



Mühendislik Fakültesi

Öğrencileri için

Fizik Laboratuvarı 2 Deney Kitapçığı

DEÜ, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü
Labotatuvar Sorumluları tarafından Mühendislik Fakültesi
öğrencileri için düzenlenmiştir.

BAHAR YARIYILI

Laboratuvar İşleyişi İle İlgili Açıklamalar

- Öğrenciler her deneye dönem başında belirlenmiş ve ilan edilmiş olan deney saatlerinde gireceklerdir. Her grubun deney yapacağı deney saati dönem boyunca değişmeyecektir.
- Öğrenciler 2017/2018 Bahar dönemi boyunca bu yönergede belirtilen deneyleri haftada bir deney olacak şekilde yapacaklardır.
- Öğrenciler deneylere gelmeden önce deneyi okuyarak ve hazırlanmış olarak gelmelidir. Deneye hazırlık yapmadan gelen ve laboratuvar işleyişini bozan davranışlarda bulunan öğrencileri deney yönlendiricisi dışarıya çıkarabilir. Bu durumdaki öğrenciler **DEVAMSIZ** olarak sayılacaktır.
- Yönlendirici bilgi vermeden, öğrencilerin deney aletlerini kurcalamaları **YASAKTIR**. Herhangi bir arıza ya da malzeme eksikliği durumunda ilgili grup sorumlu tutulacak ve hasar grup tarafından karşılanacaktır.
- Öğrenciler deney sırasında elde ettikleri ölçüm sonuçlarını ilgili tablolara yazacaktır.
- Mazeretsiz 4 (**DÖRT**) deneye katılmayan öğrenci laboratuvardan **DEVAMSIZ** olarak değerlendirilecektir. Her deney saatinde **YOKLAMA** alınacaktır.
- Dönem içi vize haftalarında (1. sınıf öğrencileri için) laboratuvar dersi işlenmeyecektir. Laboratuvar saati ile öğrencinin gireceği diğer bir dersin vize saatinin çakışması durumunda (üst sınıflar için), ilgili öğrenci **belgelemek kaydıyla** o haftaki laboratuvar yoklamasında mazeretli sayılır.
- **DEĞERLENDİRME**: Devamlı öğrenciler için Fizik 2 dersine % 20 not katkısı olan laboratuvar notu, tüm deneylerden sonra yapılacak tek bir **TEST** sınavı ile belirlenecektir. Sınavın yeri ve saati Fizik Bölümünde ve ilgili Mühendislik Fakültesi Bölümlerinde ilan edilecektir. **Sınav yeri ve saati bilgisini takip etmek öğrencilerin sorumluluğundadır.**
- Belgelemek suretiyle deneye mazeretli olarak katılmayan öğrenciler ilgili tarihteki deneyden **MUAF** tutulacaktır. Bu anlamda sağlık raporlarının ve görevlendirme yazılarının laboratuvar koordinatörlerine (Araş. Gör. Dr. Ebru KIŞ ÇAM & Araş. Gör. Dr. Sevil SARIKURT) ileilmeleri sağlanmalıdır.
- **Grup değişiklikleri birinci deney haftasında yapılır** ve sadece ilgili dönemi kapsar. Değişiklik yapmak isteyen öğrenciler, mazeret belgeleri ile birlikte laboratuvar koordinatörleri ile görüşmelidir.
- Laboratuvara ilan edilen deney başlama saatinden geç gelen öğrenciler deneye alınmayacak ve deneye mazeretsiz olarak katılmamış sayılacaktır. Deney yönlendiricisinden sonra laboratuvara girmek **KESİNLİKLE YASAKTIR.**
- Öğrenciler deney sonunda deney masalarını düzenli bırakmalıdır.

İÇİNDEKİLER

- ★ GİRİŞ : Laboratuvar Cihazlarının Kullanımı
- ★ D1 : Paralel Plakalı Kondansatörlerde Q, V, C, İlişkisi
- ★ D2 : Ohm Yasası ve Voltmetre - Ampermetre Yöntemi ile Direnç Ölçümleri - Seri Bağlı Devreler
- ★ D3 : Ohm Yasası - Paralel Bağlı Devreler
- ★ D4 : Wheatstone Köprüsü
- ★ D5 : Elektrik Yüklerinin Depolanışı ve Akışı
- ★ D6 : Manyetizma
- ★ D7 : Alternatif Akım Frekansının Ölçülmesi
- ★ D8 : Transformatörler

GİRİŞ : Laboratuvar Cihazlarının Kullanımı

Amaç

Dirençlerin renk kodları ile değerlerini tespit etmek, dijital ve analog multimetrelerin kullanımını öğrenmek.

Elektriksel Büyüklüklerin Sembol ve Birimleri

Yapacağımız laboratuvar çalışmalarında, hesaplamalar için uluslararası (SI) birim sistemini kullanacağız. Bazı fiziksel büyüklüklerin sembol ve birimleri Tablo-1'de özetlenmiştir.

Tablo 1: Temel elektrostatik kavramlar, sembol ve birimleri.

Fiziksel Büyüklük	Sembolü	SI Sistemi	Birim Kısaltmaları
Elektriksel Alan	E	volt/metre	—
Elektriksel Potansiyel	V	volt	V
Elektrik Yükü	Q,q	coulomb	C
Elektrik Akımı	I,i	amper	A
Güç	P	watt	W
Akım Yoğunluğu	J	amper/(metre) ²	—
Manyetik Alan	B	tesla	T
Direnç	R	ohm	Ω
Sığa (Kapasitör)	C	farad	F
İndüktör	L	henry	H

Tüm birimlerin üst ve alt katları Tablo-2'de gösterilen Latince ön-eklerle belirtilir.

