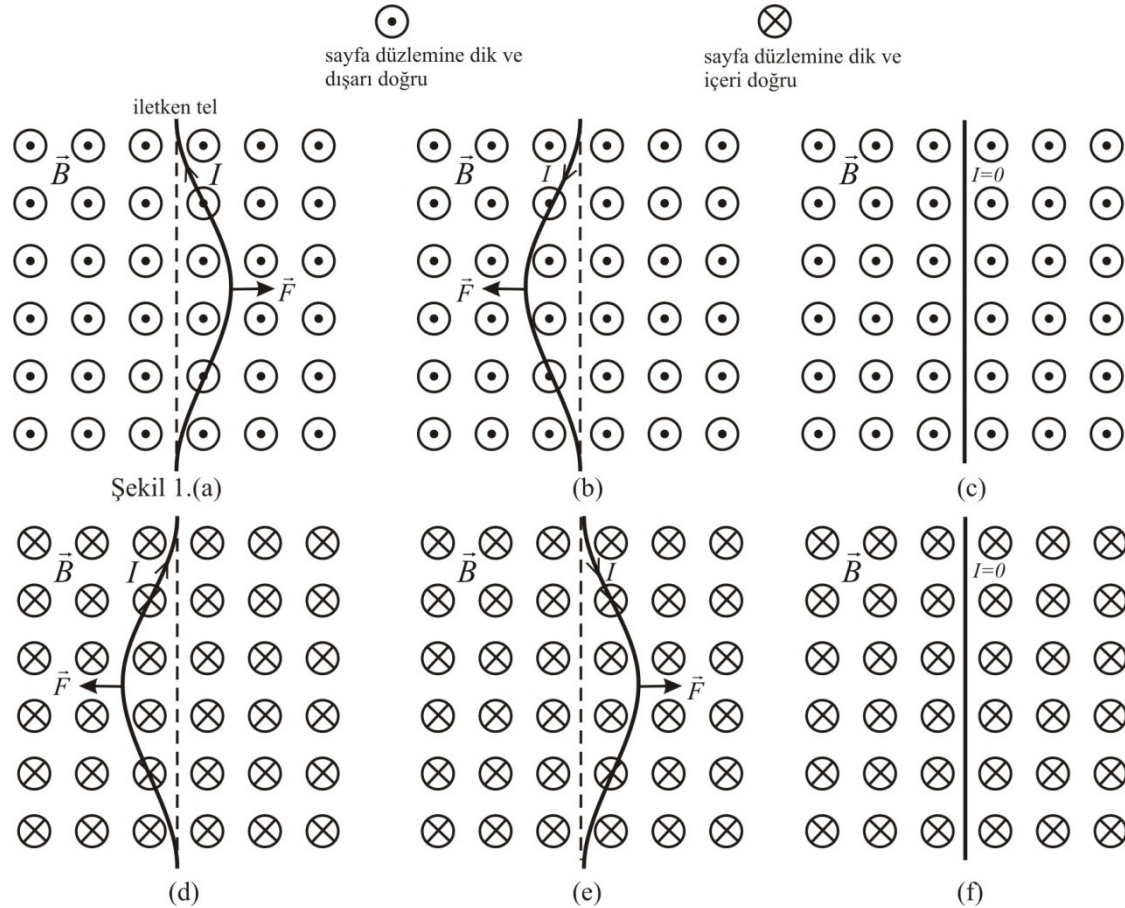
Doğru akım (DC), alternatif akım (AC), frekans ve peryot için kitapçığınızın “*Temel Kavramlar*” kısmına bakınız.

**Akım taşıyan tele etkiyen manyetik kuvvet:**

$l$  uzunluklu, üzerinden kararlı  $I$  akımı geçen bir tel  $\vec{B}$  manyetik alanı içine konulduğunda, tele

$$\vec{F} = I(\vec{l} \times \vec{B})$$

kuvveti etki eder ( $\vec{l}$ ,  $I$  akımı yönünde bir vektördür) ve böylece Şekil 1.(a)-(f)'de verilen davranışlardan biri ortaya çıkar.

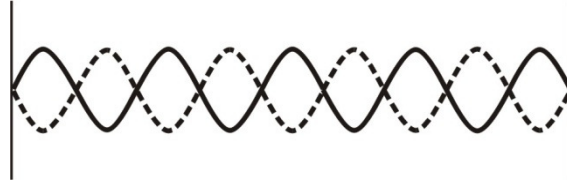


**(a) ve (e)** Akım yukarı yönde ve manyetik alan dışı doğru ise, akım aşağı yönde ve manyetik alan içeri doğru ise kuvvet sağa doğrudur, bu nedenle tel sağa sapar.

**(b) ve (d)** Akım aşağı yönde ve manyetik alan dışı doğru ise, akım yukarı yönde ve manyetik alan içeri doğru ise kuvvet sola doğrudur, bu nedenle tel sola sapar.

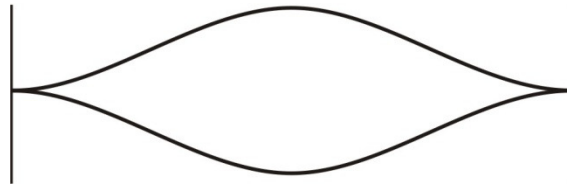
**(c) ve (f)** Akım sıfırsa, tele etkiyen kuvvet sıfırdır.

**Eğer telden geçen akım alternatif akımsa, yani zamanla periyodik bir değişim gösteriyorsa, tel Şekil 1.a,b'nin bileşkesi olan bir davranış sergileyecek ve titreşim hareketi yapacaktır (Şekil 2).** Teli geren kuvvet yeterince küçükse tel üzerinde düğümler oluşacak ve Şekil 2'deki gibi bir titreşim deseni ortaya çıkacaktır.



**Şekil 2.** Keyfi bir kuvvet durumunda telin titreşimi.

Bununla birlikte, teli geren kuvvetin frekansı ile telden geçen akımın frekansı aynı olduğunda tel rezonansa gelir ve maksimum genlikle titreşmeye başlar, Şekil 3'teki gibi bir titreşim deseni ortaya çıkar.



**Şekil 3.** Rezonans durumunda telin titreşimi.

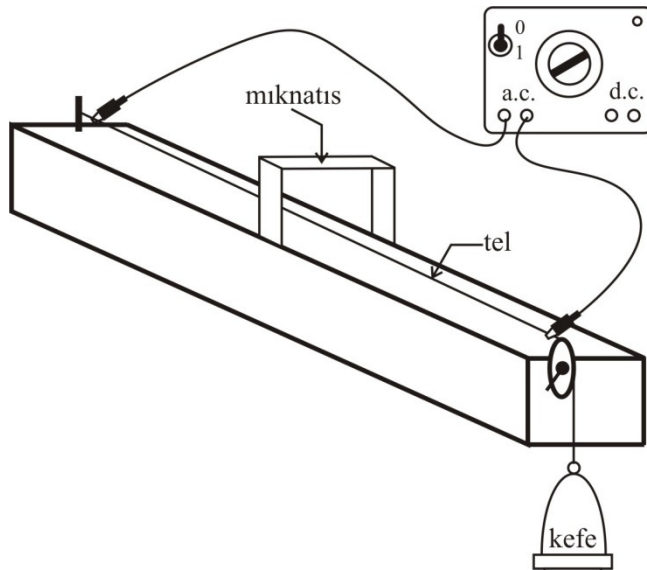
Bu durumda, telin titreşim frekansı

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (1)$$

denklemleriyle verilir. Burada,  $l$  telin titreşen kısmının uzunluğu,  $F$  teli geren kuvvet,  $\mu$  telin birim uzunluğunun kütlesidir.  **$\mu$  katsayısı bilinen bir tel için  $l$  uzunluğu ve  $F$  kuvveti deneyden belirlenebilir. Böylece (1) denklemi yardımıyla telden geçen alternatif akımın frekansı bulunabilir!**

#### Deneyin Yapılışı:

Şekil 4'teki düzeneği kurunuz. Voltaj anahtarını 2V kısmına getirdikten sonra güç kaynağını açınız.



**Şekil 4.** Deney düzeneği.

**a)** Kefeye küçük kütleler (10 g, 20 g gibi) koyarak telin titreşimini gözleyiniz. Şekil 2'deki gibi tel üzerinde küçük genlikli birden fazla düğümün oluştuğunu göreceksiniz. Kefeye kütleleri sırasıyla koyarak, teli rezonansa getiriniz, yani, en büyük genliğe sahip titreşimi elde ediniz (Şekil 3'teki gibi). Kütle artışlarında, mümkün olduğunca küçük kütleleri kullanınız. Büyük bir kütle koyduğunuzda tel rezonansa gelmeyecek ve titreşim yapamadığından dolayı kopacaktır.

**b)** Rezonans durumu elde edildiğinde telin titreşen kısmının uzunluğunu ( $l$ ) ölçünüz, telin ucuna takılan toplam kütleyle ( **$m$ =kefenin kütlesi+konulan kütleler**) belirleyiniz ve aşağıdaki Tabloya kaydediniz. Buradan,  $g=9.8 \text{ m/s}^2$  alarak teli geren  $F = mg$  kuvvetini hesaplayınız. (1) denklemi yardımıyla alternatif akımın frekansını bulunuz, değerlerinizi Tabloya kaydediniz.

$l \text{ (cm)}$	Kefedeki kütle	Toplam kütle, $m = m_{kefe} + m_{konulan}$	Teli geren kuvvet, $F_n = m_n g$	Frekans, $f_n = \frac{1}{2l_n} \sqrt{\frac{F_n}{\mu}}$
$l_1$	$m_{K1}$	$m_1$	$F_1$	$f_1$
$l_2$	$m_{K2}$	$m_2$	$F_2$	$f_2$
$l_3$	$m_{K3}$	$m_3$	$F_3$	$f_3$
$l_4$	$m_{K4}$	$m_4$	$F_4$	$f_4$
$l_{top}$		$m_{top}$		
$l_{ort}$		$m_{ort}$		

Kefedeki kütleleri boşaltınız ve teli tekrardan rezonansa getiriniz. Telin titreşen kısmının uzunluğunu ( $l$ ) ölçünüz, telin ucuna takılan toplam kütleyle belirleyiniz Tabloya kaydediniz. Bu şekilde, kefeyi boşaltıp teli tekrar rezonansa getirerek iki ölçüm daha alınız ve değerlerinizi Tabloya kaydediniz.

**Ölçüleriniz bittiğinde güç kaynağını ve masanın elektrik anahtarlarını kapatınız.**

**c)** Yaptığınız dört ölçüm üzerinden telin ortalama uzunluğunu ( $l_{ort}$ ), teli rezonansa getiren ortalama kütleyle ( $m_{ort}$ ) hesaplayınız, Tabloya kaydediniz. Bu değerleri,

$$F_{ort} = m_{ort} g$$

$$f_{ort} = \frac{1}{2l_{ort}} \sqrt{\frac{F_{ort}}{\mu}}$$

ifadelerinde yerine yazarak ortalama frekansı hesaplayınız ve kaydediniz.

$f_{ort} = \dots$

**d)** Şebeke akımının frekansı 50 Hz olduğuna göre, sonucunuzu karşılaştırınız.

e) Aşağıda verilen hata hesabını yapınız.

(1) denkleminde başlanırsa,

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{\Delta l}{l} + \frac{\Delta F}{2F} + \frac{\Delta \mu}{2\mu} \quad (2)$$

$$\Delta F = \Delta m \cdot g + \Delta g \cdot m \quad (3)$$

elde edilir. Görüleceği gibi frekanstaki hata, uzunluktaki ( $\Delta l$ ), kuvvetteki ( $\Delta F$ ) ve telin boyca kütleindeki ( $\Delta \mu$ ) hatayla ilişkilidir. Telin boyca kütlesi ve yerçekimi ivmesi birer sabit olduklarından  $\Delta \mu = 0$  ve  $\Delta g = 0$  dır. O zaman, (3) denkleminde

$$\frac{\Delta F}{2F} = \frac{1}{2} \frac{\Delta m}{m}$$

olur ve (2) denklemini

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{\Delta l}{l} + \frac{\Delta m}{2m} \quad (4)$$

halini alır. Uzunluktaki ( $\Delta l$ ) ve kütledeki ( $\Delta m$ ) hata yukarıdaki tabloda kaydedilen değerler yardımıyla hesaplanabilir. Öncelikle nicelik için ölçülen her bir değer ortalama değerden çıkartılır ve mutlak değeri alınır. Elde edilen bu sayıların ortalaması o niceliğin hatasını verir. Aşağıdaki tabloda gerekli işlemleri yaparak  $\Delta l$  ve  $\Delta m$ 'yi hesaplayınız.

	$\mathbf{dl_n= l_n-l_{ort} }$		$\mathbf{dm_n= m_n-m_{ort} }$
$\mathbf{dl_1= l_1-l_{ort} }$		$\mathbf{dm_1= m_1-m_{ort} }$	
$\mathbf{dl_2= l_2-l_{ort} }$		$\mathbf{dm_2= m_2-m_{ort} }$	
$\mathbf{dl_3= l_3-l_{ort} }$		$\mathbf{dm_3= m_3-m_{ort} }$	
$\mathbf{dl_4= l_4-l_{ort} }$		$\mathbf{dm_4= m_4-m_{ort} }$	
<b>Toplam</b>		<b>Toplam</b>	
$\mathbf{\Delta l=Toplam/4}$		$\mathbf{\Delta m=Toplam/4}$	

Hesaplamış olduğunuz  $\Delta l$ ,  $\Delta m$ 'yi ve deneyin **c)** kısmında hesapladığınız  $f_{ort}$ ,  $l_{ort}$  ve  $m_{ort}$  değerlerini

$$\frac{\Delta f}{f_{ort}} = \frac{\Delta l}{l_{ort}} + \frac{\Delta m}{2m_{ort}}$$

eşitliğinde yerine yazarak frekanstaki hatayı ( $\Delta f$ ) hesaplayınız ve kaydediniz.

$\Delta f=...$

**Deney masanızı ve sandalyeleri düzgün bir şekilde bırakarak laboratuvarıdan çıkınız.**

---

## DENEY-3

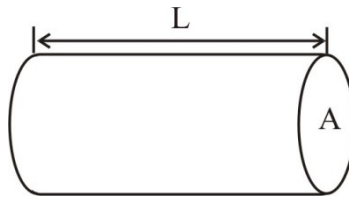
## ÖZDİRENÇ TAYİNİ VE WHEATSTONE KÖPRÜSÜ

**Deneyin Amacı:** Uzunluk-direnç grafiği yardımıyla iletken bir telin özdirencini hesaplamak, Wheatstone köprüsü ile bilinmeyen bir direncin değerini belirlemek.

## Teori

## İletken Bir Telin Direnci

Ohm kanununa uyan tel şeklindeki iletkenlerin direnci (Şekil 1), uzunluğa ( $L$ ), kesit alanına ( $A$ ) ve yapıldığı metalin özdirencine ( $\rho$ ) bağlıdır: telin direnci uzunluk ve özdirenç ile doğru orantılı, kesitle ters orantılıdır;

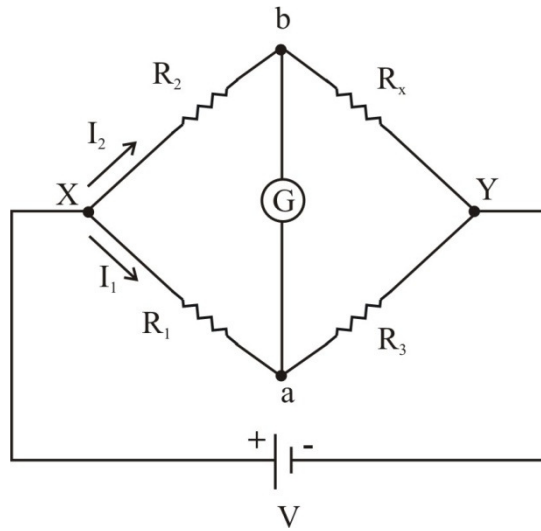


Şekil 1. İletken tel

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (1)$$

Bir iletkenin özdirencinin tersine **iletkenlik** denir, genelde  $\sigma$  ile gösterilir,  $\sigma = 1/\rho$ . Özdirenci küçük olan maddeler iyi iletkenlerdir.

## Wheatstone Köprüsü



Şekil 2. Wheatstone köprüsü

Şekil 1’de gösterilen Wheatstone köprüsü,  $R_x$  bilinmeyen direnç,  $R_1$ ,  $R_2$  ve  $R_3$  bilinen dirençler, bir galvanometre ve bir güç kaynağından oluşur. Çalışma prensibi oldukça basittir.  $R_1$  direnci, galvanometre (hassas ampermetre) sıfır akım değeri gösterene kadar değiştirilir, akım sıfır olduğunda “köprü dengededir” denir ve karşılıklı devre kollarının potansiyel farkları birbirine eşit olur:

$$I_1 R_1 = I_2 R_2$$

$$I_1 R_3 = I_2 R_x$$

Bu iki denklemden bilinmeyen direnç,  $R_x = R_2(R_3/R_1)$  olarak bulunur. Pratikte veya uygulamada galvanometredeki akımı sıfır yapacak direnç setleri oluşturmak zor olabilir. Bu nedenle, iletken bir telin uzunluğuyla orantılı bir dirence sahip olduğu bilgisinden yararlanarak, özel seçimli R dirençleri yerine iletken tel kullanılabilir. Wheatstone köprüsünün bu haline “*telli köprü*” denir (Şekil 2). 1m uzunluğundaki bakır tel, üzerinde hareket eden sürgü yardımıyla iki parçaya bölünür. Sağ taraftaki kısım ( $\beta$ )  $R_3$  direncine, sol taraftaki kısım ( $\alpha$ )  $R_1$  direncine karşılık gelir.  $\rho$  telin öz direnci, A kesit alanı olmak üzere (1) denklemini yardımıyla,  $R_3 = \rho \beta / A$  ve  $R_1 = \rho \alpha / A$  dır. Böylece,  $R_3/R_1$  oranı  $\beta/\alpha$ 'ya eşit olur. Sürgü tel üzerinde hareket ettirilerek köprü dengeye geldiğinde bilinmeyen direnç,

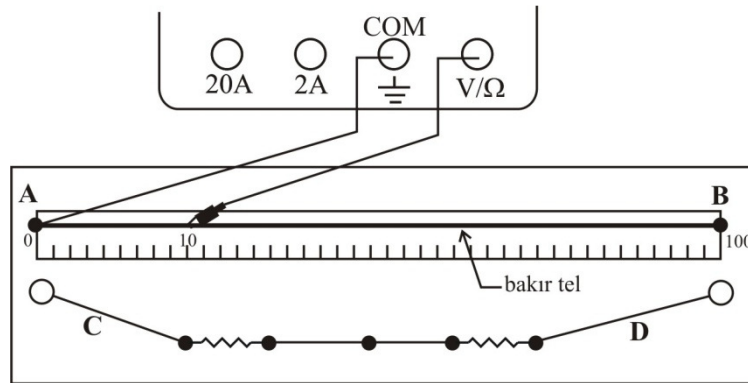
$$R_x = R_2(\beta/\alpha) \quad (2)$$

ifadesiyle hesaplanabilir.

## DENEYLER

### A. Özdirenç Tayini

1. Şekil 3'teki düzeneği kurunuz, **A** ve **B** noktalarındaki kırmızı kısımları çevirerek söküp çıkarınız, sadece bakır tel kalacak şekilde **C** ve **D** kablolarını ayırınız. Bir multimetre alınız ve direnç ölçümü için hazırlayınız: kontrol anahtarını **200** kademesine getiriniz, **COM** portunu **A** noktasına bağlayınız.



Şekil 3. Bakır telin direncinin ölçülmesi

**V/Ω** portuna ucu timsahlı bir kablo takarak, tel üzerindeki her **10 cm**'de direnci ölçünüz ve değerlerinizi aşağıdaki tabloya kaydediniz (ölçümler sırasında timsahlı kabloyu tamamen telden ayırıp, tekrar tutturunuz, tel üzerinde sürüklemeye yaparak ölçüm yapmayınız).

Ölçüm	L (cm)	R (Ω)
1	10	
2	20	
3	30	
4	40	
5	50	
6	60	
7	70	
8	80	

2. L-R grafiğini çiziniz. Grafiğe bakarak, uzunluk ve direnç arasında nasıl bir ilişki olduğunu ifade ediniz. (1) denkleminde bakıldığında grafiğin eğiminin  $\rho/A$  olduğu görülür. Grafiğin eğimini bularak, telin özdirençini hesaplayınız.

Eğim=.....

Özdirenç ( $\rho$ )=.....

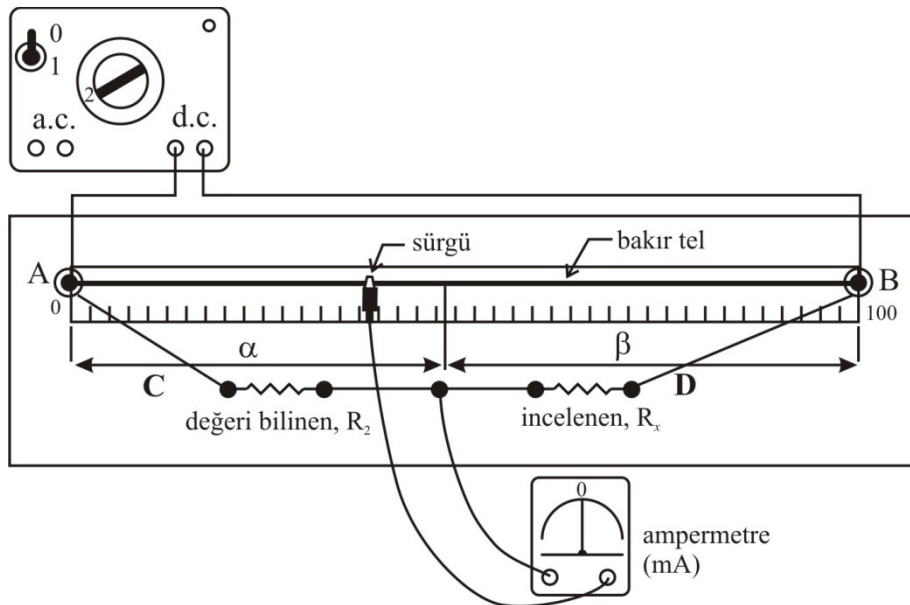
### B. Telli Köprü ile Direnç Tayini

1. Deney kitapçığınızın *Temel Kavramlar* bölümünde verilen “Renk kodları yardımıyla direnç okuma” kısmında verilen bilgilerden yararlanarak,  $R_2$  direncini ve  $R_x$  direncini değerleri birbirine yakın olacak şekilde seçiniz. Değerlerinizi kaydediniz.

$R_2$ =.....

$R_x$ =.....

2. Telli köprü düzeniğini Şekil 4’teki gibi kurunuz.  $R_2$  direncini ve  $R_x$  direncini bağlayınız. Güç kaynağını 2V skalasına getirdikten sonra açınız.



Şekil 4. Telli köprü.

3. Sürgüyü telin orta noktasından başlayarak her iki tarafa götürerek ampermetreden geçen akımı kontrol ediniz, bu şekilde akımın sıfır olduğu noktayı bulunuz,  $\alpha$  ve  $\beta$  uzunluklarını belirleyiniz.  $R_2$  ve  $R_x$ ’i değiştirmeden, bu işlemi beş kez tekrarlayınız ve ölçümlerinizi aşağıdaki Tabloya kaydediniz.

$R_2$ =			
Ölçüm	$\alpha$ (cm)	Ölçüm	$\beta$ (cm)
$\alpha_1$		$\beta_1$	
$\alpha_2$		$\beta_2$	
$\alpha_3$		$\beta_3$	
$\alpha_4$		$\beta_4$	
$\alpha_5$		$\beta_5$	
<b>Toplam</b>		<b>Toplam</b>	
$\alpha_{ort}=\text{Toplam}/5$		$\beta_{ort}=\text{Toplam}/5$	



**Ölçüleriniz bittiğinde güç kaynağını kapatınız.**

$\alpha$  ve  $\beta$ 'nin ortalamalarını hesaplayıp, tabloya kaydediniz.

4.  $R_x = R_2(\beta_{ort}/\alpha_{ort})$  denklemi yardımıyla bilinmeyen direncin değerini bulunuz, bu değeri renk kodları yardımıyla bulduğunuz değerle karşılaştırınız.

5.  $R_x$  direncini belirlerken yaptığımız hatayı bulalım.  $R_x = R_2(\beta_{ort}/\alpha_{ort})$  denkleminde,

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\Delta \alpha}{\alpha_{ort}} + \frac{\Delta \beta}{\beta_{ort}}$$

yazarız.  $R_2$  direncinde hata olmadığı kabul edilebilir ( $\Delta R_2=0$ ). O zaman,  $R_x$  direncindeki hata sadece  $\alpha$  ve  $\beta$  uzunluklarındaki hatalarla ilişkilidir.

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{\Delta \alpha}{\alpha_{ort}} + \frac{\Delta \beta}{\beta_{ort}}$$

(2)

$\alpha$  uzunluğundaki hata ( $\Delta \alpha$ ) ve  $\beta$  uzunluğundaki hata ( $\Delta \beta$ ) yukarıdaki tabloda kaydedilen değerler yardımıyla hesaplanabilir. Öncelikle nicelik için ölçülen her bir değer ortalama değerden çıkartılır ve mutlak değeri alınır. Elde edilen bu sayıların ortalaması o niceliğin hatasını verir. Aşağıdaki tabloda gerekli işlemleri yaparak  $\Delta \alpha$  ve  $\Delta \beta$ 'yı hesaplayınız.

	$d\alpha_n =  \alpha_n - \alpha_{ort} $		$d\beta_n =  \beta_n - \beta_{ort} $
$d\alpha_1 =  \alpha_1 - \alpha_{ort} $		$d\beta_1 =  \beta_1 - \beta_{ort} $	
$d\alpha_2 =  \alpha_2 - \alpha_{ort} $		$d\beta_2 =  \beta_2 - \beta_{ort} $	
$d\alpha_3 =  \alpha_3 - \alpha_{ort} $		$d\beta_3 =  \beta_3 - \beta_{ort} $	
$d\alpha_4 =  \alpha_4 - \alpha_{ort} $		$d\beta_4 =  \beta_4 - \beta_{ort} $	
$d\alpha_5 =  \alpha_5 - \alpha_{ort} $		$d\beta_5 =  \beta_5 - \beta_{ort} $	
<b>Toplam</b>		<b>Toplam</b>	
<b><math>\Delta \alpha = \text{Toplam}/5</math></b>		<b><math>\Delta \beta = \text{Toplam}/5</math></b>	

Hesapladığınız sonuçları ve 4. adımda bulduğunuz  $R_x$  değerini (2) denkleminde yerine yazarak  $R_x$  direncindeki hatayı ( $\Delta R_x$ ) hesaplayınız.

6. Seçeceğiniz başka bir  $R_2$  direnci ve  $R_x$  direnci için yukarıdaki 2-5 adımlarını tekrarlayınız.

$R_2 =$			
Ölçüm	$\alpha$ (cm)	Ölçüm	$\beta$ (cm)
$\alpha_1$		$\beta_1$	
$\alpha_2$		$\beta_2$	
$\alpha_3$		$\beta_3$	
$\alpha_4$		$\beta_4$	
$\alpha_5$		$\beta_5$	
<b>Toplam</b>		<b>Toplam</b>	
<b><math>\alpha_{ort} = \text{Toplam}/5</math></b>		<b><math>\beta_{ort} = \text{Toplam}/5</math></b>	

$R_x = \dots$

*Ölçümeleriniz bittiğinde güç kaynağını ve masanın elektrik anahtarlarını kapatınız.*

	$d\alpha_n =  \alpha_n - \alpha_{ort} $		$d\beta_n =  \beta_n - \beta_{ort} $
$d\alpha_1 =  \alpha_1 - \alpha_{ort} $		$d\beta_1 =  \beta_1 - \beta_{ort} $	
$d\alpha_2 =  \alpha_2 - \alpha_{ort} $		$d\beta_2 =  \beta_2 - \beta_{ort} $	
$d\alpha_3 =  \alpha_3 - \alpha_{ort} $		$d\beta_3 =  \beta_3 - \beta_{ort} $	
$d\alpha_4 =  \alpha_4 - \alpha_{ort} $		$d\beta_4 =  \beta_4 - \beta_{ort} $	
$d\alpha_5 =  \alpha_5 - \alpha_{ort} $		$d\beta_5 =  \beta_5 - \beta_{ort} $	
<b>Toplam</b>		<b>Toplam</b>	
$\Delta\alpha = \text{Toplam}/5$		$\Delta\beta = \text{Toplam}/5$	

$\Delta R_x = \dots$

*Deney masanızı ve sandalyeleri düzgün bir şekilde bırakarak laboratuvarıdan çıkınız.*

## DENEY-4

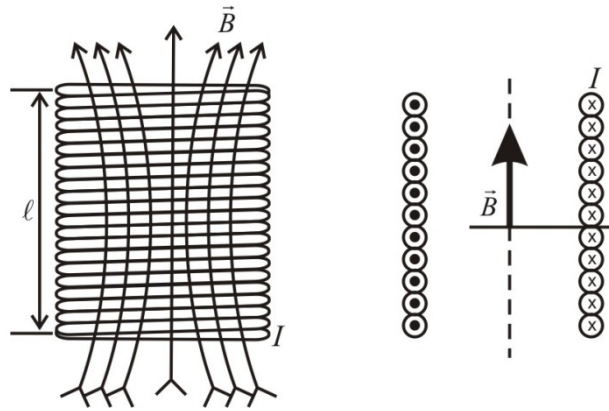
## MANYETİK ALAN

**Deneyin Amacı:** Bir solenoid'in manyetik alanının hesaplanması, uzaklığa bağlı olarak nasıl değiştiğinin incelenmesi.

## Teori

## Solenoidin manyetik alanı

Solenoid (bobin, kangal, akım makarası), iletken bir telin düzgün bir cisim üzerine belirli bir uzunlukta sıkıca sarılmasıyla elde edilir. Sıkı sarımlı ve yeterince uzun bir solenoidten akım geçirildiğinde, solenoidin içinde hemen hemen düzgün bir manyetik alan oluşur. Bu durumda, her bir sarım bir akım halkası gibi alınabilir ve solenoidin net manyetik alanı tüm bu akım halkalarından kaynaklanan manyetik alanların vektörel toplamı olur (Şekil 1).



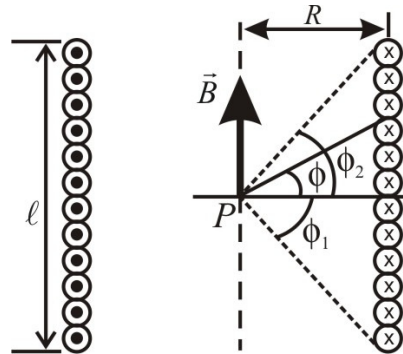
Şekil 1. Solenoidin manyetik alanı

Amper yasası yardımıyla,  $N$  sarım sayısı,  $l$  uzunluk ve  $I$  akım olmak üzere sonsuz uzun solenoid içindeki manyetik alan,

$$B = \mu_0 \frac{N}{l} I = \mu_0 n I \quad (1)$$

ifadesiyle hesaplanır. Görüleceği gibi, solenoidin manyetik alanı sarım sayısı ( $N$ ), uzunlukla ( $l$ ) ve üzerinden geçen akımla ( $I$ ) orantılıdır.

Diğer taraftan, solenoid çok uzun değilse, sınırlı bir uzunluğa sahipse, solenoid içindeki bölgede manyetik alan düzgün değildir ve (1) denklemi kullanılarak kolayca hesaplanamaz. Ancak, solenoidin merkez doğrultusu boyunca manyetik alan hemen hemen düzgündür ve hesaplanabilir.

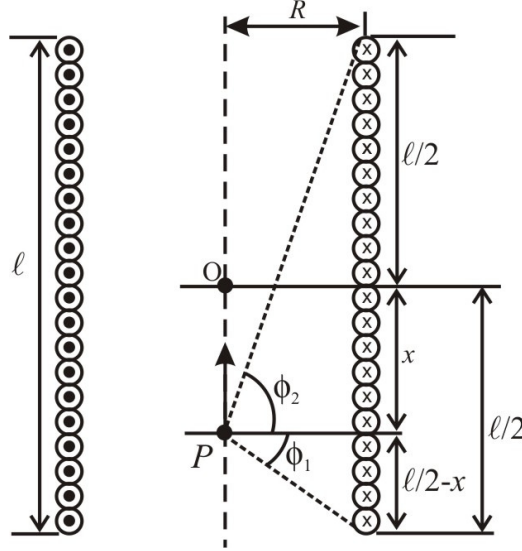


Şekil 2. Sonlu uzunlukta solenoidin ekseninde manyetik alan.

Şekil 2’de gösterilen,  $l$  uzunluklu,  $R$  yarıçaplı bir solenoid’in eksenı boyunca manyetik alan

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2l} (\sin \phi_2 - \sin \phi_1) \quad (2)$$

bağıntısıyla hesaplanır. Bu bağıntı ayrıca bobinin merkezinden  $x$  kadar uzaktaki manyetik alanı hesaplamak için kullanılabilir (Şekil 3).



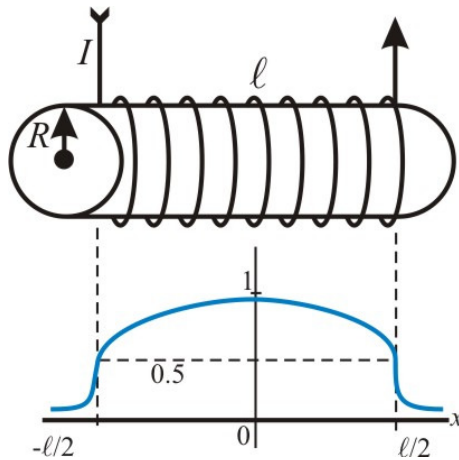
Şekil 3. Sonlu uzunlukta bobinin merkezinden  $x$  kadar uzakta manyetik alan.

Şekil 3'ten,  $\sin \phi_2 = \frac{x + l/2}{\sqrt{R^2 + (x + l/2)^2}}$  ve  $\sin \phi_1 = \frac{l/2 - x}{\sqrt{R^2 + (x - l/2)^2}}$  olduğu görülür.  $\phi_2$  açısının

pozitif yönde,  $\phi_1$  açısının negatif yönde olduğu dikkate alınıp, bu ifadeler (2) denkleminde yerine yazılırsa, sonlu  $l$  uzunluğuna sahip  $R$  yarıçaplı bobinin merkezinden  $x$  kadar uzakta manyetik alan

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2l} \left[ \frac{x + l/2}{\sqrt{R^2 + (x + l/2)^2}} - \frac{x - l/2}{\sqrt{R^2 + (x - l/2)^2}} \right] \quad (3)$$

olur. Bu ifadeyi daha anlaşılır yapmak amacıyla grafiği Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. Sonlu uzunlukta bobinin eksenı boyunca manyetik alan

$x=0$ 'da (bobinin merkezinde) manyetik alan maksimumdur, bobinin uçlarına doğru gidildikçe yavaşça azalır. Bobinin uçlarına yaklaşıldığında ( $x=l/2$ ) manyetik alandaki azalma daha belirgin hale gelir. Ayrıca, bobinin merkezine göre bakıldığında sağ taraftaki ve sol taraftaki manyetik alanlar simetriktir.

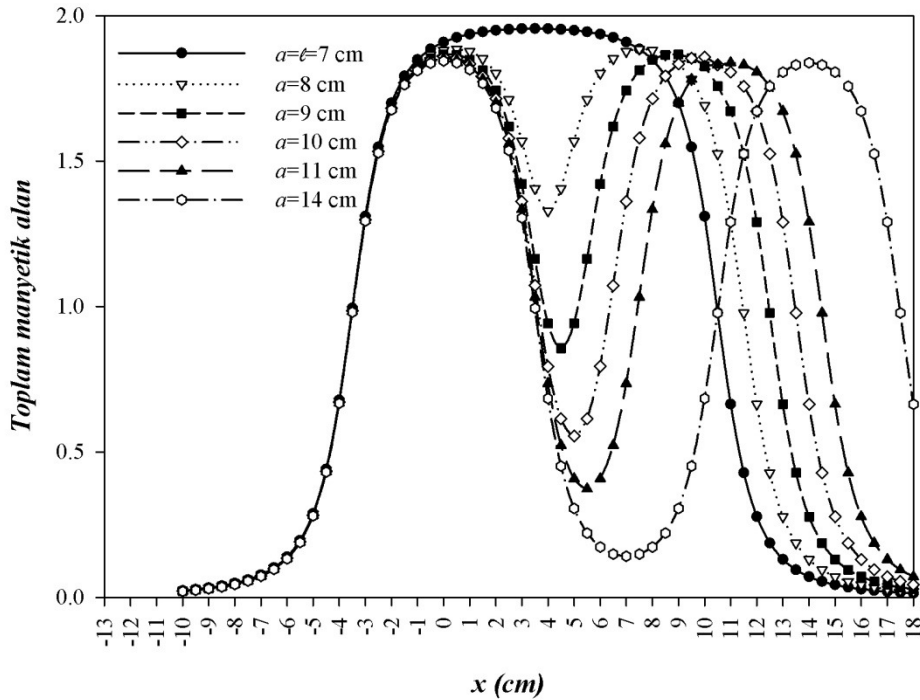
Diğer taraftan, (3) denklemi, aralarında  $a$  kadar mesafe kalacak şekilde yerleştirilen  $l$  uzunluklu özdeş iki bobinin merkez doğrultusu boyunca toplam manyetik alanı hesaplamak için kullanılabilir. Bobinlerden birinin manyetik alanı  $B_1$  (3) denklemindeki gibidir, diğerinin manyetik alanı da  $B_2$  (3) denkleminde  $x$  yerine  $x-a$  alınarak kolayca bulunabilir:

$$B = B_1 + B_2$$

$$= \frac{\mu_0 NI}{2l} \left[ \frac{x+l/2}{\sqrt{R^2 + (x+l/2)^2}} - \frac{x-l/2}{\sqrt{R^2 + (x-l/2)^2}} \right]$$

$$+ \frac{\mu_0 NI}{2l} \left[ \frac{(x-a)+l/2}{\sqrt{R^2 + ((x-a)+l/2)^2}} - \frac{(x-a)-l/2}{\sqrt{R^2 + ((x-a)-l/2)^2}} \right] \quad (4)$$

$a=l$  olduğunda, yani iki bobin bir doğrultuda uçları temas edilecek şekilde bir araya geldiğinde, toplam alan maksimum olur.  $a, l$ 'den daha büyük değerler aldığında Şekil 5'teki gibi manyetik alanlar elde edilir.  $a$  çok büyük değerler aldığında iki bobin bağımsız iki manyetik kaynak gibi davranırlar ve bobinler arasındaki bölgede manyetik alan sıfıra gider.