Tablo 2: Ön-ekler.

Önek	İşareti	Çarpan	Önek	İşareti	Çarpan
tera	T	10^{12}	desi	d	10^{-1}
giga	G	10^9	santi	c	10^{-2}
mega	M	10^6	mili	m	10^{-3}
kilo	k	10^3	mikro	μ	10^{-6}
hekto	h	10^2	nano	n	10^{-9}
deka	D	10^1	piko	p	10^{-12}
			femto	f	10^{-15}
			atto	a	10^{-18}

Örnekler:

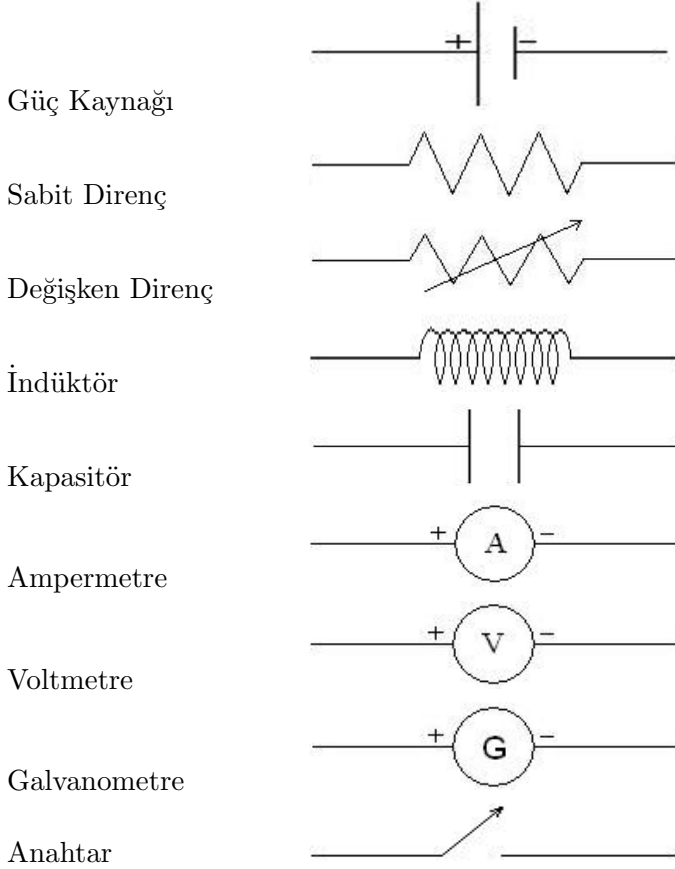
$$1\mu F = 10^{-6} F$$

$$1mA = 10^{-3} A$$

$$1k\Omega = 10^3 \Omega$$

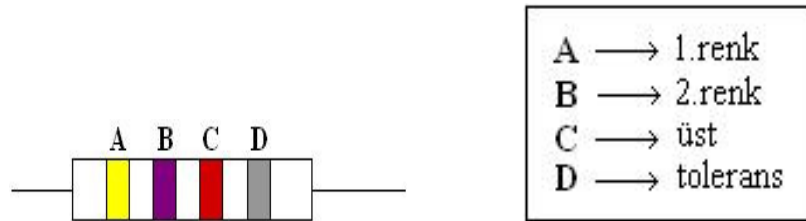
Elektrik devrelerinde, devre elemanları belirli semboller ile belirtilir.

Bazı Devre Elemanlarının Sembolleri



Dirençlerin Renk Kodları ve Okunması

Küçük dirençlerin en yaygın olanları, karbon bileşenli olanlarıdır. Bunlar 0.25-2 Watt arasında değişen güce sahiptirler. Bu güç, direncin deforme olmadan dayanabileceği maksimum gücü ifade eder. Bu dirençler küçük yapıda olduklarından üzerine özelliklerini ve değerlerini yazmak çok zordur. Bu nedenle, renk kodlaması yapılarak bu zorluk aşılmıştır. Direnç üzerinde genellikle 4 renkli bant bulunur.



Direnç üzerindeki renkler sola dayalı olarak okunur. İlk üç renk bandı, direncin büyüklüğünü belirler. Bu bandlara göre direncin genel ifadesi:

$$R = AB \cdot 10^C \pm D$$

şeklinde verilebilir.

Renkler	A	B	C	D(%)
Siyah	0	0	0	—
Kahverengi	1	1	1	—
Kırmızı	2	2	2	—
Turuncu	3	3	3	—
Sarı	4	4	4	—
Yeşil	5	5	5	—
Mavi	6	6	6	—
Mor	7	7	7	—
Gri	8	8	8	—
Beyaz	9	9	9	—
Altın	—	—	-1	%5
Gümüş	—	—	-2	%10
Renksiz	—	—	—	%20

Dirençlerin değerleri kusurlarından dolayı çok küçük değişimler gösterebilir. Bu duruma direncin **toleransı** denir. D bandı yüzde olarak toleransı ifade eder.

Örnek-1:

A: Sarı, B: Mor, C: Kırmızı, D: Gümüş

olsun. Buna göre direncin değeri:

$$R = 47 \times 10^2 \pm D$$
$$R = (4700 \pm 470)\Omega$$

şeklinde olur.