**Şekil 5.** İki bobinin merkez doğrultusu boyunca toplam manyetik alan. Bobinin uzunluğu 7cm ve yarıçapı da 1.5 cm olarak alınmıştır.

**Yoklama kangalı**

İnce sarımlı, A kesit alanına sahip bir bobin ve bunu tutan bir çubuktan oluşur. Manyetik alan ölçmek için kullanılır ve Faraday indüksiyon kanununa göre çalışır (Faraday indüksiyon kanunu için Deney 5'e bakınız). Yoklama kangalı ile ölçüm yapabilmek için uzaysal bölgedeki manyetik alanın dolayısıyla manyetik akının zamanla değişiyor olması gerekir. Bu deneyde manyetik alanı değiştirmek için bobine alternatif voltaj uygulanır. Şimdi, bobinden geçen akım ve yoklama kangalında indüklenen voltaj arasında bir ilişki kuralım. Basitlik açısından yoklama kangalının bobinin merkezinde ( $x=0$ 'da) olduğunu varsayalım. Bu durumda (3) denklemi yardımıyla bobinde oluşan manyetik alan, akımın alternatif voltajdan dolayı  $I = I_0 \cos(\omega t)$  formunda olduğu varsayılarak

$$B = \frac{\mu_0 N_{bob} I}{2l} \left[ \frac{l/2}{\sqrt{R^2 + (l/2)^2}} + \frac{l/2}{\sqrt{R^2 + (l/2)^2}} \right] = \frac{\mu_0}{2\sqrt{R^2 + (l/2)^2}} N_{bob} I_0 \cos(\omega t) \quad (5)$$

olur ( $N_{bob}$ , bobinin sarım sayısı). Bu zamanla değişen manyetik alanın  $n_{yok}$  sarımlı ve A kesit alanlı yoklama kangalında indüklediği voltaj, Faraday indüksiyon kanunu yardımıyla

$$\mathcal{E} = V = -n_{yok} \frac{d\Phi_m}{dt} = -n_{yok} \frac{d}{dt} (BA)$$

dır. (5) denklemindeki manyetik alan burada yerine yazılırsa ve türev işlemi yapılırsa,

$$\mathcal{E} = -n_{yok} \frac{d}{dt} (BA) = -n_{yok} \frac{\mu_0}{2\sqrt{R^2 + (l/2)^2}} N_{bob} I_0 A \frac{1}{\omega} \sin(\omega t) = \alpha I_0 \sin(\omega t) \quad (6)$$

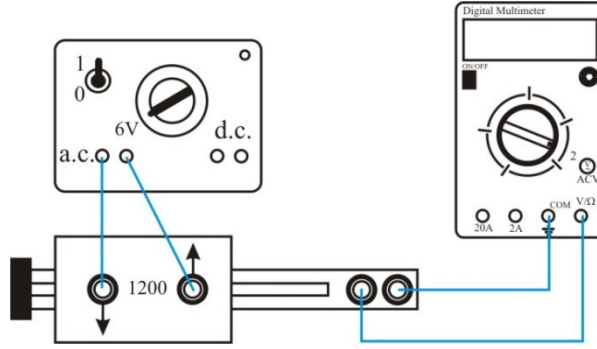
elde edilir. Burada, ifadenin daha kolay incelenmesi açısından bazı sabitler birleştirilerek  $\alpha$  ile gösterilmiştir ve

$$\alpha = -n_{yok} N_{bob} A \frac{\mu_0}{2\sqrt{R^2 + (l/2)^2}} \frac{1}{\omega} \quad (7)$$

dır. (6) denkleminde, indüksiyon voltajının çok sayıda parametreye aynı anda bağlı olduğu, özel ilgi olarak, bobinden geçen akımla doğru orantılı olduğu görülür. Bununla birlikte,  $\sin(\omega t)$  çarpanından dolayı, indüksiyon voltajı da alternatif karakterdedir.

**Deneyin Yapılışı**

1. Şekil 6'daki düzeneği kurunuz: Güç kaynağının ayar düğmesini **6V**'a getiriniz, alternatif voltaj çıkışını **1200** sarımlık bobinin uçlarına bağlayınız. Multimetreyi alternatif voltaj ölçecek şekilde ayarlayınız ve yoklama kangalını multimetreye bağlayınız.



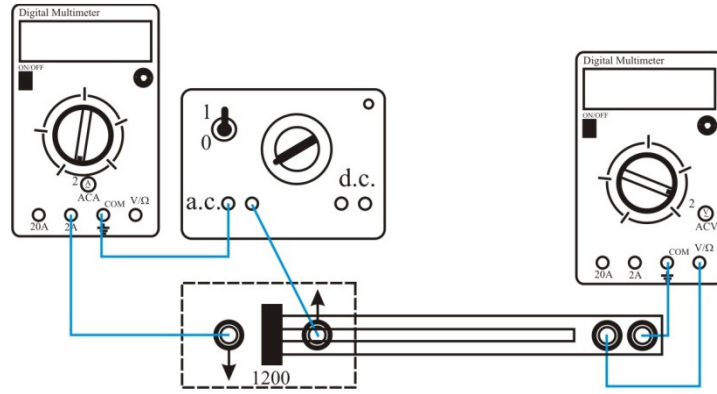
**Şekil 6.** Tek bir bobinin manyetik alanının incelenmesi

Yoklama kangalını bobinin içinden geçiriniz ve bobinin **2cm** dışından başlayarak 0.5 cm aralıklarla multimetreden voltaj değerini ölçünüz ve aşağıdaki tabloya kaydediniz.

Mesafe (cm)	Voltaj (Volt)	Mesafe (cm)	Voltaj (Volt)
0.0		5.0	
0.5		5.5	
1.0		6.0	
1.5		6.5	
2.0		7.0	
2.5		7.5	
3.0		8.0	
3.5		8.5	
4.0		9.0	
4.5			

Mesafeyi  $x$ -eksenine, voltajı  $y$ -eksenine yerleştirerek, **mesafe-voltaj** grafiğini çizin ve yorumlayınız. Teori kısmındaki Şekil 4 ile karşılaştırınız.

**b)** Şekil 7'deki düzeneği kurunuz: Yoklama kangalını bobinin merkezine yerleştiriniz. İkinci bir multimetreyi alternatif akım ölçecek şekilde bobine bağlayınız. Yoklama kangalını hareket ettirmeden, bobinin merkezinde sabit tutarak, güç kaynağının 2, 4, 6, 8 ve 10 V kademelerinde bobinden geçen akımı ( $I_0$ ) ve yoklama kangalında indüklenen voltajı ( $\epsilon$ ) ölçünüz, değerlerinizi aşağıdaki tabloya kaydediniz.

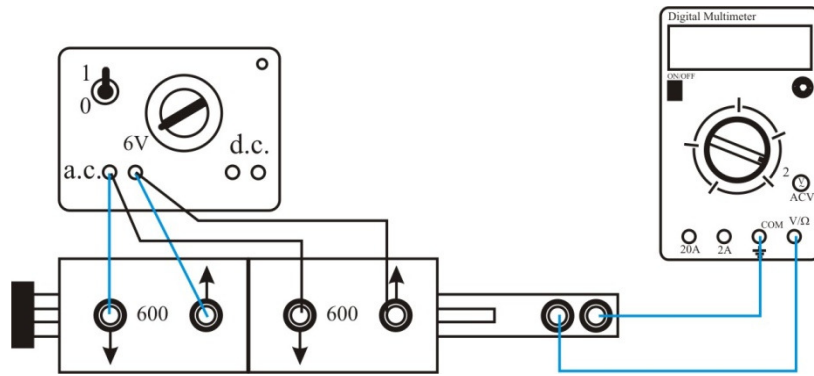


Şekil 7. Bobinin merkezinde manyetik alan

Güç kaynağı	$I_0$	$\varepsilon$
2		
4		
6		
8		
10		

$I_0$  değerleri x-ekseninde,  $\varepsilon$  değerleri y-ekseninde olmak üzere akım-indüksiyon voltajı grafiğini çiziniz. (6) denklemi yardımıyla sonucunuzu yorumlayınız ve grafikten  $\alpha$  orantı katsayısını hesaplayınız.

**2. a)** Şekil 8'deki düzeneği kurunuz: **600** sarımlık iki bobini birbirlerine temas edecek şekilde yerleştiriniz. Multimetreyi alternatif voltaj ölçecek şekilde ayarlayınız ve yoklama kancasına bağlayınız. Yoklama kancasını her iki bobinin içinden sağdan sola doğru geçiriniz. Sol taraftaki bobinin kenarından başlayarak, her 0.5 cm'de multimetredeki voltajı okuyunuz ve tabloya kaydediniz.



Şekil 8. İki bobinin manyetik alanı



Mesafe (cm)	Voltaj (Volt)	Mesafe (cm)	Voltaj (Volt)
0.0		7.5	
0.5		8.0	
1.0		8.5	
1.5		9.0	
2.0		9.5	
2.5		10.0	
3.0		10.5	
3.5		11.0	
4.0		11.5	
4.5		12.0	
5.0		12.5	
5.5		13.0	
6.0		13.5	
6.5		14.0	
7.0			

Mesafe-voltaj grafiğini çizerek yorumlayınız. Şekil 5'te koyu dairelerle çizilmiş eğriyle karşılaştırınız.

**b)** İki bobini aralarında **2cm** olacak şekilde yerleştiriniz ve önceki adımda yaptığınız gibi bobinlerin merkez doğrultusu boyunca multimetreden voltajı okuyunuz ve tabloya kaydediniz.

Mesafe (cm)	Voltaj (Volt)	Mesafe (cm)	Voltaj (Volt)
0.0		8.5	
0.5		9.0	
1.0		9.5	
1.5		10.0	
2.0		10.5	
2.5		11.0	
3.0		11.5	
3.5		12.0	
4.0		12.5	
4.5		13.0	
5.0		13.5	
5.5		14.0	
6.0		14.5	
6.5		15.0	
7.0		15.5	
7.5		16.0	
8.0			

Mesafe-voltaj grafiğini çizerek yorumlayınız. Şekil 5 ile karşılaştırınız.

c) (b)'deki düzeneği kurunuz, ancak bobinlerden birini alıp ters çeviriniz (isterseniz bağlantıları da ters çevirebilirsiniz), merkez doğrultusu boyunca multimetreden voltajı okuyunuz ve tabloya kaydediniz.

Mesafe (cm)	Voltaj (Volt)	Mesafe (cm)	Voltaj (Volt)
0.0		8.5	
0.5		9.0	
1.0		9.5	
1.5		10.0	
2.0		10.5	
2.5		11.0	
3.0		11.5	
3.5		12.0	
4.0		12.5	
4.5		13.0	
5.0		13.5	
5.5		14.0	
6.0		14.5	
6.5		15.0	
7.0		15.5	
7.5		16.0	
8.0			

Mesafe-voltaj grafiğini çizerek yorumlayınız.

#### SORULAR

1. Yoklama kangalının sonlu büyüklükte olması manyetik alan ölçümlerinizin duyarlılığını nasıl etkiler, açıklayınız.
2. Çok uzun ince bir solenoid için, bir uçta eksen üzerindeki alanın, merkezdeki alanın yarısı olduğunu gösteriniz.

### DENEY-5

#### FARADAY İNDÜKSİYON KANUNU VE MANYETİK ÇİFTLENİM

**Deneyin Amacı:** İki bobin yardımıyla Faraday indüksiyon kanununu incelemek, transformatörün çalışma prensibini öğrenmek, manyetik çiftlenim hakkında bilgi sahibi olmak.

#### Teori

Manyetik akı, manyetik alan vektörünün yüzey üzerinden alınan integrali olarak tanımlanır:

$$\Phi_m = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} = \int |\vec{B}| \cdot |d\vec{A}| \cos(\theta)$$

Görüleceği gibi skaler çarpım içeren bir ifadedir. Bu nedenle, manyetik alan yüzeye paralel olduğunda ( $\theta=90^\circ$ ) akı sıfır olur, aksine manyetik alan yüzeye dik olduğunda ( $\theta=0^\circ$ ) maksimum değerini alır. Bununla birlikte, akının hesaplandığı yüzey düzgünse ve manyetik alan yüzeyin her yerinde sabitse, A yüzeyinden geçen akı,

$$\Phi_m = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} = B \cdot A \cos(\theta)$$

olur. Akı yüzeyden geçen manyetik alanın büyüklüğüne, cismin yüzey alanına ve manyetik alan vektörünün yüzeyle yaptığı açıya bağlıdır. Bu üç nicelikten birinin veya birkaçının bağımsız olarak değişmesi akının değişmesine sebep olacaktır. Bir uzaysal bölgede bu üç nedenden dolayı manyetik alan zamanla değişiyorsa, bu bölgeye giren bir iletkende indüksiyon emk'sı oluşur.

"Bir devrede indüklenen emk (voltaj), devreden geçen manyetik akının ( $\Phi_m$ ) zamana göre değişimiyle orantılıdır" ifadesine **Faraday indüksiyon kanunu** denir ve

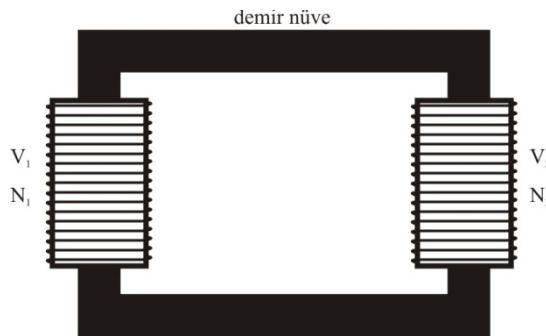
$$\varepsilon = V = - \frac{d\Phi_m}{dt}$$

şeklinde yazılır. Eğer manyetik akı N sarımlı bir bobinden geçiyorsa bu ifade

$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi_m}{dt}$$

olur. Görüleceği gibi, indüksiyon emk'sının oluşabilmesi için devreden/bobinden geçen manyetik akının zamanla değişim göstermesi gerekir, akı değişmiyorsa, zamanla sabit kalıyorsa indüksiyon emk'sı oluşmaz.

Transformatör, demir bir nüvenin içine karşılıklı olarak yerleştirilmiş iki bobinden oluşur (Şekil 1) ve Faraday indüksiyon kanununa göre çalışır.



**Şekil 1.** Demir nüveli transformatör

$N_1$  sarımlı birincil bobine alternatif voltaj uygulandığında, bobinin uçları arasında oluşan voltaj,

$$V_1 = -N_1 \frac{d\Phi_m}{dt}$$

dır. Demir nüvede bir akı kaçağı yoksa, birincil bobinin ürettiği akı tamamen ikincil bobine taşınır ve  $N_2$  sarımlı bobinde indüklenen voltaj,

$$V_2 = -N_2 \frac{d\Phi_m}{dt}$$

dır. Her iki bobin için  $d\Phi_m/dt$  aynı olduğundan, iki denklem birleştirilirse,

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

elde edilir. Bu ifadeden pratik olarak şu iki sonuca ulaşılır:

- 1)  $N_2, N_1$ 'den büyük olduğunda  $V_2$  çıkış voltajı  $V_1$ 'den büyük olur ve transformatör **yükseltici** görevi yapar.
- 2)  $N_2, N_1$ 'den küçük olduğunda  $V_2$  çıkış voltajı  $V_1$ 'den küçük olur ve transformatör **alçaltıcı** görevi yapar.

### Öz-indüksiyon

Bir bobindeki akım zamanla değiştiğinde, Faraday kanununa uygun olarak bobinde bir ters *emk* indüklenir. Bu öz-indüksiyon *emk*'sı olup, aşağıdaki şekilde tanımlanır:

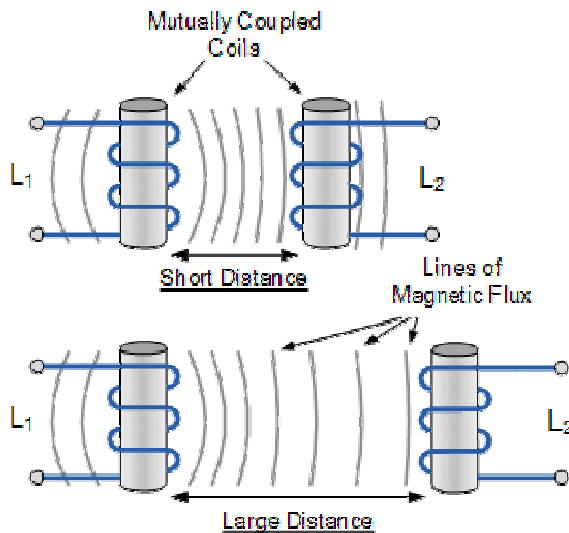
$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi_m}{dt} = -L \frac{dI}{dt}$$

Burada  $L$  bobinin indüktansdır (öz-indüksiyon katsayısı da denir). İndüktans, bir aygıtın akımdaki değişime karşı koymasının bir ölçüsüdür, bu nedenle bobinler bir devredeki akımın aniden düşmesini veya artmasını engellemek amacıyla kullanılırlar. SI birim sisteminde indüktansın birimi henry (H) dir,  $1H = 1 \text{ V.s/A}$  dir. Yukarıdaki denklemden  $L$  çözülürse,

$$L = \frac{N\Phi_m}{I}$$

bulunur. Burada  $\Phi_m$  bobinden geçen manyetik akı,  $N$  ise toplam sarım sayısıdır. Bir aygıtın indüktansı onun geometrisine bağlıdır.

### Karşılıklı-indüksiyon (Manyetik Çiftlenim)



Şekil 2. İki bobinin karşılıklı indüksiyonu

İki tane bobin yeteri kadar birbirine yaklaştırıldığında (Şekil 2), bir bobindeki akımın değişmesi veya bu bobinin zamanla değişen manyetik akı/alan oluşturmaları, diğer solenoidde bir emk indükler. Bu olaya karşılıklı-indüksiyon denir. 1.bobindeki akımın değişim  $dI_1/dt$  olmak üzere, 2.bobinde oluşan emk,

$$V_{21} = -N_2 \frac{d\Phi_{21}}{dt} = -M_{21} \frac{dI_1}{dt}$$

dir,  $M_{21}$  orantı katsayısıdır ve **karşılıklı-indüksiyon** katsayısı da denir. Benzer şekilde, sistem ters çevrilip, akım 2.bobinden geçirilirse, akımın değişimi  $dI_2/dt$  olmak üzere, 1.bobinde oluşan emk,

$$V_{12} = -N_1 \frac{d\Phi_{12}}{dt} = -M_{12} \frac{dI_2}{dt}$$

dir. Yukarıdaki indüktans tanımından,

$$M_{21} = \frac{N_2 \Phi_{21}}{I_1}$$

ve

$$M_{12} = \frac{N_1 \Phi_{12}}{I_2}$$

yazarız ( $\Phi_{21}$  1.bobinden geçen  $I_1$  akımının 2.bobinden geçirdiği manyetik akı,  $\Phi_{12}$  2.bobinden geçen  $I_2$  akımının 1.bobinden geçirdiği manyetik akıdır).