Örnek-2:

A: Kahverengi, B: Siyah, C: Kahverengi, D: Altın

olsun. Buna göre:

$$R = 10 \times 10^1 \pm D$$
$$R = (100 \pm 5)\Omega$$

sonucu elde edilir.

LABOTAVUVAR CİHAZLARININ TANITIMI

• MULTİMETRE (AVOMETRE)

Multimetre; akım, voltaj (gerilim), direnç, sığa, sıcaklık,... gibi nicelikleri ölçmede kullanılan test cihazıdır. Çok işlevli bu cihaz her bir nicelik için değişik ölçüm ilke ve aralıklarına sahiptir. Genel olarak ikiye ayrılırlar:

1. Hareketli bobinli (analog) multimetreler
2. Dijital multimetreler

1. Hareketli Bobinli (Analog) Multimetreler

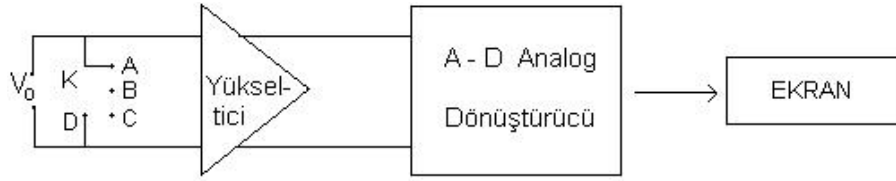
Hareketli bobinli multimetreler ölçülen niceliğin değerini uygun bir skala üzerinde göstergenin sapması ile gösterirler. Bu analog ölçü aletleri; merkezine bir gösterge iğnesi bağlanmış olan, merkezde yer alan ve serbestçe hareket eden bir bobin ve bir mıknatıstan oluşur. Bu şekilde merkeze yerleştirilen bobinden belli bir akım geçtiğinde manyetik alan içerisinde bulunan bobine belli bir kuvvet etki ederek belirli bir miktar dönmesini sağlayacaktır. Böylece geçen akımın büyüklüğü ile orantılı olarak bobin ve dolayısıyla iğne belli bir skala üzerinden sapacağından istenilen akım ölçülür. Analog ölçü aletleri ile ölçümler belli bir maksimum ve minimum değere kadar yapılabilir.



Şekil 1: Analog multimetre.

2. Dijital Multimetreler

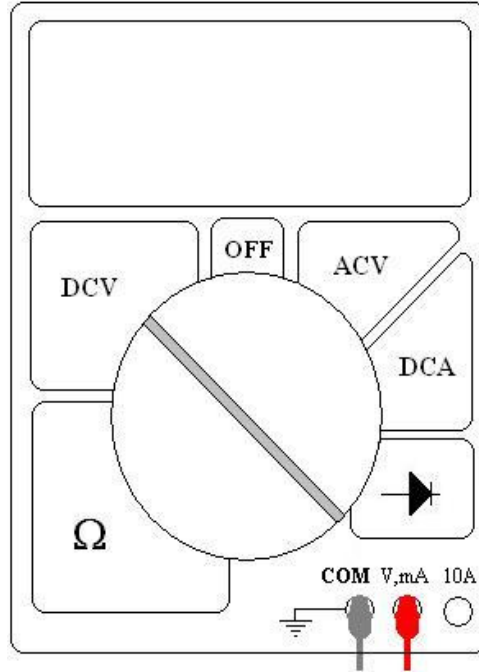
Dijital multimetre ile yapılan ölçümlerde DC voltaj girişleri dijital dalga şekillerine dönüştürülüp ekranda görüntülenir. Şekil-2 dijital multimetrenin sembolik gösterimidir. Şekildeki K anahtarı A noktasına geldiğinde direnç, B noktasına getirildiğinde akım, C'de direnç vs. ölçümleri yapılır. Doğru ve hassas ölçümler elde etmek için öncelikle cihazın devreye doğru bağlanması gerekir. Multimetreyi devreye iki şekilde bağlayabiliriz:



Şekil 2: Dijital multimetrenin sembolik gösterimi.

seri ve **paralel**. Akım ölçümü yapılırken multimetre daima devreye seri, voltaj ölçerken ise paralel bağlanır.

Dijital ya da analog multimetreler ile herhangi bir niceliği ölçmek için iki adet kabloya gereksinim vardır. Bunlardan biri ölçülecek nicelik ne olursa olsun ortak uç olan 'COM' ucuna takılır, diğer kablo ise hedeflenen ölçüme göre ilgili uca takılmalıdır. Benzer şekilde, ilgili nicelik için multimetre üzerinde belirlenen uygun skala seçilmelidir. Herhangi bir niceliğin ölçümü en büyük skaladan başlatılmalıdır.



Analog multimetre AC ve DC büyüklükleri farklı anahtar konumlarında ölçer. Göstergenin sapma miktarı bir birimin büyüklüğü ile çarpılarak aranan sonuç elde edilir.

Dijital multimetre ile hedeflenen nicelik için uygun skala belirlenip kablo bağlantıları doğru bir şekilde gerçekleştirildikten sonra ekranda okunan değer ölçüm sonucudur.

D1 : Paralel Plakalı Kondansatörlerde Q, V, C, İlişkisi

1 Deneyin Amacı

Paralel plakalı bir kondansatörün sığasının bulunması, kondansatördeki yük değişiminin incelenmesi. Kondansatör üzerindeki yük, uygulanan potansiyel fark ve kondansatörün sığası arasındaki ilişkilerin belirlenmesi.