Akımların zamanla değişimi birbirine eşit ise, yani  $dI_1/dt = dI_2/dt$  ise  $\epsilon_1 = \epsilon_2$  ve  $M_{21} = M_{12} = M$  olur.

Şimdi iki bobinin karşılıklı-indüksiyon katsayıları ile öz-indüksiyon katsayıları arasında nasıl bir ilişki olduğunu bulalım. 1. ve 2.bobinlerin öz-indüksiyon katsayıları sırasıyla yukarıdaki indüktans tanımları yardımıyla yazılabilir:

$$\begin{aligned} V_{11} &= -N_1 \frac{d\Phi_{11}}{dt} & V_{22} &= -N_2 \frac{d\Phi_{22}}{dt} \\ L_1 &= \frac{N_1 \Phi_{11}}{I_1} & L_2 &= \frac{N_2 \Phi_{22}}{I_2} \end{aligned}$$

Bu iki ifadenin çarpımı

$$L_1 L_2 = \frac{N_1 N_2 \Phi_{11} \Phi_{22}}{I_1 I_2}$$

olur. Benzer şekilde,

$$M_{21} M_{12} = M^2 = \frac{N_1 N_2 \Phi_{12} \Phi_{21}}{I_1 I_2}$$

elde edilir. Son iki ifade karşılaştırıldığında,  $k$  manyetik-çiftlenim katsayısı

$$k = \sqrt{\frac{\Phi_{12} \Phi_{21}}{\Phi_{11} \Phi_{22}}}$$

olmak üzere,  $M = k\sqrt{L_1 L_2}$  bulunur. Bununla birlikte, çiftlenim katsayısı deneyde ölçülebilen nicelikler cinsinden yazılabilir:

$$\frac{V_{21}}{V_{11}} = \frac{N_2 \Phi_{21}}{N_1 \Phi_{11}}$$

ve

---

## Deney 5. Faraday İndüksiyon Kanunu ve Manyetik Çiftlenim

$$\frac{V_{12}}{V_{22}} = \frac{N_1 \Phi_{12}}{N_2 \Phi_{22}}$$

Sonuç olarak,

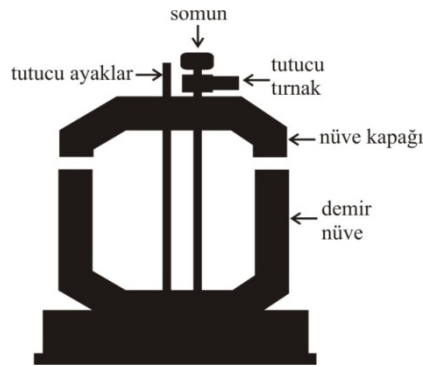
$$k = \sqrt{\frac{\Phi_{12} \Phi_{21}}{\Phi_{11} \Phi_{22}}} = \sqrt{\left(\frac{V_{21}}{V_{11}} \cdot \frac{V_{12}}{V_{22}}\right)}$$

bulunur.  $k$  bir bobinin akı çizgilerinin ne kadarının diğer bobinden geçtiğinin bir ölçüsüdür, 0 ve 1 arasında değerler alır.  $k=0$  değeri iki bobinin çiftlenmediğini,  $k=1$  değeri ise çok iyi çiftlendiklerini gösterir.  $k>0.5$  kabaca çiftlenmiş olarak tarif edilirken,  $k<0.5$  zayıf çiftlenmiş olarak tarif edilir.

### Deneyin Yapılışı:

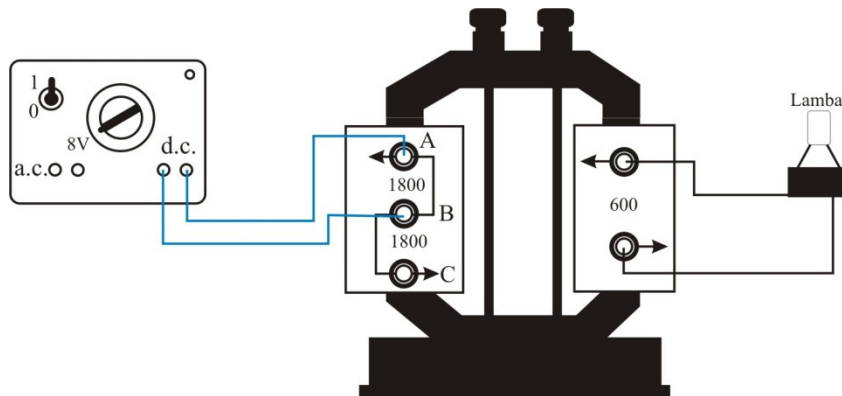
#### 1. Faraday İndüksiyon Kanunu

Şekil 2'ye bakınız. Tutucu ayakların ucundaki somunları sökünüz ve tutucu tırnakları çıkartınız, nüve kapağını kaldırınız. **(1800+1800)** sarımlı bobini demir nüvenin sol tarafına, **600** sarımlı bobini de sağ tarafına kablo takma kısımları size bakacak şekilde yerleştiriniz. Nüve kapağını yerine koyunuz, tutucu tırnakları takınız ve somunları yavaşça sıkınız.



Şekil 2. Bobinlerin yerleştirilmesi

a) Şekil 3'teki deney düzeneğini kurunuz. Deney masasının elektrik anahtarlarını açınız (1 konumuna getiriniz).

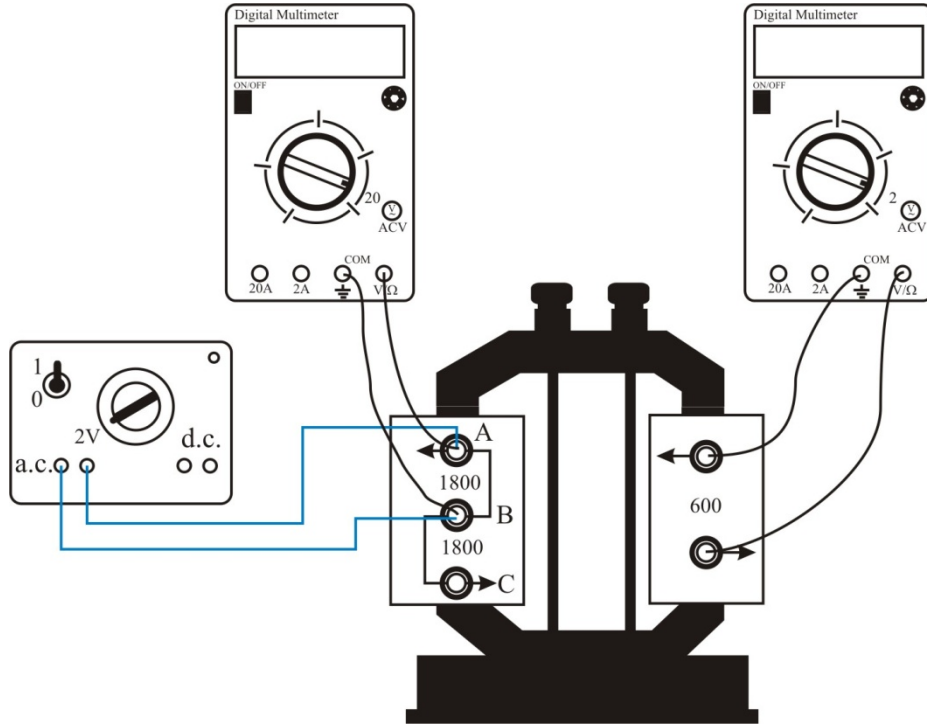


Şekil 3.

Güç kaynağının ayar düğmesini **8V** konumuna getiriniz ve DC voltaj çıkışını sol taraftaki bobine bağlayınız. Lambayı sağ taraftaki bobine bağlayınız. Fişini taktıktan sonra güç kaynağını açınız. Lamba yanıyor mu? gözleminizi yorumlayınız.

**b)** Güç kaynağının ayar düğmesine dokunmadan DC voltaj çıkışındaki kabloları sökünüz ve alternatif voltaj çıkışlarına takınız. Lamba yanıyor mu? gözleminizi yorumlayınız.

**c)** Şekil 4'teki devreyi kurunuz. Güç kaynağını **2V** kademesine getiriniz. İki adet multimetre alınız ve kontrol anahtarlarını alternatif voltaj ölçmek amacıyla **V~** kısmına çeviriniz. Multimetrelerden birini voltaj kademesi **20 V** olacak şekilde sol taraftaki bobine, diğerini de voltaj kademesi **2V** olacak şekilde sağ taraftaki bobine bağlayınız ve açınız.



**Şekil 4.** Deney düzeneği

Güç kaynağının bağlı olduğu tarafın voltajı  $V_1$ , sarım sayısı  $N_1$  ve diğer tarafın voltajı  $V_2$ , sarım sayısı  $N_2$  olmak üzere, multimetrelerden voltaj değerlerini okuyunuz, aşağıdaki Tabloya kaydediniz.

**d)** Sol taraftaki bobinin **B** portunda bağlı olan kabloları söküp **C** portuna takarak sarım sayısını 3600 yapınız. Multimetrelerden voltaj değerlerini okuyunuz ve Tabloya kaydediniz. Güç kaynağını kapatınız.

**e)** Sol taraf bağlantılarıyla birlikte aynı kalmak üzere, sağ taraftaki bobini üstteki tutma somunlarını sökerek demir nüveden çıkarınız ve yerine **12000** sarımlı bobini yerleştiriniz, multimetreyi voltaj kademesi **20V** olacak şekilde önceki gibi bağlayınız. Güç kaynağını açınız. Multimetrelerden voltaj değerlerini okuyunuz ve Tabloya kaydediniz.

Ölçüm	$N_1$	$V_1$ (volt)	$N_2$	$V_2$ (volt)	$V_1/N_1$	$V_2/N_2$
a	1800		600			
b	3600		600			
c	3600		12000			



**f)** Her bir ölçüm için  $V_1/N_1$  ve  $V_2/N_2$  oranlarını hesaplayıp, tabloya kaydediniz. Bu iki oran birbirine eşit oluyor mu? Sonuçlarınızı yorumlayınız.

## 2. Manyetik Çiftlenim

**a)** Sinyal jeneratörünü çalıştırınız, **2kHz**'lik  $V_{RMS}=5V$  olan sinüs sinyali üretecek şekilde ayarlayınız, voltaj ölçümü için multimetre kullanınız (Sinyal jeneratörünün ve multimetrenin kullanımı için Deney kitapçığının **Temel Kavramlar** kısmına bakınız),

**b)** Bobinleri ayrı ayrı sinyal jeneratörüne bağlayarak  $V_{11}$  ve  $V_{22}$  değerlerini ölçünüz ve Tabloya kaydediniz.

**c)** 1.bobini sinyal jeneratörüne, 2.bobini multimetreye bağlayarak  $V_{21}$  voltajını, daha sonra 2.bobini sinyal jeneratörüne ve 1.bobini multimetreye bağlayarak  $V_{12}$  değerini ölçünüz ve Tabloya kaydediniz.

**d)** Bulduğunuz  $V_{11}$ ,  $V_{22}$ ,  $V_{12}$  ve  $V_{21}$  değerlerini kullanarak  $k$  çiftlenim katsayısını hesaplayınız, sonucunuzu yorumlayınız.

**e)** Sinyal jeneratörünün frekansını sırasıyla **4kHz** ve **8kHz** yaparak **(b)** ve **(c)** şıklarındaki ölçümleri tekrarlayınız, değerlerinizi aşağıdaki Tabloya kaydediniz.  $V_{12}/V_{22}$  ve  $V_{21}/V_{11}$  oranları sabit kalıyor mu? Sonuçlarınızı yorumlayınız.

Frekans	$V_{11}$	$V_{22}$	$V_{21}$	$V_{12}$	$k$	$V_{12}/V_{22}$	$V_{21}/V_{11}$
2kHz							
4kHz							
8kHz							

**Deneyiniz bittiğinde ölçüm aletlerini, güç kaynağını ve masanın elektrik şalterlerini kapatınız.**

**Deney masanızı ve sandalyeleri düzgün bir şekilde bırakarak laboratuvarı terk ediniz.**

## DENEY-6

## Seri RC, RL ve RLC Devreleri

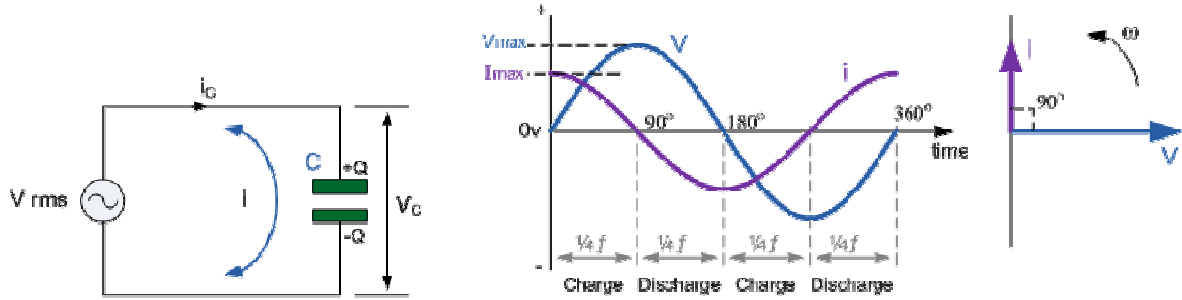
**Deneyin Amacı:** Alternatif akım ve alternatif voltaj hakkında bilgi sahibi olmak, alternatif akım devrelerinin nasıl analiz edildiğini öğrenmek, kondansatör ve indüktör hakkında bilgi sahibi olmak, empedans kavramını öğrenmek.

**Teorik Bilgi:**

Doğru akıma göre daha kolay ve daha ucuz üretildiği için, uzak mesafelere taşınırken daha az enerji kaybı olduğu için, teknolojiye ve günlük hayatta daha çok alternatif akım (AC) ve alternatif akım devreleri kullanılır. Alternatif akım, gerektiğinde doğrultucular yardımıyla doğru akıma (DC) dönüştürülebilir.

Direnç, kondansatör ve indüktörün alternatif akım devresindeki davranışları aşağıda özetlenmiştir:

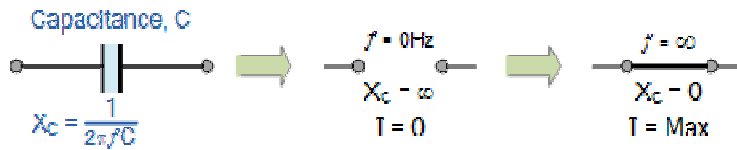
- a)  $R$  direncine AC gerilim uygulandığında içinden geçen akım uygulanan gerilimle aynı fazdadır.
- b)  $C$  kondansatörüne AC gerilim uygulandığında kondansatör içinden geçen akım  $90^\circ$  faz açısı ile öndedir veya gerilim akımdan  $90^\circ$  geridedir (Şekil 1):  $V_C = V_{max} \sin(\omega t)$  ve  $i_C = i_{max} \sin(\omega t + 90)$ .



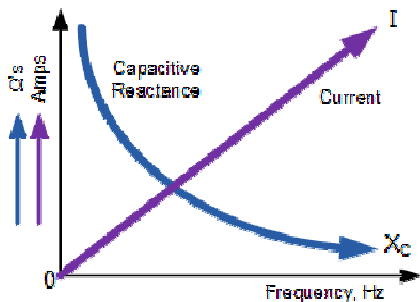
Şekil 1. AC devresinde kondansatör

Bununla birlikte, bir kondansatörün alternatif akım devresinde gösterdiği dirence **kapasitif reaktans** ( $X_C$ ) denir,  $\Omega$  birimiyle ölçülür ve alternatif akımın frekansına bağlıdır:

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{\omega C}, V = IX_C, Q = CV_C \text{ ve } i_C = \frac{dQ}{dt}$$

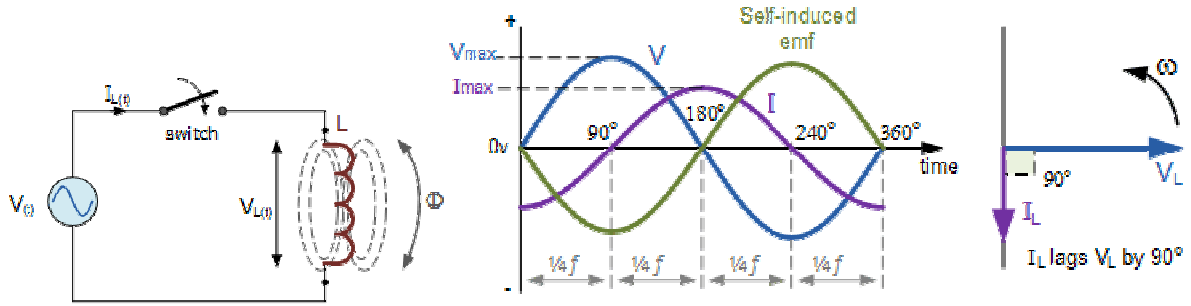


Frekans sıfır ise,  $X_C \rightarrow \infty$  olur ve kondansatör üzerinden akım geçmez. Frekans çok büyükse ( $f \rightarrow \infty$ ),  $X_C = 0$  olur ve kondansatör üzerinden geçen akım maksimum olur.  $X_C$ 'nin frekans bağımlılığı Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Kapasitif reaktansın frekansla değişimi.

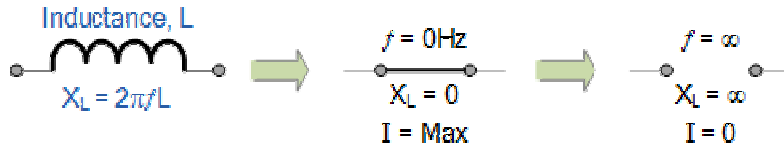
c)  $L$  indüktörüne AC gerilim uygulandığında indüktör içinden geçen akım  $90^\circ$  faz açısı ile geridedir veya gerilim akımdan  $90^\circ$  ileridedir (Şekil 3):  $V_L = V_{max}\sin(\omega t)$  ve  $i_L = i_{max}\sin(\omega t - 90^\circ)$ .



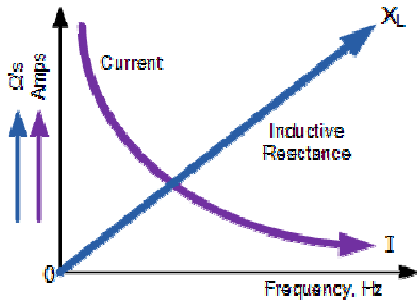
Şekil 3. AC devresinde indüktör

Bununla birlikte, bir indüktörün alternatif akım devresinde gösterdiği dirence **indüktif reaktans** ( $X_L$ ) denir,  $\Omega$  birimiyle ölçülür ve alternatif akımın frekansına bağlıdır:

$$X_L = 2\pi fL = \omega L, V = IX_L, V_L = L \frac{di}{dt}$$



Frekans sıfır ise,  $X_L = 0$  olur ve indüktör üzerinden geçen akım maksimum olur. Frekans çok büyükse ( $f \rightarrow \infty$ ),  $X_L \rightarrow \infty$  olur ve indüktör üzerinden geçen akım sıfır olur.  $X_L$ 'nin frekans bağımlılığı Şekil 4'de verilmiştir.

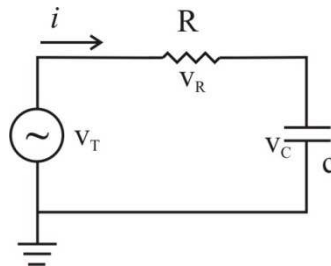


Şekil 4. İndüktif reaktansın frekansla değişimi.

Yukarıda tanıtılan devre elemanları farklı şekillerde biraraya getirilerek değişik türde devreler oluşturulabilir. Bu deney kapsamında, seri RC, RL ve RLC devreleri ile ilgilenilecektir.

### A. SERİ RC DEVRESİ

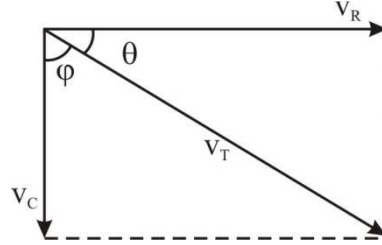
Bir seri RC devresi Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Seri RC devresi

## Deney 6. Seri RC, RL ve RLC Devreleri

Toplam voltaj  $V_T$ ,  $V_R$  ve  $V_C$  zamanla değıştiklerinden onların aritmetik toplamı alınarak hesaplanamaz. Toplam voltajın bulunması için her bir devre elemanının gerilimi bir vektör (fazör) gibi düşünülür ve gerilimi temsil eden vektörün büyüklüğü gerilim değeriyle doğru orantılıdır: 1volt'luk gerilim 1br'lik vektörle temsil ediliyorsa, 3volt'luk gerilim 3br'lik vektörle temsil edilir. *Gerilimleri temsil eden vektörlerin toplamı devrenin toplam geriliminin genliğini verir.* Seri RC devresi için, kondansatörün geriliminin  $90^\circ$  geride olduğu dikkate alındığında Şekil 6'daki gibi bir vektör/fazör diyagramı oluşur.



Şekil 6. Seri RC devresi için vektör diyagramı

Bu diyagramdan, toplam gerilimin genliği

$$V_T = \sqrt{V_R^2 + V_C^2}$$

olur. Giriş voltajı ve direnç voltajı arasındaki faz açısı,

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{V_C}{V_R} \right)$$

Benzer şekilde giriş voltajı ve kondansatör voltajı arasındaki faz açısı,

$$\phi = \tan^{-1} \left( \frac{V_R}{V_C} \right)$$

dır. Diğer taraftan, **kondansatörün alternatif akıma karşı gösterdiği direnç**  $X_C = 1/2\pi fC$  formülüyle hesaplanır. O zaman, kondansatörün direnci hesaplanabildiğine göre doğru akım devrelerinde olduğu gibi toplam direnç hesabı yapılabilir. Alternatif akım devresinin toplam direncine **empedans** denir ve genelde **Z** ile gösterilir. Seri RC devresi için empedans,

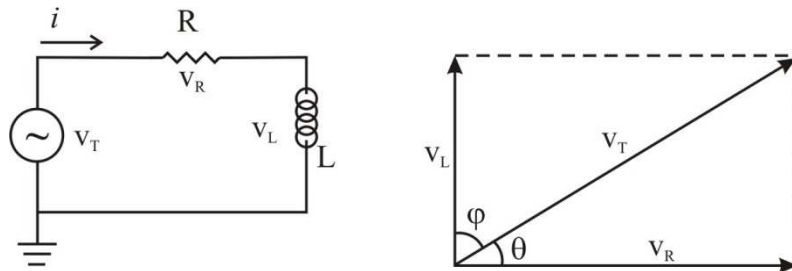
$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

dır. Toplam direnç ve toplam gerilim bilindiğine göre, o zaman, seri koldaki akım OHM kanunu yardımıyla bulunabilir:

$$V = IZ$$

### B. SERİ RL DEVRESİ

Bir seri RL devresi ve vektör diyagramı Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Seri RL devresi ve vektör diyagramı

Toplam gerilimin genliği

$$V_T = \sqrt{V_R^2 + V_L^2}$$

olur. Giriş voltajı ve direnç voltajı arasındaki faz açısı,

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{V_L}{V_R} \right)$$

Benzer şekilde giriş voltajı ve indüktör voltajı arasındaki faz açısı,

$$\varphi = \tan^{-1} \left( \frac{V_R}{V_L} \right)$$

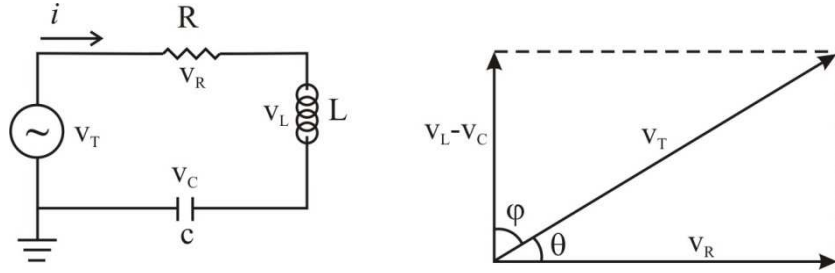
dır. Diğer taraftan, **indüktörün alternatif akıma karşı gösterdiği direnç**  $X_L = 2\pi fL = \omega L$  formülüyle hesaplanır. Seri RL devresinin empedansı,

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

dır.

### C. SERİ RLC DEVRESİ

Bir seri RLC devresi ve vektör diyagramı Şekil 8'de gösterilmiştir.



**Şekil 8.** Seri RLC devresi

Toplam gerilimin genliği

$$V_T = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$$

olur. Giriş voltajı ve direnç voltajı arasındaki faz açısı,

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{V_L - V_C}{V_R} \right)$$

Benzer şekilde giriş voltajı ve indüktör voltajı arasındaki faz açısı,

$$\varphi = \tan^{-1} \left( \frac{V_R}{V_L - V_C} \right)$$

dır. Seri RLC devresinin empedansı,

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

ile bulunur.

**Deneyin Yapılışı****1. Seri RC devresi**

Şekil 5'teki devreyi kurunuz:  $R=62\Omega$  ve  $C=2.2\mu F$ . Sinyal üreticini açınız ve  $1kHz$ 'lik bir sinyal üretmesini sağlayınız: RANGE kısmında  $\times 1K$  butonuna basınız ve dijital ekranda  $1.00$  görene kadar frekans ayar düğmesini (sol taraftaki yuvarlak düğme) çeviriniz. Sinyalin tepe-tepe genliğini  $15V$  olacak şekilde ayarlayınız: osiloskobu açınız ve **CH1**'e ait Volt/div çarpanını  $5$  yapınız ve sinyal üreticinin genlik ayar düğmesini (**AMPLITUDE**, en sağdaki düğme) osiloskop ekranındaki sinyalin tepe-tepe yüksekliği  $3$  birim olana kadar yavaşça çeviriniz.

**a)** Multimetreyi alınız ve alternatif voltaj ölçebilmek için kontrol anahtarını **V~ (bazı multimetrelerde ACV)** kısmına çeviriniz ve devrenin toplam voltajını ( $V_T$ ) ölçüp, kaydediniz.

$$V_T = \dots\dots$$

**b)** Multimetreyi kullanarak, direnç üzerindeki voltajı ( $V_R$ ) ölçünüz ve kaydediniz.

$$V_R = \dots\dots$$

**c)** Multimetre kullanarak, kondansatör üzerindeki voltajı ( $V_C$ ) ölçünüz ve kaydediniz.

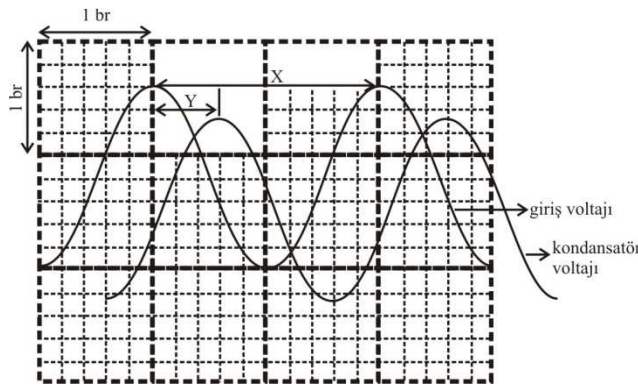
$$V_{CL} = \dots\dots$$

**d)** Ölçtüğünüz  $V_R$  ve  $V_C$  değerlerini kullanarak  $V_T$ 'yi hesaplayınız ve ölçtüğünüz değerle karşılaştırınız.

**e)** Ölçtüğünüz  $V_R$  ve  $V_C$  değerlerini teori kısmındaki ifadede yerine yazarak, giriş voltajı ve kondansatör voltajı arasındaki faz açısını ( $\phi$ ) hesaplayınız.

**f)** İkinci bir osiloskop kablosu alınız ve kondansatörün kolları arasına bağlayarak, kondansatör üzerindeki voltajı osiloskop ekranından gözleyiniz. Kondansatör voltajı toplam gerilimden önde midir, geride midir?

**g)** Osiloskop ekranında iki sinyal göreceksiniz (Şekil 9). Giriş sinyali için ardışık iki tepe arasının yatayda kaç birim olduğunu okuyunuz ve bunu **X** ile gösteriniz. Giriş sinyalinin tepesi ve kondansatör sinyalinin tepesi arasında kaç birim olduğunu okuyunuz ve bunu **Y** ile gösteriniz (Şekil 5).  $360 \times Y/X$  ifadesini kullanarak faz açısını hesaplayınız, **e)** şıkında bulduğunuz değerle karşılaştırınız.



**Şekil 9.**

**h)** Multimetreyi alınız ve devrenin ana kolundaki akımı ölçebilmek için kontrol anahtarını **A~ (bazı multimetrelerde ACA)** kısmına çeviriniz, uygun bağlantıları yaparak akımı ölçünüz ve kaydediniz.

$$I = \dots\dots$$

**i)** Giriş voltajının frekansını ( $f=1\text{kHz}$ ), kondansatörün sığasını ( $C=2.2\mu\text{F}$ ) yerine yazarak  $X_C$ 'yi hesaplayınız.  $R$ 'nin değerini de kullanarak devrenin empedansını hesaplayınız.

**j)** Ölçtüğünüz  $V_T$  değerini, empedans değerine bölerek devreden geçen akımı hesaplayınız ve ölçtüğünüz değerle karşılaştırınız.

$$X_C = \dots$$

$$Z = \dots$$

$$I = V_T / Z = \dots$$

## 2. Seri RL Devresi

Şekil 7'deki devreyi kurunuz. Sinyal üretici önceki aşama ile aynı olacaktır: **1kHz**'lik 15V tepe-tepe genlikli bir sinyal üretecektir.

**a)** Multimetreyi alınız ve devrenin toplam voltajını ( $V_T$ ) ölçüp, kaydediniz.

$$V_T = \dots$$

**b)** Multimetreyi kullanarak, direnç üzerindeki voltajı ( $V_R$ ) ölçünüz ve kaydediniz.

$$V_R = \dots$$

**c)** Multimetre kullanarak, indüktör üzerindeki voltajı ( $V_L$ ) ölçünüz ve kaydediniz.

$$V_L = \dots$$

**d)** Ölçtüğünüz  $V_R$  ve  $V_L$  değerlerini kullanarak  $V_T$ 'yi hesaplayınız ve ölçtüğünüz değerle karşılaştırınız.

**e)** Ölçtüğünüz  $V_R$  ve  $V_L$  değerleri yardımıyla, giriş voltajı ve indüktör voltajı arasındaki faz açısını ( $\phi$ ) hesaplayınız.

**f)** İkinci bir osiloskop kablosu alınız ve indüktörün kolları arasına bağlayarak, indüktör üzerindeki voltajı osiloskop ekranından gözleyiniz. İndüktör voltajı toplam gerilimden önde midir, geride midir?

**g)** Giriş sinyalinin tepesi ve indüktör sinyalinin tepesi arasında kaç birim olduğunu okuyunuz ve aralarındaki faz açısını hesaplayınız, **e)** şıkında bulduğunuz değerle karşılaştırınız.

**h)** Multimetreyi alınız ve devrenin ana kolundaki akımı ölçebilmek için kontrol anahtarını **A~ (bazı multimetrelerde ACA)** kısmına çeviriniz, uygun bağlantıları yaparak akımı ölçünüz ve kaydediniz.

$$I = \dots$$

**i)** Ölçtüğünüz  $V_T$  değerini, akım değerine bölerek devrenin empedansını hesaplayınız. Teori kısmında verilen empedans bağıntısını ve bilinen  $R$  değerini kullanarak öncelikle  $X_L$ 'yi, daha sonra da bobinin  $L$  katsayısını hesaplayınız.

$$Z = V_T / I = \dots$$

$$X_L = \dots$$

$$L = \dots$$

**3. Seri RLC Devresi**

Şekil 8'deki devreyi kurunuz. Sinyal üretici önceki aşama ile aynı olacaktır: **1kHz**'lik 15V tepe-tepe genlikli bir sinyal üretecektir.

**a)** Multimetreyi alınız ve devrenin toplam voltajını ( $V_T$ ) ölçüp, kaydediniz.

$V_T = \dots\dots$

**b)** Multimetreyi kullanarak, direnç üzerindeki voltajı ( $V_R$ ) ölçünüz ve kaydediniz.

$V_R = \dots\dots$

**c)** Multimetre kullanarak, indüktör üzerindeki voltajı ( $V_L$ ) ölçünüz ve kaydediniz.

$V_L = \dots\dots$

**d)** Multimetre kullanarak, kondansatör üzerindeki voltajı ( $V_C$ ) ölçünüz ve kaydediniz.

$V_C = \dots\dots$

**e)** Ölçtüğünüz  $V_R$ ,  $V_L$  ve  $V_C$  değerlerini kullanarak  $V_T$ 'yi hesaplayınız ve ölçtüğünüz değerle karşılaştırınız.

**f)** Multimetreyi alınız ve devrenin ana kolundaki akımı ölçebilmek için kontrol anahtarını **A~ (bazı multimetrelerde ACA)** kısmına çeviriniz, uygun bağlantıları yaparak akımı ölçünüz ve kaydediniz.

$I = \dots\dots$

**g)** Giriş voltajının frekansını ( $f=1\text{kHz}$ ), indüktörün değerini ve kondansatörün değerini yerine yazarak  $X_C$  ve  $X_L$ 'yi hesaplayınız. R'nin değerini de kullanarak devrenin empedansını hesaplayınız.

**h)** Ölçtüğünüz  $V_T$  değerini, empedans değerine bölerek devreden geçen akımı hesaplayınız ve ölçtüğünüz değerle karşılaştırınız.

$X_C = \dots\dots$

$X_L = \dots\dots$

$Z = \dots\dots$

$I = V_T / Z = \dots\dots$

**4. RLC Devresinde Rezonans**

**a)** Şekil 8'deki devreyi kurunuz. Sinyal üretici önceki aşama ile aynı olacaktır: **1kHz**'lik 15V tepe-tepe genlikli bir sinyal üretecektir. Bir Multimetre alınız ve ana koldaki akımı ölçecek şekilde devreye bağlayınız. Giriş frekansının aşağıdaki tabloda verilen değerleri için akımı okuyunuz ve değerlerinizi tabloya kaydediniz.

Frekans	Akım	Frekans	Akım
200		1400	
400		1600	
600		1800	
800		2000	
1000		2200	
1200		2400	

**Ölçümlerinizi bittiğinde ölçüm aletlerini, güç kaynağını ve masanın elektrik şalterlerini kapatınız.**

---



**b)** Frekansa karşı akım grafiğini çiziniz. Sonucunuzu yorumlayınız.

**Açıklama:** Bilindiği üzere  $X_L$  ve  $X_C$  değerleri frekans bağımlıdır. Frekans değeri değiştirilerek  $X_L$  ve  $X_C$  değerleri aynı yapılabilir, bu durumda devrenin empedansı azalır ve akım maksimum olur. Bu olaya RLC devresinde **rezonans** denir.

***Deney masanızı ve sandalyeleri düzgün bir şekilde bırakarak laboratuvarıdan çıkınız.***

## DENEY-7

## COULOMB TERAZİSİ

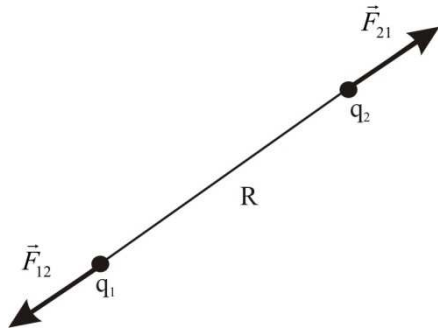
**Deneyin Amacı:** Yüklü iki küre arasındaki kuvvetin özelliklerini araştırmak. Logaritmik grafik çizmeyi ve değerlendirmeyi öğrenmek.

**Teori :**

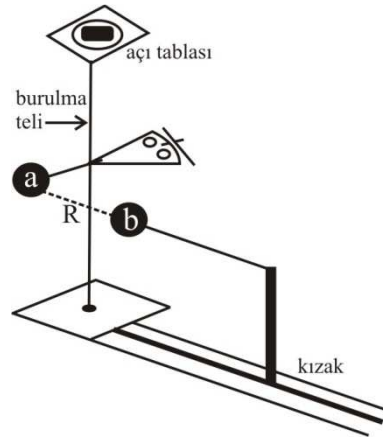
Coulomb 1785'de yüklü, durgun iki parçacık arasındaki etkileşmeyi veren temel elektrik kuvveti ifade etmeyi başarmıştır. Coulomb kanununa göre aralarında  $R$  uzaklığı bulunan yükü arasındaki elektriksel kuvvet,

$$\vec{F} = k \frac{q_1 q_2}{R^2} \hat{r}$$

ile verilir. Burada  $k$  Coulomb sabitidir ( $k = 8.9875 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ ).

**Şekil 1.**

Durgun yüklerin oluşturduğu elektriksel kuvvet

**Şekil 2.** Coulomb terazisi deney düzeneği

Coulomb kanununu doğrulamanın deneysel yöntemlerinden biri **Coulomb burulma terazisi** deneyidir. Coulomb terazisinin basit bir gösterimi Şekil 2'de verilmiştir. **a** ve **b** küreleri aynı yük ile yüklendiğinde, Coulomb kuvvetinden dolayı **a** küresi burulma telinin etrafında  $\theta$  açısı kadar döner. Şekilde açı tablası olarak gösterilen üst kısımda açı ölçer vardır ve dönme açısının ölçülmesi için kullanılır. Deney düzeneği ileriki sayfalarda detaylı olarak anlatılacaktır.