2 Teori

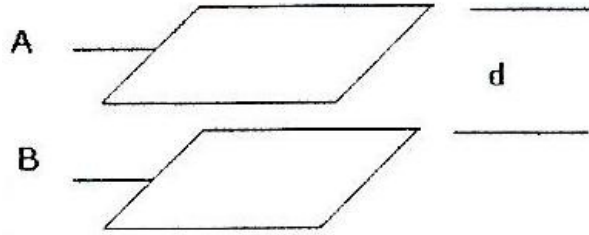
Küçük potansiyel farkları altında büyük elektrik yükleri depolamaya yarayan iletken sistemlere "kondansatör" denir. Aralarında yalıtkan bir madde veya boşluk ihtiva eden paralel iki iletken levha bir kondansatör meydana getirir. Buna "paralel levhalı kondansatör" denir. Levhalara kondansatörün armatürleri adı verilir. İletken levhaların arasına konulan yalıtkanı da *dielektrik madde* denir.

Kondansatörlerin üzerlerinde depolayabilecekleri en büyük elektrik yükü miktarı;

$$Q = C \cdot V \quad (1)$$

eşitliği ile ifade edilir. Q yükü ile V potansiyeli arasındaki sabit C oranına kondansatörün kapasitesi (sığası) denir. Birimi "Farad" dır. Farad birimi çok büyük olduğundan uygulamada yalnız az katları kullanılır. Bunlar; mikrofara (1 $\mu F = 10^{-6}Farad$), nanofara (1nF = 10 $^{-9}Farad$), pikofara (1pF = 10 $^{-12}Farad$)

Paralel Plakalı Kondansatörün Sığası



Şekil 1: İki paralel plakadan oluşan kondansatör

Şekil (1) deki gibi aralarında boşluk veya hava bulunan iki paralel levhadan oluşan kondansatörün sığası aşağıdaki bağıntı ile verilir:

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

A : Paralel levhanın alanı

d : İki plaka arası uzaklık

ϵ_0 : Boşluğun dielektrik sabiti ($\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} farad/metre$ veya $C^2/N \cdot m^2$)

Yüzeyce Yük Yoğunluğu

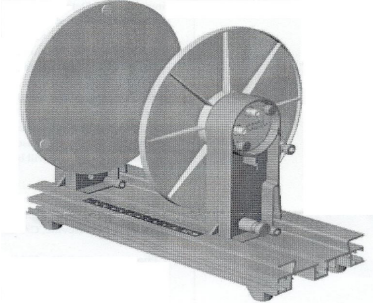
Bir cismin yükü bir doğru, bir yüzey veya bir hacime düzgün olarak dağılabilir. Dolayısıyla bu cismin yükü çizgisel, yüzeysel veya hacimsel yük yoğunluklarına bağlı olarak tanımlanabilir. Yüzeyce yük yoğunluğu, birim alan başına yük miktarıdır. Bir Q yükü, A yüzölçümlü bir yüzeye düzgün olarak dağılmışsa yüzeyce yük yoğunluğu

$$\sigma = \frac{Q}{A} \quad (3)$$

denklemleri ile tanımlıdır. Burada σ nın birimi C/m^2 dir.

3 Deneyde Kullanılacak Araçlar

- * Paralel Plakalı Kondansatör
- * Elektrometre
- * Elektrostatik Voltaj Kaynağı
- * Yük Taşıyıcı Çubuklar
- * Faraday Kafesi
- * Kırmızı, Siyah Uçlu Proplar



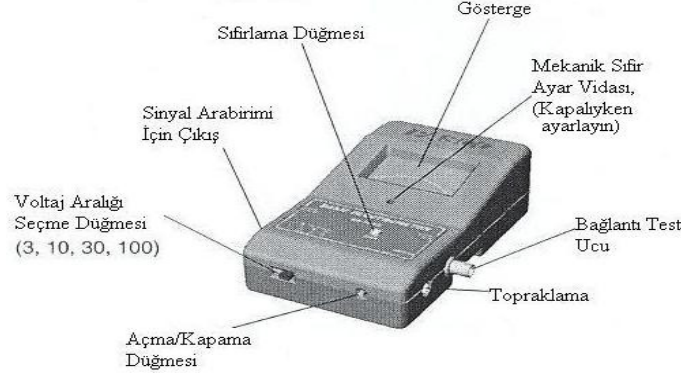
Şekil 2: Paralel Plakalı Kondansatör

* **Paralel Plakalı Kondansatör:** Şekil (2)'de de görüldüğü gibi *paralel plakalı kondansatör*, iki plakadan oluşur ($R = 18\text{cm}$). Hareketli plaka, plakanın ayrılma uzaklığını cm cinsinden veren ölçeklendirilmiş kızak üzerine monte edilmiştir. Bağlantı çubukları, her bir plakanın elektrik bağlantısını sağlamak içindir. Sabit plaka üzerine üç plastik ara parçası takılmıştır. Hareketli plaka bu parçalara dokunduğunda plakalar arası mesafe 1 mm olur.

Plakaların düşük kapasitanslı bir kablo ile elektrometreye bağlanması gerekmektedir.

Kondansatörün levhalarının paralel olarak kalması çok önemlidir. Kötü kullanılması nedeniyle paralelliklerinin sona ermesi olasıdır ve ayarlamalarının yapılması gerekir. Hareketli plakanın arka tarafında üç vida setli küçük bir plaka vardır. Bunlar dikey ve yatay ayarlamaları sağlayan vidalardır. Bu üç vida ayarlanarak iki plakanın paralelliklerini korumaları sağlanabilir.