Yüklü küreler arasındaki Coulomb kuvvetinden dolayı **a** küresi tel etrafında  $\theta$  açısı kadar döndüğünde, burulma telindeki geri çağırıcı  $\tau$  torkunun büyüklüğü küreler arasındaki  $F$  kuvvetinin büyüklüğü ile doğru orantılıdır. Dolayısı ile tork'un büyüklüğü,

$$\tau = FL$$

$$\tau = \mathcal{K}\theta$$

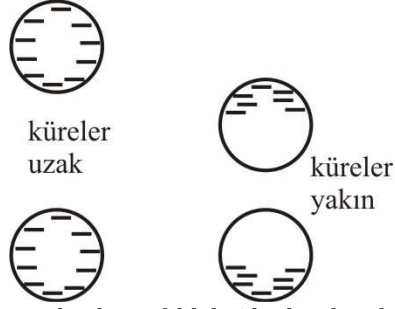
ifadeleri ile verilir. Burada  $L$ , **a** küresinin merkezinden burulma teline olan uzaklıktır ve değerini bilmek deney için gerekli değildir,  $\mathcal{K}$  orantı sabitidir. Sonuç olarak, bu iki ifade yardımıyla, yüklü küreler arasındaki Coulomb kuvveti deneysel olarak ölçülebilen  $\theta$  açısı ile doğru orantılı olur:

$$\theta = \frac{FL}{\mathcal{K}} = k \frac{q_1 q_2}{R^2} \frac{L}{\mathcal{K}}$$

orantı sabiti  $\alpha$  ile gösterilirse

$$\theta = \alpha \frac{1}{R^2}$$

yazılır. Coulomb Kanunu nokta yükler için geçerlidir. Coulomb terazisindeki yüklü küreler aralarındaki uzaklık küçük olduğunda nokta yük gibi kabul edilemezler. Yükler normal durumda kürelerin yüzeyine dağılmıştır, ancak küreler birbirine yaklaştırıldığında yükler kürelerin diğer uçlarına doğru hareket etmeye başlarlar. Bu durumda kürelerin merkezleri arasındaki uzaklık yük merkezleri arasındaki uzaklığa eşit değildir.



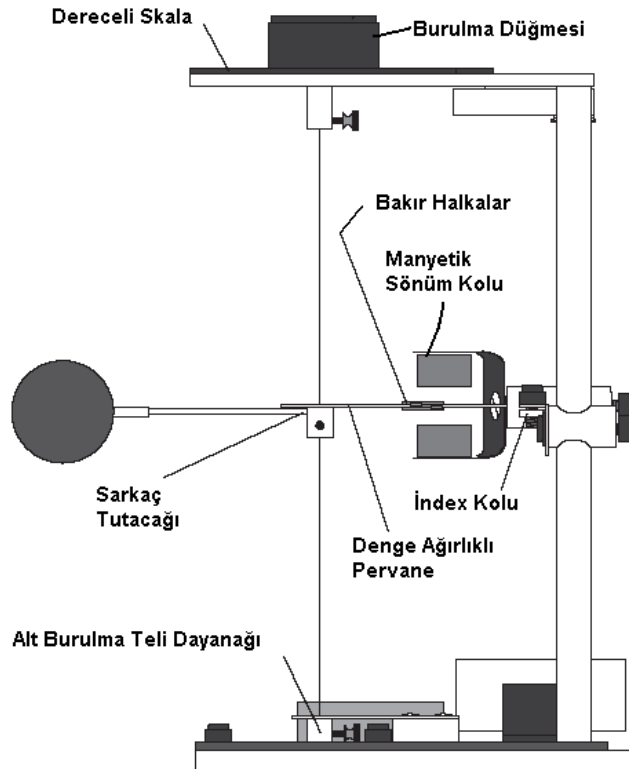
**Şekil 3.** Kürelerde uzaklık bağı olarak yük dağılımı.

Bu durumda küçük mesafeler için Coulomb yasasına bir düzeltme terimi eklenmelidir. Bu düzeltme terimi,

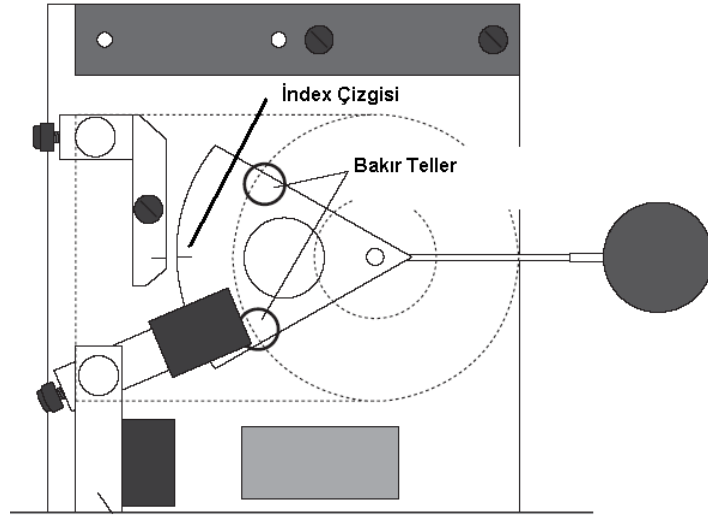
$$B = 1 - 4 \frac{a^3}{R^3}$$

ifadesi ile verilir. Burada  $a=1.4$  cm olup kürenin yarıçapıdır. Deney düzeneği göz önüne alındığında bu düzeltme terimi  $\theta$  burulma açısına uygulanır, düzeltilmiş burulma açısı ölçülen normal açı değerleri bu düzeltme çarpanına bölünerek bulunur:  $\theta_{\text{düzeltilmiş}} = \theta / B$ .

Şekil 4 ve Şekil 5'te deneysel düzeneğin şeması ana hatları ile verilmiştir. Her bir elemanı inceleyiniz.



**Şekil 4.** Burulma Terazisinin Şeması



**Şekil 5.** İndeks çizgilerinin ayarlanması

Bu deneyde düşük akımlı yüksek gerilim güç kaynağı kullanılmaktadır ve deneysel düzenek hassas dış etkilere duyarlı kısımlardan oluşmaktadır. Bu nedenle kendi güvenliğiniz ve cihazın güvenliği için dikkatli olmalısınız.

**Deney yapılırken dikkatli olunması gereken hususlar şunlardır:**

- 1) Deneye gelirken yün giysileri tercih etmeyin. Metal saat, bilezik gibi aksesuarları deney yaparken çıkarınız.
- 2) Deney düzeneğinin en hassas kısmı burulma telidir. Bu tele dokunmayınız. Deney masasına da çok temas etmeyiniz, masadan kaynaklanan sarsıntılar düzeneğin kararlılığını bozabilir ve düzgün ölçümler alınmasına engel olabilir.
- 3) Kürelere yüksüz olsalar dahi dokunmayın (Şekil-6). Kirli yüzeyli kürelerde hassasiyet azalmaktadır.



**Şekil 6.** Deney esnasında dikkat edilecek hususlar

- 4) *Yüksek gerilim güç kaynağını kullanmadığınız zamanlarda kapalı tutunuz. Probu kullanırken aşağıdaki şekilde verildiği gibi tutunuz, metal kısmına asla dokunmayınız!*

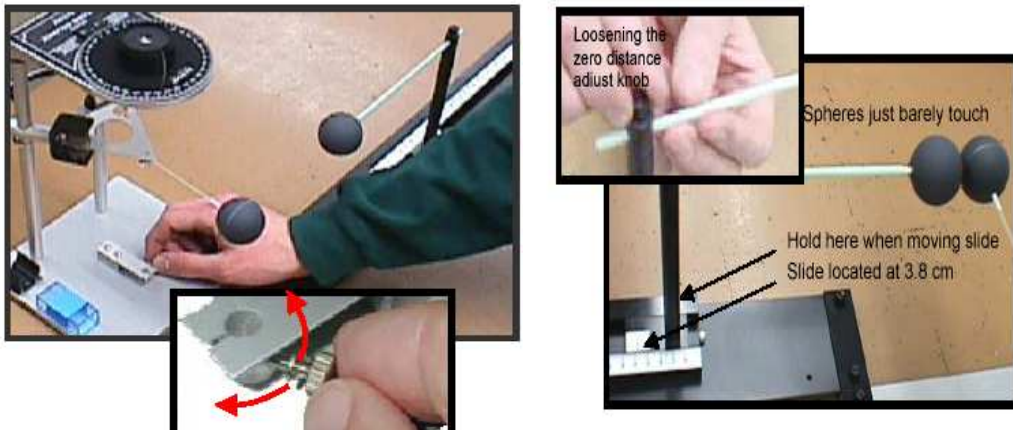


Şekil 7. Yüksek gerilim güç kaynağı, yükleme ve topraklama problemleri.

#### Burulma Terazisinin Ayarlanması

(Not: Deneyel sistem kurulu haldedir. Bu başlık altında verilen bilgiler öğrencinin deney öncesi deney tertibatı hakkında ön bilgi edinmesi amaçlıdır. )

1. İndeks kolunu burulma terazisinin tabanı ile paralel ve pervane kanadı ile aynı yükseklikte olacak şekilde yerleştiriniz.
2. Manyetik sönüm kolunun yüksekliğini denge ağırlıklı pervane kanadı, manyetik sönümleyiciler arasındaki yolun ortasında olacak şekilde ayarlayınız.
3. Burulma düğmesini dereceli skala için indeks çizgisinin sıfır derece işareti ile aynı hizaya gelene kadar çeviriniz (Şekil 8).
4. Alt burulma teli dayanağını, denge ağırlıklı pervane kanadı üzerindeki indeks çizgisi indeks kolundaki çizgi ile aynı hizaya gelene kadar döndürünüz).
5. Hareketli kürenin konumunu 3.8 cm'ye getiriniz ve küre kolunun uzunluğunu iki küre hemen hemen temas halinde olacak şekilde ayarlayınız.



Şekil 8. Hareketli kürenin ve indeks çizgilerinin ayarlanması

**Deneyin Yapılışı:**

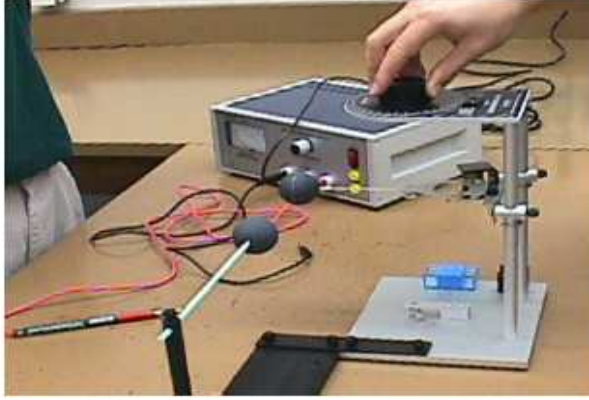
**Uzaklığa Bağlı Olarak Kuvvet**

1. Coulomb Terazisini bir önceki bölümde açıklandığı gibi kurunuz.
2. Topraklı probu her iki küreye dokundurarak, yüklerinin tamamen boşaldığından emin olun.



**Şekil 9.** Kürelerdeki yükün boşaltılması (topraklama)

Kızak üzerindeki küreyi asılı küreden mümkün olduğunca uzağa hareket ettiriniz. Burulma kadranını sıfır dereceye getiriniz.



**Şekil 10.** Deneyel düzenek

Sarkaç tertibatı indeks işaretlerince belirtildiği gibi sıfır yer değiştirme pozisyonuna gelene kadar alt burulma teli dayanağını uygun bir şekilde çevirerek burulma terazisini sıfırlayınız.

3. Kayan küreyi **30 cm**'lik bir pozisyona yerleştiriniz. Bu durumda her iki küreyi (önce asılı küre) yükleme probunu kullanarak **4 kV**'lık bir potansiyel ile yükleyiniz.



**Şekil 11.** Kürelerin yüklenmesi

**Küreleri yükledikten hemen sonra güç kaynağını kapatınız!!!**

4. Kayan küreyi diğer küreye yaklaştırarak, denge konumundan belirli bir miktar sapma gözleyiniz. Küreyi tekrar dengelemek için burulma kadranını yavaşça çevirip, açı değerini bulunuz, Uzaklık (R) ve açığı ( $\theta$ ) Tablo 1'e kaydediniz.
5. 14, 10, 9, 8, 7, 6 ve 5 cm.ler için veya [20-5] cm aralığındaki uygun uzaklık değerleri için her defasında küreyi dengeye getirerek en az 7 ölçüm yapınız, verilerinizi Tabloya kaydediniz.

Kuvvet (burulma açısı ( $\theta$ ) ile orantılıdır) ile uzaklık ( $R$ ) arasındaki fonksiyonel ilişkiyi belirleye çalışınız. Bu amaçla aşağıdaki grafikleri çiziniz.

1. Öncelikle  $1/R$  ve  $1/R^2$  değerlerini hesaplayınız ve Tablo 1'e kaydediniz.  $\theta-R$ ,  $\theta-1/R$  ve  $\theta-1/R^2$  grafiklerini çiziniz. Bu grafikleri analiz ediniz ve kuvvetin uzaklıkla nasıl ilişkili olduğunu tahmin ediniz (**İpucu:** grafik düz bir çizgi olursa fonksiyon bulunmuş olur).
2. Sonucunuzu test etmek için  $\log(R)$ 'ye karşı  $\log(\theta)$ 'nın grafiğini çiziniz, niçin logaritmik bir grafiğe ihtiyaç duyulduğunu açıklayınız.

**Açıklama:** Eğer  $\theta = \alpha R^n$  formunda ise ( $\alpha$  ve  $n$  bilinmeyen sabitlerdir)  $\log(\theta) = n \log(R) + \log(\alpha)$  olacaktır.  $\log(R)$ 'ye karşı  $\log(\theta)$ 'nın grafiğinin eğimi düz bir çizgi olacaktır. Bu grafiğin eğimi  $n$ 'ye ve y eksenini kestiği nokta  $\log(\alpha)$ 'ya eşit olacaktır.

### Veri Düzeltmeleri

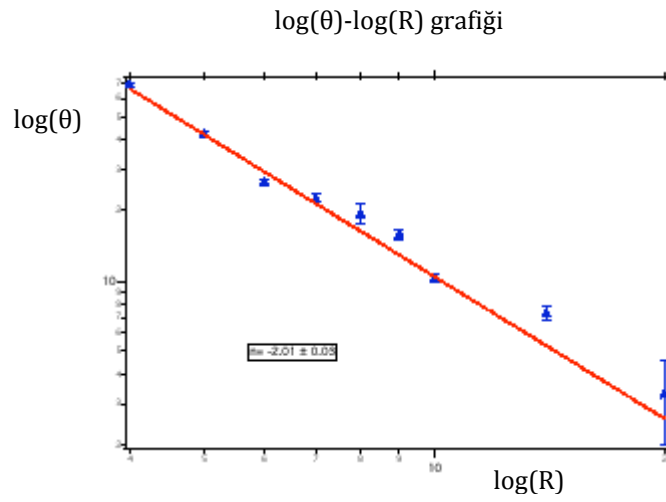
Veri düzeltmesinin neden gerekli olduğu teori kısmında ana hatları ile açıklanmıştı. Bu kısımda ise detaylı açıklama yapılacaktır. Kısa mesafelerde ters kare ilişkilerden sapmanın nedeni elektrik yüklenen kürelerin nokta yükler olmamasıdır. Yüklü iletken bir küre diğer elektrostatik etkilerden izole edilirse bir nokta yük gibi davranır. Yükler küre yüzeyinde kendilerini, yük dağıtım merkezinin tam küre merkezi olması için aynı düzeyde yayarlar. Buna karşın yüklü iki küre, kürelerin büyüklüğüne göre fazla olmayan bir uzaklıkla ayrıldığında yükler elektrostatik enerjiyi minimuma indirmek için kendilerini kürelerin üzerine yeniden yayarlar (Şekil 3). Böylece küreler arasındaki kuvvet, yüklü küreler gerçek nokta yükleriyken olduğundan daha az olur. Sapmayı düzeltmek için bir  $B$  düzeltme faktörü kullanılabilir:

$$B = 1 - 4 \frac{a^3}{R^3}$$

Burada  $a$  kürelerin yarıçapına ve  $R$  ise küreler arasındaki mesafeye eşittir.

### Verilerinizi düzeltmek için:

1. Kullandığınız her  $R$  mesafesi için  $B$  düzeltme faktörünü hesaplayınız ve sonuçlarınızı Tablo 1'e kaydediniz.
2. Ölçülen her bir  $\theta$  değerini  $1/B$  ile çarpıp sonuçlarınızı  $\theta_{\text{düzeltilmiş}}$  olarak kaydediniz.
3.  $\theta-1/R^2$  grafiğini  $\theta_{\text{düzeltilmiş}}$  değerlerini kullanarak yeniden çiziniz. Düzeltme faktörünün sonuçlarınızı nasıl etkilediğini açıklayınız?



Tablo 1. Mesafeye Bağlı Olarak Kuvvet (Veri ve Hesaplamalar )

Ölçüm	$\theta$	$R$	$1/R$	$1/R^2$	$B = 1 - 4 \frac{a^3}{R^3}$	$\theta_{\text{düzeltilmiş}}$
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						



## DENEY-8

## ELEKTRONUN ELEKTRİK VE MANYETİK ALANDA HAREKETİ

**Deneyin Amacı:** Elektronun manyetik alan ve elektrik alan içindeki hareketini gözlemek ve incelemek, Lorentz kuvveti hakkında bilgi sahibi olmak.

## Teori

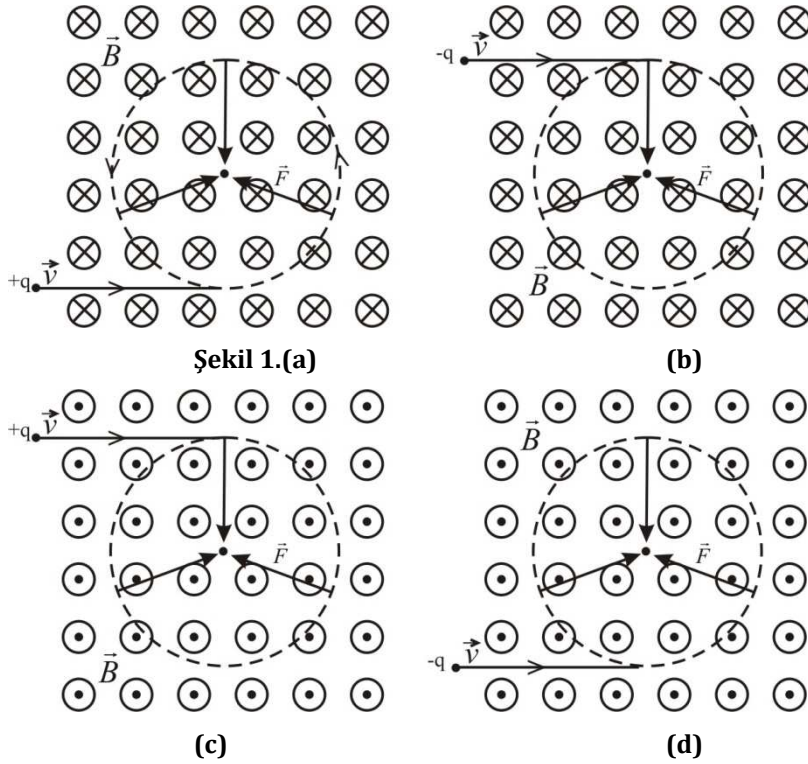
Elektron negatif (-) yüklü bir parçacıktır ve sergilediği/sahip olduğu özellikler açısından Fizik Dünyası için büyük bir öneme sahiptir. Özellikle, elektrik alan ve manyetik alan içinde gösterdiği davranışlar birçok teknolojik icadın temelini teşkil etmiştir. Bu nedenle, q yüklü bir parçacığın manyetik alandaki ve elektrik alandaki hareketlerini ayrı ayrı incelemekte yarar vardır.

## Manyetik Alanda Hareket

q yüklü bir parçacık  $\vec{v}$  hızı ile  $\vec{B}$  manyetik alanı içine girdiğinde üzerine

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

kuvveti etki eder. Kuvvet, hız vektörünün ve manyetik alan vektörünün oluşturduğu düzleme diktir ve yönü sağ el kuralıyla bulunur. Sağ el hız vektörü üzerine konulup, küçük açı yönünde manyetik alan vektörüne doğru kıvrılırsa, baş parmak kuvvetin yönünü gösterir. Hızın büyüklüğü değil yönü değiştiğinden, q yükü dairesel bir yörüngede hareket eder. q yükünün ve manyetik alanın farklı durumlarında hareketin nasıl olacağı Şekil 1.(a)-(d)'de gösterilmiştir.



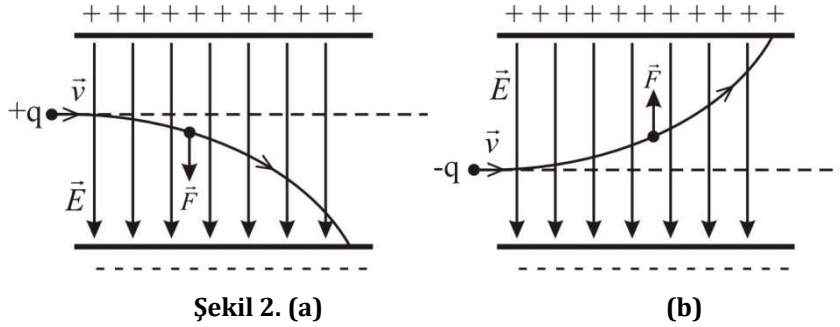
⊙ magnetik alanın sayfa düzlemine dik ve dışarı doğru olduğunu, ⊗ magnetik alanın sayfa düzlemine dik fakat içeri doğru olduğunu gösterir.

### Elektrik Alanda Hareket

$q$  yüklü bir parçacık  $\vec{E}$  elektrik alanı içine girdiğinde üzerine

$$\vec{F} = q\vec{E} \quad (2)$$

kuvveti etki eder. Pozitif yüklü parçacık için kuvvet elektrik alanla aynı yönlü (Şekil 2a), negatif yüklü parçacık için elektrik alanla zıt yönlüdür (Şekil 2b).



### Hem Manyetik Hem Elektrik Alanda Hareket

$q$  yüklü parçacık hem manyetik hem elektrik alana maruz kaldığında üzerine

$$\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B} \quad (3)$$

ile verilen *Lorentz kuvveti* etki eder.

Özel olarak, deneysel sistemin geometrisi, yani manyetik alan bobinlerinin ve elektrik alan plakalarının konumları uygun bir şekilde ayarlanarak, parçacık üzerine etkiyen manyetik kuvvetin yönü ile elektrik alandan kaynaklanan kuvvetin yönü birbirine zıt yapılabilir. Daha da ötesi, büyüklükleri de eşit yapılarak, birinin meydana getirdiği etki diğeri tarafından sıfırlanabilir. Böyle bir durumda,

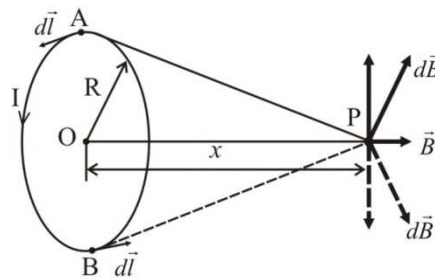
$$\vec{F}_{top} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B} = 0 \quad \rightarrow \quad qE = qvB$$

ve elektronun yörüngedeki hızı

$$v = \frac{E}{B} \quad (4)$$

olur.

### Helmholtz Bobinlerinin Manyetik Alanı



**Şekil 3.** R yarıçaplı akım halkasının merkezinden x kadar uzakta manyetik alan

Üzerinden I akımı geçen R yarıçaplı akım halkasının merkezinden x kadar uzakta manyetik alan (Şekil 3)

$$B = \frac{\mu_0 I R^2}{2(x^2 + R^2)^{3/2}} \quad (5)$$

ifadesiyle hesaplanır.  $N$  sarımlı  $2$  tane bobin varsa, bu ifade  $2N$  ile çarpılmalıdır:

$$B = \frac{N \mu_0 I R^2}{(x^2 + R^2)^{3/2}} \quad (6)$$

Bununla birlikte, maksimum manyetik alan için bobinler arası mesafe, bobinlerin yarıçapı kadar olmalıdır, yani  $x=R/2$  olmalıdır. (6) denkleminde yerine yazılırsa,

$$B = \frac{8}{\sqrt{125}} \frac{\mu_0 I N}{R} \quad (7)$$

elde edilir.

### Demet İçindeki Elektronun Hızı

$V_a$  potansiyeli farkı altında hızlandırılan bir elektron için, iş-enerji teoreminden

$$\frac{1}{2} m v^2 = e V_a$$

dır ve hız

$$v = \sqrt{2eV_a / m} \quad (8)$$

olur. Manyetik alan içindeki dairesel hareketten dolayı,

$$evB = m \frac{v^2}{r}$$

yazabiliriz ve buradan yörünge yarıçapı

$$r = \frac{mv}{eB} \quad (9)$$

olarak bulunur. (7) denkleminde manyetik alan, (8) denkleminde hız bulunursa, bu ifade yardımıyla elektron demetinin izlediği dairesel yörüngenin yarıçapı hesaplanabilir.

### Deneyin Yapılışı

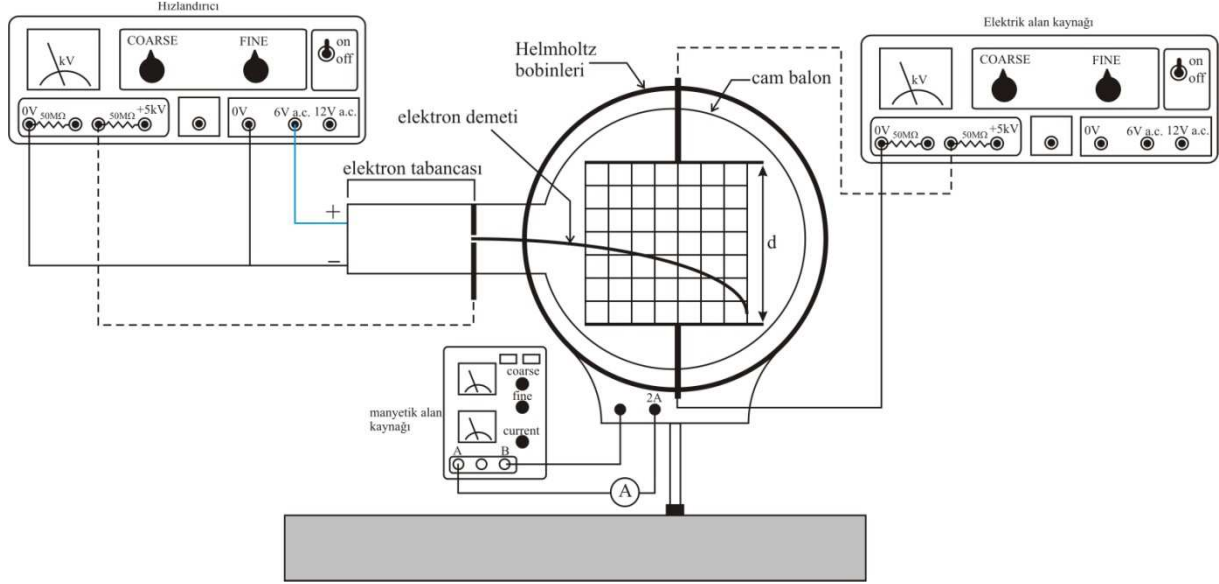
#### 1. Elektronun Manyetik Alanda Saptırılması

**a)** Deney düzeneği Şekil 6'da gösterilmiştir ve size kurulu olarak verilecektir. Düzeneği inceleyerek hangi aygıtın ve kablounun ne amaçla kullanıldığını belirleyiniz. Düzeneğinizi kontrol ettirmeden, yeterli bilgilere sahip olmadan düzeneği çalıştırmayınız.

**Dikkat:** *Düzenekte yüksek gerilim güç kaynakları mevcuttur. Açık bağlantı noktalarına kesinlikle dokunmayınız.*

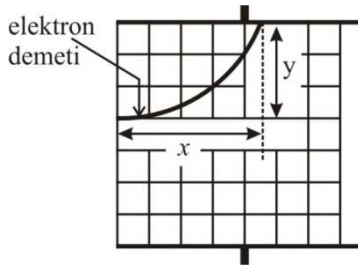
## Deney 8. Elektronun Elektrik ve Manyetik Alanda Hareketi

Deney düzeneğini çalıştırmadan önce güç kaynaklarının sıfırda olduğundan emin olunuz. Hızlandırıcı güç kaynağını açınız ve flamanın ısınması için bir süre (~30s) bekleyiniz. Güç kaynağı üzerindeki **FINE** düğmesini orta bir değere ayarlayınız. **COARSE** düğmesini yavaşça çevirerek  $V_a$  gerilimini 2000 V'a kadar artırmınız. İnce, düz ve mavi renkli bir çizgi göreceksiniz.



Şekil 6. Deney düzeneği

**b)** Manyetik alan kaynağını açınız ve onun **COARSE** düğmesini yavaşça çevirerek demet üzerine manyetik alan uygulayınız ve Şekil 7'deki gibi bir sapma elde ediniz. Ampermetre yardımıyla bobinlerden geçen akımı okuyunuz, elektron demetinin yataydaki ( $x$ ) ve düşeydeki ( $y$ ) sapma miktarlarını belirleyiniz, verilerinizi aşağıdaki Tabloya kaydediniz.



Şekil 7. Elektron demetinin sapması

$V_B$  gerilimini değiştirerek iki farklı sapma daha elde ediniz, her defasında  $I$  akımını ve  $x, y$  mesafelerini okuyarak Tabloya kaydediniz.

$V_a = \dots\dots\dots$

	Akım, $I$	$x$	$y$	Manyetik alan, $B$	Elektron hızı, $v$	Yarıçap, $R$
1						
2						
3						

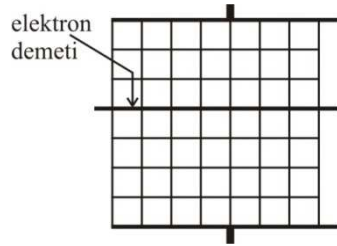
**Ölçüm alma işlemini bitirdiğinizde, voltaj değerlerini yavaşça sıfırlayarak güç kaynağını kapatınız.**

**c)** (7) denklemden manyetik alanı, (8) denklemden hızı ve (9) denklemden elektron demetinin izlediği dairesel yörüngenin yarıçapını hesaplayınız, Tabloya kaydediniz.

Elementer yük,	$e=1.6 \times 10^{-19}$ coulomb.
Elektronun kütlesi,	$m=9.1 \times 10^{-31}$ kg.
Boşluğun manyetik geçirgenliği,	$\mu_0=4\pi \times 10^{-7}$ N/A <sup>2</sup> .
Helmholtz bobinlerinin çapı,	$R=13.6$ cm.
Helmholtz bobinlerinin sarım sayısı,	$N=320$ .

## 2. Elektronun Hem Manyetik Hem Elektrik Alanda Saptırılması

a) Deneyin ilk kısmında olduğu gibi elektron demetini elde ediniz ve manyetik alanda saptırınız. Bobinlerden geçen  $I$  akımını okuyunuz,  $x$  ve  $y$  sapmalarını belirleyiniz, aşağıdaki Tabloya kaydediniz.



Şekil 8. Elektrik alan kullanarak demetteki sapmanın sıfırlanması

b)  $V_E$  gerilimini yavaşça artırarak demetin sapmasını sıfırlayınız (Şekil 8). Sıfırlanmanın hemen hemen gerçekleştiği anda  $V_E$  gerilimini okuyunuz ve Tabloya kaydediniz. Elektrik alan levhaları arasındaki  $d$  mesafesini ölçünüz.

$V_a = \dots\dots\dots$

	Akım, $I$	$x$	$y$	Manyetik alan, $B$	$V_E$	$E = V_E/d$	$v = E/B$
1							
2							
3							

c)  $V_E$  voltajını sıfırlayınız. Bobinlerden geçen  $I$  akımını değiştirerek yeni bir sapma elde ediniz.  $V_E$  voltajını artırarak demetin sapmasını sıfırlayınız, verilerinizi tabloya kaydediniz. Bu şekilde bir tekrar daha yaparak Tabloyu doldurunuz.

**Ölçüm alma işlemini bitirdiğinizde, voltaj değerlerini yavaşça sıfırlayarak açmış olduğunuz bütün güç kaynaklarını kapatınız.**

d) Deneyin ilk kısmında olduğu gibi manyetik alanı hesaplayınız. Levhalar arası mesafe bilindiğine göre, her bir ölçüm için  $E = V_E/d$  ifadesinden elektrik alanı,  $v = E/B$  ifadesinden elektronların hızını hesaplayınız ve Tabloya kaydediniz.

**SORULAR**

1. (5) denklemini türetiniz.
2. Düzeneğin her iki tarafında bulunan Helmholtz bobinlerinin aynı yönde manyetik alan oluşturduğunu nasıl anlarsınız, açıklayınız.
3. Elektron demetinin daha fazla sapması için düzenekte nasıl değişiklikler yapılmalıdır, açıklayınız.
4. Elektronların yörünge yarıçapı sapma koordinatlarına  $x, y$  bağlı olarak ifade edilebilir mi, açıklayınız
5. Elektrik alanın ve manyetik alanın yönlerini hem güç kaynaklarına hem de demetin sapmasına bağlı olarak nasıl bulabileceğinizi ifade ediniz? Deney düzeneği üzerinde tartışınız.

***Deney masanızı ve sandalyeleri düzgün bir şekilde bırakarak laboratuvarıdan çıkınız.***

## DENEY-9

## DİELEKTRİK SABİTİNİN BULUNMASI

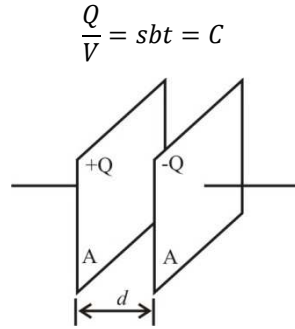
**Deneyin Amacı:** Düzlem paralel plakalı kondansatörün sığasını hesaplamak, sığanın plakalar arasındaki uzaklığa bağlı olarak nasıl değiştiğini incelemek, havanın dielektrik sabitini bulmak.

## Ön çalışma soruları

- 1) Kondansatör çeşitleri hakkında mini bir araştırma yapınız.
- 2) İletken bir levha için elektrik alanın  $E = \sigma/\epsilon_0$  olduğunu gösteriniz.
- 3) Silindirik kondansatörün sığasını hesaplayınız

## Teori

Kondansatörler, elektrik devrelerinde yük depolamak için kullanılırlar. Farklı türleri mevcuttur, burada düzlem paralel plakalı kondansatör ile ilgilenilecektir (Şekil 1). Bir kondansatörün üzerine uygulanan voltaj(V) ve üzerinde biriken yük miktarı (Q) arasında sabit bir ilişki vardır ve bu sabite sığa(C) denir.



Şekil 1. Paralel plakalı kondansatör

Sığanın birimi Farad'dır ve çok büyük bir birimdir. Pratikte, pek çok kondansatörün sığası mikrofara (1µF=10<sup>-6</sup>F) ve pikofara (1pF=10<sup>-12</sup>F) arasındadır.

$$1F = 1 C/V$$

Özel olarak, birbirinden d kadar uzakta biri +Q, diğeri -Q yükü ile yüklenmiş, plakaları A alanına sahip paralel plakalı kondansatörün sığasını hesaplayalım. Plakalar arasındaki elektrik alan, plakaların yüzeyel yük yoğunluğu  $\sigma = Q/A$  olmak üzere,

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0 A}$$

dır. Plakalar arasındaki potansiyel fark ise,

$$V = Ed = \frac{Qd}{\epsilon_0 A}$$

dır. Bu ifade düzenlenirse,

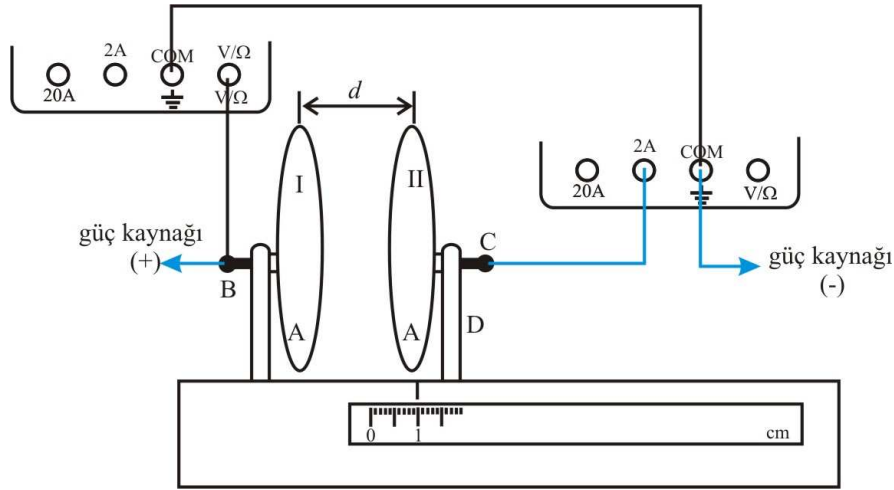
$$\frac{Q}{V} = C = \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad (1)$$

bulunur. Görüleceği gibi paralel plakalı bir kondansatörün sığası, alanıyla doğru orantılı, plakalar arasındaki mesafeyle de ters orantılıdır.

**Deneyin Yapılışı****I. Sığanın ve dielektrik sabitinin hesaplanması**

Şekil 2'deki düzeneği kurunuz. Bir osiloskop kablolarını sinyal üreticinin çıkışına (**OUTPUT**) bağlayınız, siyah (-) ucunu bir multimetrenin **COM** portuna takınız, multimetrenin **A** portunu da düzeneğin **C** noktasına bağlayınız. Multimetrenin kontrol anahtarını **A~** kısmına çeviriniz ve **200μ** kademesine getiriniz, multimetreyi açınız. Sinyal jeneratörünün kırmızı (+) ucunu düzeneğin **B** noktasına bağlayınız. Başka bir multimetre alınız, alternatif voltaj ölçecek şekilde ayarlayınız, kontrol anahtarını **V~** kısmına çeviriniz ve **20** kademesine getiriniz, **COM** portunu güç kaynağının (-) ucuna, **V/Ω** portunu da **B** noktasına bağlayınız, multimetreyi açınız. II.plakayı plastik kısımdan tutarak plakalar arası mesafeyi **1cm** yapınız.