* **Elektrometre:** Doğrudan voltaj ölçümleri ile dolaylı akım ve yük ölçümleri için kullanılan bir voltmetredir. Yüksek öz direncinden dolayı özellikle elektrostatik deneylerinde yük ölçümü için uygundur. Standart bir altın yapraklı elektroskoptan yaklaşık 1000 kat fazla duyarlılığa sahiptir, merkez sıfır göstergesi yük kutupluluğunu doğrudan gösterir ve yükü 10^{-11}Coulomb a kadar ölçer.



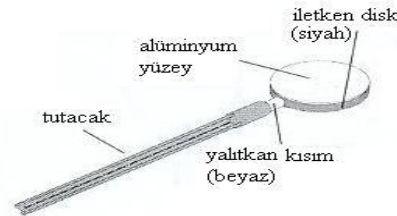
Şekil 3: Elektrometre

* **Elektrostatik Voltaj Kaynağı:** Sadece elektrostatik deneyleri için düzenlenen yüksek voltajlı, düşük akımlı güç kaynağıdır. Kapasitör plaka deneyleri için 30 volt DC çıkışı vardır. Faraday kafesi ve iletken küre deneyleri için $1kV, 2kV, 3kV$ çıkışları vardır. 30 volt dışındaki bütün voltaj çıkışları, uygun kısa devre çıkış akımını $8.3\mu A$ civarında sınırlandıran voltaj çıkış değerleri ile ilgili seri dirence sahiptir. 30 volt çıkışı düzenlenmiştir (regüle edilmiştir).



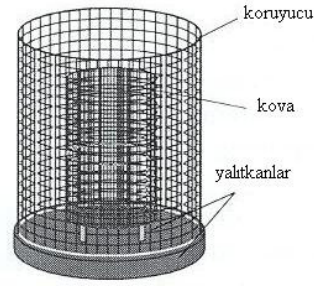
Şekil 4: Elektrostatik Voltaj Kaynağı

* **Yük Taşıyıcı Çubuk:** Alüminyum kaplı iletken bir disk ile buna tutturulmuş bir yalıtkan tutucudan oluşur. Yüklü iletken yüzeylerdeki yük yoğunluğunu ölçmek için kullanılır. Çubuktaki yük yoğunluğunu ölçmek için Faraday kafesi kullanılır.



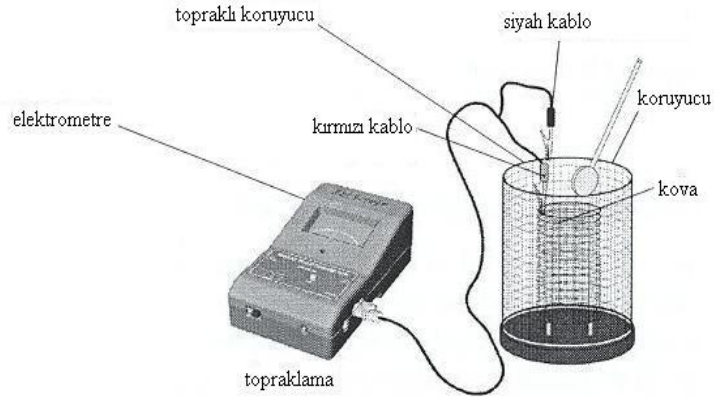
Şekil 5: Yük Taşıyıcı Çubuk

* **Faraday Kafesi:** Yalıtkan bir tablanın üzerine iç içe geçmiş iki iletken kafesin oturtulmasıyla elde edilir.



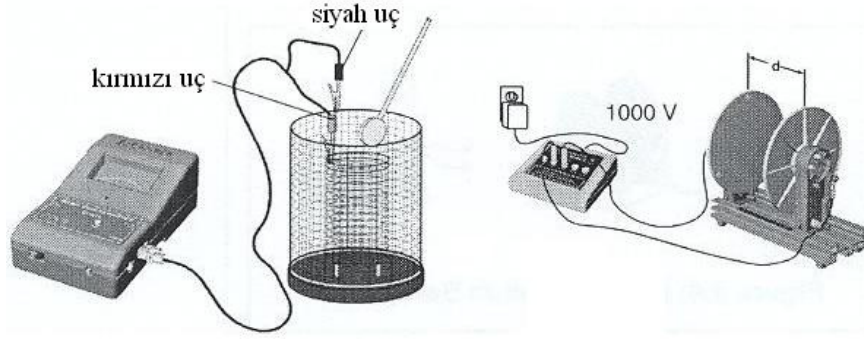
Şekil 6: Faraday Kafesi

Ölçüm yaparken içteki silindire kırmızı uçlu test probu, dıştaki silindire ise siyah uçlu topraklama ucu bağlanır.



Şekil 7:

4 Deneyin Yapılışı



Şekil 8: Deney Düzenegi

1) V değişken, C sabit

Deneyin ilk kısmında kondansatörün üzerine sırasıyla, 1000, 2000 ve 3000 Volt değerlerindeki potansiyel farkları uygulayıp kondansatör üzerindeki yük hesaplanacaktır. Yükü ölçmek üzere alüminyum yüzeyli yük taşıyıcı çubukları kullanılacaktır.