Deney masasının elektrik anahtarlarını açınız (1 konumuna getiriniz). Sinyal jeneratörünün fişini takınız ve açınız. Sinyal üreticinden **20 kHz**'lik sinüzoidal bir sinyal elde ediniz: frekans aralığı için **×100K** düğmesine basınız, frekans ayar düğmesini dijital ekranda **20.00** görene kadar yavaşça çeviriniz. Genlik (**AMPLITUDE**) düğmesini saat yönünde sonuna kadar yavaşça çeviriniz.



**Şekil 2.** Paralel plakalı kondansatör ve deney düzeneği

**a)** Multimetreden kondansatör üzerindeki voltajı okuyunuz ve kaydediniz.

$V = \dots$

**b)** Diğer multimetreden kondansatörden geçen akımı okuyunuz ve kaydediniz.

$I = \dots$

**c)**  $X_C$  kapasitif reaktans olmak üzere,

$$V = IX_C = \frac{I}{2\pi f_{gr} C} \quad (2)$$

dır (bu denklem için Deney 6'ya bakınız). Bu denklem düzenlenirse,

$$C = \frac{I}{2\pi f_{gr} V} \quad (3)$$

elde edilir.  $f_{gr} = 20 \text{ kHz}$  olduğuna göre, (a)'da ölçtüğünüz voltaj değerini, (b)'de ölçtüğünüz akım değerini bu ifadede yerine yazarak kondansatörün sığasını hesaplayınız.

$C = \dots$



**d)** Dairesel plakanın yarıçapı  $r=10 \text{ cm}$ , plakalar arası mesafe  $d=1 \text{ cm}$  olduğuna göre, hesaplanan sığa değerini (1) denkleminde yerine yazarak havanın dielektrik sabitini hesaplayınız ve kaydediniz, ideal değeri  $\epsilon_0=8.854 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N.m}^2$  ile karşılaştırınız.

$\epsilon_0=...$

**e)** Deney setinde üç adet dielektrik malzeme mevcuttur. Bunları plakalar arasına ayrı ayrı koyarak  $d$  mesafelerini ve  $I$  akımlarını okuyunuz. Ölçümlerinizi aşağıdaki tabloya kaydediniz. (3) denklemini yardımıyla sığayı, (1) denklemini yardımıyla da kullandığınız dielektrik malzemenin dielektrik sabitini hesaplayınız. Bulduğunuz değerleri havanın dielektrik sabitine oranlayınız.

$f_{gr}= 20 \text{ kHz}$	Malzeme	$d \text{ (cm)}$	Akım, $I$	$1/d$	Sığa, $C$	Dielektik sabiti, $\epsilon$	$\epsilon/\epsilon_0$
$V=.....$	I.						
	II.						
	III.						

## II. Mesafe-sığa ilişkisinin incelenmesi

Dielektrik malzemeleri kaldırınız. Plakalar arası mesafeyi  $0.5 \text{ cm}$  yapınız. Voltajı ve akımı okuyup aşağıdaki tabloya kaydediniz. Tablodaki diğer  $d$  mesafeleri için akım değerlerini ölçerek, tabloya kaydediniz.

$f_{gr}= 20 \text{ kHz}$	$d \text{ (cm)}$	Akım, $I$	$1/d$	Sığa, $C$
$V=.....$	0.5			
	0.8			
	1.2			
	1.6			
	2.0			
	2.5			
	3.0			
	3.5			
	4.0			

**Ölçümünüz bittiğinde açık olan multimetreleri ve masanın elektrik anahtarlarını kapatınız.**

**f)** Her bir ölçüm için  $1/d$ 'yi hesaplayınız ve tabloya kaydediniz.

**g)** (3) denklemini yardımıyla, her bir  $d$  ve  $I$  için sığanın değerini hesaplayınız ve tabloya kaydediniz.

**h)**  $d$  değerleri  $x$ -ekseninde,  $C$  değerleri  $y$ -ekseninde olacak şekilde bir grafik çizin.

**i)**  $d^2$  değerleri  $x$ -ekseninde,  $C$  değerleri  $y$ -ekseninde olacak şekilde bir grafik çizin.

**j)**  $1/d$  değerleri  $x$ -ekseninde,  $C$  değerleri  $y$ -ekseninde olacak şekilde bir grafik çiziniz.

**k)** (h), (i) ve (j) adımlarında çizdiğiniz grafikleri göz önüne bulundurarak, sığanın mesafeye nasıl bağlı olduğunu ifade ediniz. (j) adımımda çizdiğiniz grafiğin eğimini hesaplayınız ve kaydediniz.

Eğim=....

**l)** A plakanın alanı olmak üzere Eğim=  $\epsilon_0 \times A$  bağıntısından, havanın dielektrik sabitini hesaplayınız (plakanın yarıçapı  $r = 10\text{cm}$ ).

$\epsilon_0 = \dots$

***Deney masanızı ve sandalyeleri düzgün bir şekilde bırakarak laboratuvarıdan çıkınız.***

## DENEY-10

## BİR KONDANSATÖRÜN YÜKLENMESİ VE BOŞALMASI

**Deneyin Amacı:** Bir kondansatörün yüklenme ve boşalma karakteristiklerini incelemek.

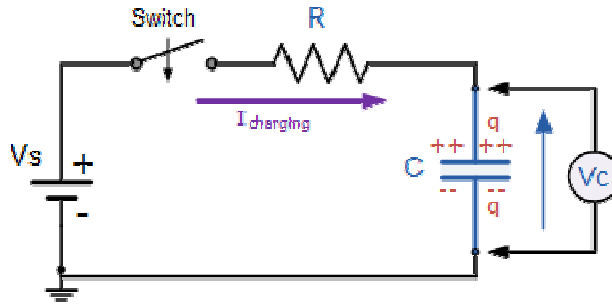
## Ön Çalışma Soruları

1. Kirchhoff ilmek kanunu hakkında bilgi veriniz.
2. Seri RC devresinde kondansatör kolları arasındaki potansiyel farkının  $V_C(t) = V_S(1 - e^{-t/RC})$  olduğunu gösteriniz.

## Teori

## 1. BİR KONDANSATÖRÜN YÜKLENMESİ

Örnek bir yükleme devresi Şekil 1'de verilmiştir, bu devre aynı zamanda bir seri RC devresidir.



Şekil 1. Kondansatörün yüklenmesi için kullanılan seri RC devresi

Bu devre için Kirchhoff yasasından,

$$V_S - Ri(t) - V_C(t) = 0$$

$$V_S - Ri(t) - Q/C = 0$$

Bu ifadenin türevi alınırsa,

$$\frac{d}{dt}(V_S - Ri(t) - Q/C) = 0 - R \frac{di}{dt} - \frac{1}{C} \frac{dQ}{dt} \Rightarrow \frac{di}{dt} = -\frac{1}{RC} i$$

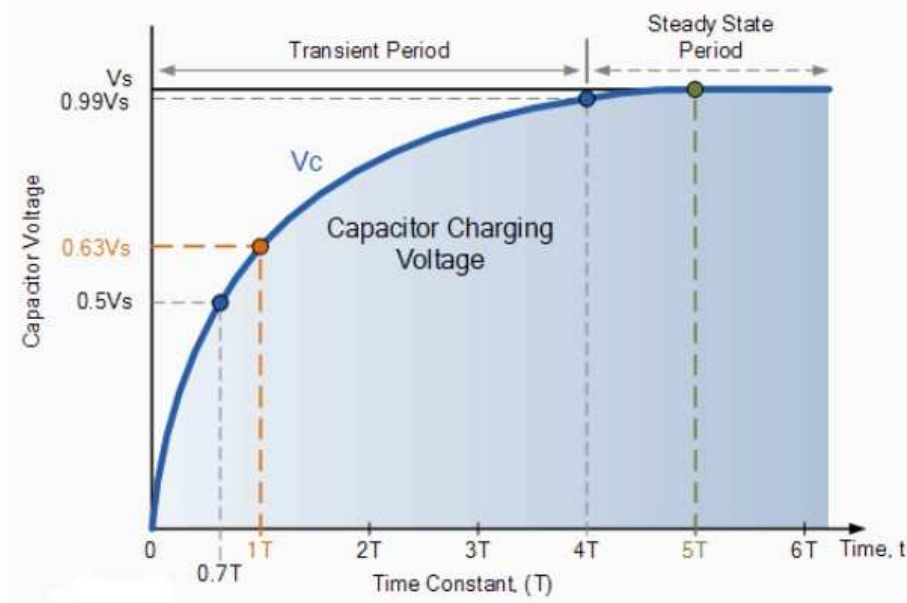
Gerekli düzenlemeler ve işlemlerden sonra, kondansatör voltajı

$$V_C(t) = V_S(1 - e^{-t/RC})$$

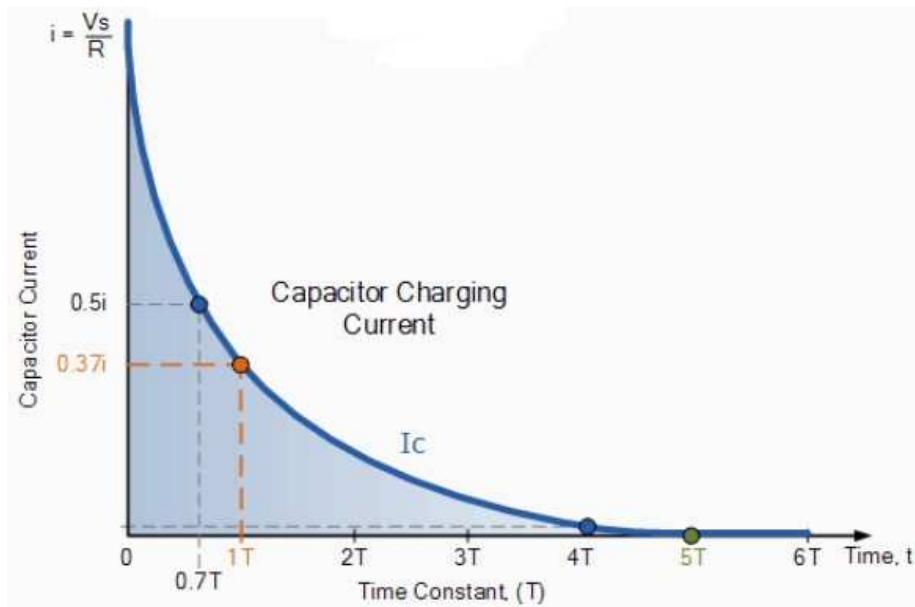
ve devredeki akım

$$i(t) = \frac{V_S}{R} e^{-t/RC}$$

olarak bulunur.  $\tau=RC$ 'ye sönüm sabiti veya zaman sabiti denir. Kondansatör voltajının ve akımının zamanla değişimi Şekil 2 ve Şekil 3'te gösterilmiştir. Şekil 2'den, **0.693** $\approx$ **0.7** $\tau$ 'luk sürede kondansatör voltajının kaynak voltajının **0.5** katına, **1** $\tau$ 'luk sürede de **0.63** katına çıktığı görülür. Süre ilerledikçe kondansatör voltajı sabitlenir ve kondansatör yüklenmiş olur.



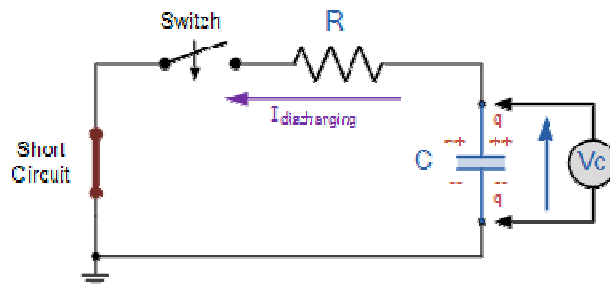
Şekil 2. Kondansatör üzerindeki potansiyel farkın zamanla değişimi.



Şekil 3. Seri RC devresinde akımın zamanla değişimi.

Şekil 3'ten,  $0.693 \approx 0.7\tau$ 'luk sürede kondansatör akımının başlangıçtaki akımın  $0.5$  katına,  $1\tau$ 'luk sürede de  $0.37$  katına düştüğü görülür. Süre ilerledikçe kondansatör akımı sıfıra gider ve kondansatör yalıtkan bir devre elemanına dönüşür.

## 2. BİR KONDANSATÖRÜN BOŞALMASI



Şekil 4. Kondansatörün boşalması için kullanılan seri RC devresi

Kondansatörün boşalmasını karakterize eden örnek bir devre Şekil 4'te gösterilmiştir. Kirchhoff yasasından,

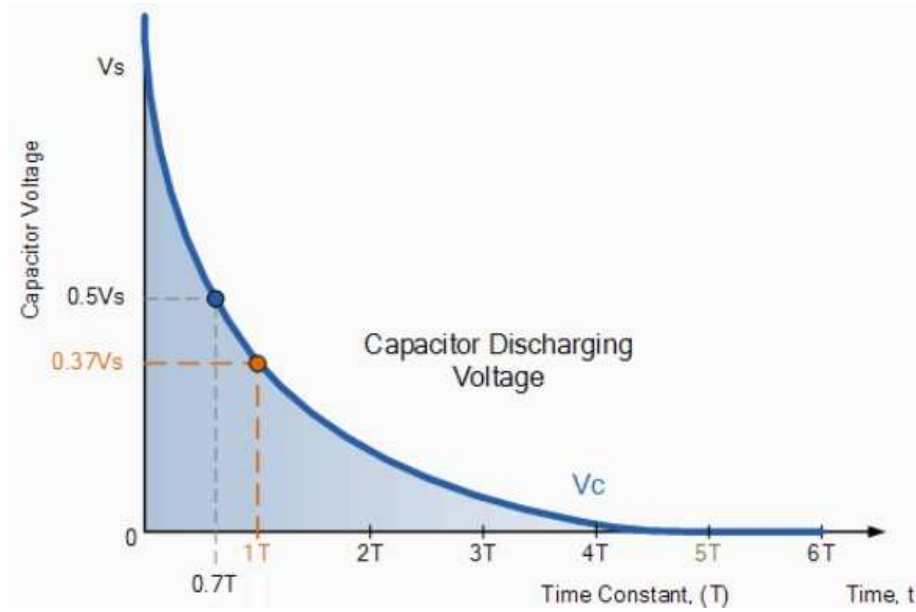
$$IR = V_C = \frac{Q}{C}$$

$$-R \frac{dQ}{dt} = \frac{Q}{C}$$

Gerekli düzenlemeler ve işlemlerden sonra, kondansatör voltajı

$$V_C(t) = V_i e^{-t/RC}$$

olur, burada  $V_i$  t=0'da kondansatörün kolları arasındaki potansiyel farktır. Bu ifade Şekil 5'te grafik çizilerek gösterilmiştir.

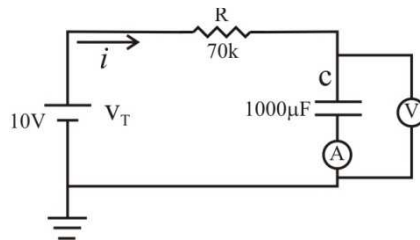


Şekil 5. Kondansatörün boşalması sırasında voltajının zamanla değişimi.

## DENEYLER

### 1. BİR KONDANSATÖRÜN YÜKLENMESİ

a) Şekil 6'daki devreyi kurunuz. Güç kaynağını DC 10V değerine ayarlayınız. V ölçen multimetrenin skalasını 20, akım ölçen multimetrenin skalasını 200μ olarak ayarlayınız.



Şekil 6. Kondansatör yükleme devresi

Güç kaynağını açtığınız andan itibaren her **10s**'de kondansatör üzerinden geçen akımı ve kondansatör üzerindeki potansiyel farkı ölçünüz. Değerlerinizi aşağıdaki Tabloya kaydediniz. Ölçümlerde hata yaparsanız veya ölçümlerinizi tekrarlamak isterseniz kondansatörü boşaltmanız gerekir, kondansatörü boşaltmak için devreden ayırın ve iki ucunu bir kablo ile birleştirin.

t (s)	V	I	t (s)	V	I
10			110		
20			120		
30			130		
40			140		
50			150		
60			160		
70			170		
80			180		
90			190		
100			200		

**b)** Kondansatör voltajının zamana karşı grafiğini çiziniz. Giriş geriliminin yarıya düştüğü zamanı belirleyiniz. Bu süreyi teorik olarak  $0.693 \times R \times C$  ifadesini kullanarak hesaplayınız ve ölçtüğünüz değerle kıyaslayınız (Şekil 2).

**c)**  $\tau = R \times C$ 'yi hesaplayınız, grafik yardımıyla  $1\tau$  süresinde voltajın değerini belirleyiniz, giriş voltajının **0.63** katı oluyor mu?

**d)** Kondansatör akımının zamana karşı grafiğini çiziniz. Akımın yarıya düştüğü zamanı belirleyiniz. Bu süreyi  $0.693 \times R \times C$ 'den bulduğunuz değerle kıyaslayınız. Grafik yardımıyla  $1\tau$  süresinde akımın değerini belirleyiniz, ilk akım değerinin **0.37** katı oluyor mu?

**e)** Çizdiğiniz her iki grafiği inceleyerek, uzun süre limitinde kondansatörün nasıl davrandığını ifade ediniz.

## B. BİR KONDANSATÖRÜN BOŞALMASI

**a)** Şekil 6'daki devreyi kurarak, kondansatörü yükleyiniz. Kondansatörün bağlı olduğu kısma boş bir kablo bağlayınız. Kondansatör yüklendikten sonra, güç kaynağının (+) ucunu ayırıp bu boş kabloyu takınız. Multimetreden kondansatörün boşalmasını izleyiniz, her **10s**'de bir kondansatör voltajını ölçünüz ve değerlerinizi aşağıdaki tabloya kaydediniz.

t (s)	V	t (s)	V
10		110	
20		120	
30		130	
40		140	
50		150	
60		160	
70		170	
80		180	
90		190	
100		200	

***Ölçümlerinizi bittiğinde açık olan multimetreleri ve masanın elektrik anahtarlarını kapatınız.***

**b)** Kondansatör voltajının zamana karşı grafiğini çiziniz. Kondansatörün voltajının ilk değerinin yarısına düştüğü zamanı belirleyiniz. Bu süreyi teorik olarak  $0.693 \times R \times C$  ifadesini kullanarak hesaplayınız ve ölçtüğünüz değerle kıyaslayınız (Şekil 5).

**c)** Grafik yardımıyla  $1\tau$  süresinde voltajın değerini belirleyiniz, ilk voltajının **0.37** katı oluyor mu?

**d)** Kondansatörün yüklenmesi aşaması ile birlikte düşünüldüğünde, kondansatör voltajının yarı değerine yükselmesi veya düşmesi aynı sürede mi olmuştur?

***Deney masanızı ve sandalyeleri düzgün bir şekilde bırakarak laboratuvarıdan çıkınız.***