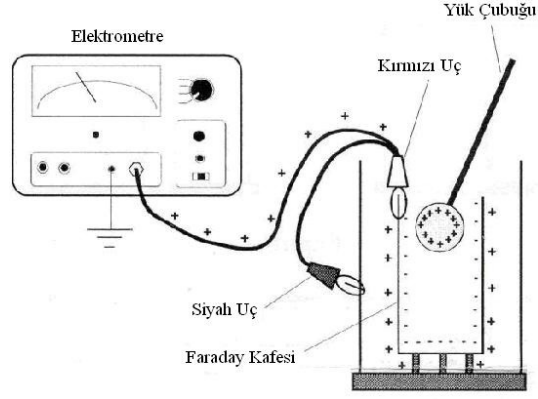
Şekil 8'deki düzenegi kurunuz. Paralel plakalı kondansatörün plakalar arasındaki uzaklık 6 cm olacak şekilde ayarlayınız. Kondansatörü elektrostatik voltaj kaynağının 1000 V'luk çıkışına bağlayarak kondansatöre yük depolamaya başlayabilirsiniz.

Taşıyıcı çubuğu nötrleyiniz. Yüksüz metal çubuğu kondansatörün plakalarından birisinin merkezine yakın olan bir noktaya değdirerek çubuğun yüklenmesini sağlayınız. Bu çubuğu Şekil 9'daki gibi Faraday kafesinin içindeki silindire dokundurmadan yaklaştırınız. Böylelikle içteki silindirin iç kısmı metal çubuk ile aynı miktarda yüklenir. Fakat işareti metal çubuğun yükü ile zıt olur. Bu durumda elektrometrenin üzerindeki voltajı not ediniz. Taşıyıcı çubuk üzerindeki yük her zaman elektrometrenin okuduğu voltajla orantılıdır.

Elektrometrede bir iç kondansatör bulunmaktadır ve sığası yaklaşık olarak $C_{\text{elektrometre}} = 66pF$ dir. Bu sığa değerini ve elektrometreden okuduğunuz potansiyel fark değerini (1) eşitliğinde kullanarak *çubuğun üzerinde toplanan yük miktarını* ($Q_{\text{çubuk}}$) bulunuz.

Dokunma ile elektriklenmede yükler (Q) yüzey alanlarıyla (A) doğru orantılı olarak paylaşılır. Bu nedenle metal çubuğun alanı ile kondansatörün plakasının alanını hesaplamamız gerekmektedir. Böylelikle alanlarla yükler arasında orantı kurarak kondansatör üzerinde depolanan yük ($Q_{\text{kondansatör}}$) değerini hesaplamış olursunuz. Başlangıçta kondansatör üzerine 1000V'luk bir potansiyel farkı uyguladığınıza göre artık kondansatörün sığasını ($C_{\text{kondansatör}}$) yine (1) eşitliğinden elde edebilirsiniz.

Plakalar arasındaki uzaklığı (6 cm) sabit tutarak elektrostatik voltaj kaynağının diğer potansiyel fark değerlerine göre ayarlayıp işlemleri tekrar ediniz. Elde ettiğiniz değerleri Tablo-1'de yazınız.



Şekil 9:

2) V sabit, C değişken

Deneyin ikinci kısmında ise, kondansatör üzerine sabit bir potansiyel fark uygulayarak kondansatörün sığasını değiştirerek kondansatör üzerindeki yük değişimini gözlemleyeceğiz.

Deney düzeneği yine Şekil-8'deki gibidir. Deneyin birinci kısmında olduğu gibi, plakalar arasındaki uzaklığı 6 cm olarak ayarlayınız ve kondansatörü voltaj kaynağının 1000 V çıkışına bağlayınız.

Taşıyıcı çubuğu nötrleyiniz. Plakaların iç ve dış yüzeyleri üzerindeki çeşitli noktalarda yük yoğunluğunu inceleyiniz. Bunun için deneyin birinci kısmında anlatıldığı gibi taşıyıcı çubuğu ve Faraday kafesini kullanınız. Plaka üzerindeki yük nasıl değişiyor ?

Kondansatörün plakalarından birinin merkezine yakın bir nokta seçiniz ve plakalar arasındaki uzaklığı değiştirerek farklı plaka uzaklıkları için bu alandaki yükü bulunuz. Elde ettiğiniz değerleri Tablo 2'de yerine yazınız.

Sığa (kapasitans) farklı plaka uzaklık değerleri için nasıl değişiyor ? Yük, sığa ile nasıl değişiyor ?

5 Ölçüler ve Sonuçlar

$$C_{\text{elektrometre}} = 66 \text{ pF}$$

$$r_{\text{çubuk}} = \dots \text{ m}$$

$$r_{\text{levha}} = \dots \text{ m}$$

$$d_{\text{kondansatör}} = \dots \text{ m}$$

Tablo1

$V_{\text{kondansatör}}$ (V)	$V_{\text{çubuk}}$ (V)	$Q_{\text{çubuk}}$ (C)	$Q_{\text{kondansatör}}$ (C)	$C_{\text{kondansatör}}$ (pF)
1000				
2000				
3000				

$$V_{\text{kondansatör}} = \dots\dots\dots \text{Volt}$$

Tablo2

$V_{\text{çubuk}}$ (V)	$Q_{\text{çubuk}}$ (C)	$d_{\text{kondansatör}}$ (m)	$Q_{\text{kondansatör}}$ (C)	$C_{\text{kondansatör}}$ (pF)

6 Deney Sonu Soruları

- 1) Kondansatörlerin kullanım alanları nerelerdir ?
- 2) Paralel plakalı kondansatörün sığasını nasıl değiştirebilirsiniz?
- 3) Paralel plakalı kondansatörün çalışma prensibini açıklayınız.
- 4) Yüklü bir paralel plakalı kondansatörün plakaları arasındaki elektrik alan çizgilerinin yönlerini tayin ediniz.
- 5) Faraday kafesi nedir ? Açıklayınız.

D2 : Ohm Yasası ve Voltmetre - Ampermetre Yöntemi ile Direnç Ölçümleri - Seri Bağlı Devreler

1 Deneyin Amacı

Ohm yasasının doğrulanması, değerleri bilinmeyen iki direncin voltmetre-ampermetre yöntemi ile ölçülmesi, bu dirençleri seri bağlayarak elde edilen deneysel sonuçların teorik sonuçlarla karşılaştırılması.

2 Teori

Statik durumda bir iletkenin içinde elektrik alan (E -alan) bulunmaz. Zıt işaretli yükleri bir tel gibi uzun metalik bir iletkenin iki ucuna koyduğumuzu düşünelim. Böylece iletken artık elektrostatik dengede bulunmayacak ve uç kısımlardaki elektrik yüklerinden kaynaklanan bir E -alan iletkenin içinde oluşacaktır. Bu alan yükleri birbirine doğru sürükler ve yükler karşılaştığında sonlanır ve denge durumu oluşur. Örneğin bakır gibi iyi bir iletken bu denge durumuna çok çabuk ulaşır. Ancak biz iletkenin uçlarına sürekli yükler koyarsak iletkeni bu şekilde denge dışında tutabiliriz. Bunun için gerekli olan telin iki ucunu bir elektrik kaynağına bağlamaktır. Böylece yükler bir akım oluşturacak şekilde bir uçtan diğerine akarlar. Böyle bir durumda tel içindeki E -alan çizgilerinin büyük bir kısmı elektrik kaynağı tarafından oluşturulurken az bir miktarı yüklerden kaynaklanmaktadır. Eğer iletken keskin köşelere sahip değilse E -alan çizgileri iletkenin kesit alanı boyunca düzgün bir şekilde dağılmıştır. Örneğin aynı kalınlıkta olabildiğince düzgün bir iletkenin içinde E -alan çizgileri sabit büyüklükte ve tele paralel doğrultuda olacaktır. Telin uzunluğu l ve iki ucu arasındaki potansiyel farkı ΔV ise telin içindeki E -alan

$$E = \frac{\Delta V}{l} \quad (1)$$

büyükliğünde olacaktır. Bu E -alan yüklerin akışına yani elektrik akımına sebep olur. Bunu şu şekilde belirtiriz: *Telin belli bir kesitinden dt zaman aralığında geçen dq yük miktarına elektrik akımı denir.*

$$I = \frac{dq}{dt} \quad (2)$$

Eğer tel iyi bir şekilde izole edilmişse elektrik yüklerinin korunumundan dolayı iletken içindeki tüm noktalarda akımın değeri aynıdır.

Akımın SI birim sistemindeki birimi ampere (A) olup bunu,

$$1 \text{ ampere} = 1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$$

şeklinde ifade ederiz.

Metalik bir iletkende yük taşıyıcıları elektronlardır ancak genel kabülden dolayı akımın yönü pozitif yük taşıyıcıları yönündedir. Bazı durumlarda iletken içinde herhangi bir noktadaki yük taşıyıcılarının hareketi ile ilgileniriz. Böyle bir durum için

akım yoğunluğu'nu tanımlarız. Bu, iletkenin belli bir A kesitinden geçen akım miktarıdır ve

$$j = \frac{I}{A} \quad (3)$$

ile verilir.

Metalik bir iletken çok fazla sayıda serbest elektron içerir. Örneğin bakır için bu değer birim hacim başına 8×10^{22} serbest elektrondur. Bu elektronlar bir gaz yapısındadır ve metalin tüm hacmini doldurur. Elektriksel olarak nötr bir iletken serbest elektronların negatif yükleri, iyonların pozitif yükleri ile dengelenir ki bu durum metalin kristal örgüsünü oluşturur. Böyle bir metalik iletken akım basit olarak elektron gazının bir akışıdır ve bu akış sırasında iyonlar hareketsizdir.

Bir teldeki E -alan, elektron gazını tel boyunca iter fakat bu elektron gazı ivmelenmez bunun nedeni elektron gazının hareketinin sabit hızda olmasıdır çünkü hareket sırasında elektron gazı ile tel arasındaki sürtünme harekete ters yönde olup sürtünme kuvveti E -alanın uyguladığı kuvvetle dengelenmektedir. Elektron gazı tel içinde düşük bir hızla (10^{-2} m/s gibi) hareket etse de her bir elektron bireysel olarak daha yüksek hızlara sahiptir (Bir metaldeki elektronların rastgele hareketlerinin hızı 10^6 m/s civarındadır ve bu yüksek hız kuantum mekaniksel etkilerden kaynaklanmaktadır). Tel ile elektron gazının arasındaki sürtünme telin kristal örgüsündeki iyonlar ve elektronlar arasındaki çarpışmalar ile oluşur. (Örneğin bir bakır tel içindeki elektron hareketi sırasında bir saniyede iyonlarla 10^{14} çarpışma yapar.) Her bir çarpışma elektronu yavaşlatır. Böylece yavaşlayan elektron önce durur sonra ters yönde hareket eder. Bu şekilde, çarpışmaların olumsuz etkileri yüzünden elektron ivmelenen hızı asla E -alandan elde edemez. Sürüklenme hızı veya ortalama hız E -alan ile orantılıdır.

$$v \propto E \quad (4)$$

Teldeki akım ise elektronların ortalama hızıyla orantılıdır.

$$I \propto v \propto E \quad (5)$$

Akım ayrıca telin kesit alanıyla da orantılı olduğundan

$$I \propto AE \quad (6)$$

yazılabilir ve $E = \Delta V/l$ olduğu da düşünülürse bu orantı

$$I \propto \frac{A}{l} \Delta V \quad (7)$$

olur. Bunu, ρ orantı katsayısıyla bir eşitlik şeklinde yazabiliriz.

$$I = \frac{1}{\rho} \frac{A}{l} \Delta V \quad (8)$$

Burada ρ katsayısı telin yapısına bağlı bir büyüklüktür ve öz direnç (resistivity) olarak adlandırılır. Buna bağlı olarak direnç ise

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (9)$$

şeklinde tanımlanır. Böylece (9) ifadesi bilinen haliyle

$$I = \frac{\Delta V}{R} \quad (10)$$

şeklindeki *Ohm Yasası*'dır. Ohm yasasının bize söylediği, akımın iletkenin iki ucu arasındaki potansiyel farkı ile orantılı olduğudur. Ohm yasası metalik iletkenler için olduğu kadar Karbon gibi metalik olmayan iletkenler için de geçerlidir ancak geniş bir uygulama alanına sahip olmasına rağmen genel bir yasa değildir. Ohm yasasından görülebileceği gibi direnç birimi

$$1 \text{ ohm} = 1 \Omega = 1 \text{ volt/ampere}$$

şeklinindedir. Özdirenç birimi ise ohm-metre($\Omega.m$)'dir. Özdirençin tersi öziletkenlik olarak tanımlanır ve birimi $1/\text{ohm-metre}(\Omega^{-1}.m^{-1})$ 'dir.

(9) ve (10) ifadelerinin birleştirilmesiyle

$$\frac{I}{A} = \frac{1}{\rho} \frac{\Delta V}{l} \quad (11)$$

elde edilir. Burada I/A akım yoğunluğu ve $\Delta V/l$ E -alan olduğundan (11) ifadesi

$$j = \frac{1}{\rho} E \quad (12)$$

şeklinde ifade edilebilir. Böylece akım yoğunluğu E -alan ile orantılı olmuş olur. Bu *Ohm Yasası*'nın alternatif bir ifadesidir.

Malzemenin özdirenç sıcaklığa da bağlıdır. Genel olarak metallerde özdirenç sıcaklıkla artar. Düşük sıcaklıklarda ise metallerin özdirençi oldukça düşüktür. Kurşun, kalay, çinko ve niyobiyum gibi bazı metaller süperiletkenlik davranışı sergilerler. Bunların direnci sıcaklık mutlak sifra yaklaştıkça yok olur.

Elektrik devreleri çeşitli devre elemanlarına sahiptir. Dirençler de bu devre elemanlarından biridir. Devre diyagramlarında direnç sembolü zigzag çizgidir ve dirençler seri ve paralel bağlama olmak üzere iki şekilde bağlanabilir.

İki direncin seri bağlandığı durumu ele alalım.(Şekil 2) Bu devrede her bir direncin potansiyel farkı sırasıyla ΔV_1 ve ΔV_2 olmak üzere devrenin net potansiyel farkı

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 \quad (13)$$

olur. Akım her iki direnç için aynı olacağından Ohm yasası yardımıyla

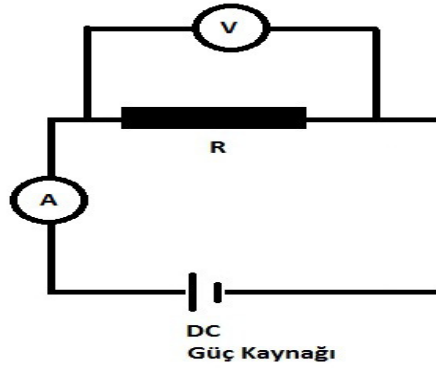
$$\Delta V = IR_1 + IR_2 = I(R_1 + R_2) = IR \quad (14)$$

yazılabilir. Buradan seri bağlı devrede net direncin veya eşdeğer direncin

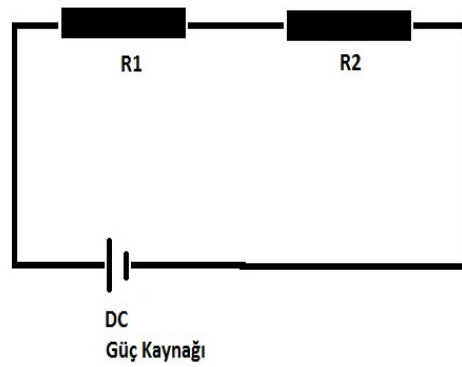
$$R = R_1 + R_2 \quad (15)$$

olduğu görülür.

Not: Dirençlerin seri bağlandığı durumlarda, R_1 direnci üzerinden akan yük R_2 direnci üzerinden akan yüke eşit olduğundan, her iki direnç üzerinden geçen akımlar aynı olur.



Şekil 1:



Şekil 2: Seri bağlanmış dirençlerden oluşan devre

3 Deneyde Kullanılacak Araçlar

1. İki farklı direnç
2. Board
3. Voltmetre
4. Ampermetre
5. Güç kaynağı
6. Bağlantı kabloları

4 Deneyin Yapılışı

Şekil 1'deki devreyi verilen herhangi iki direnç için kurun. Her bir direnç için devreye farklı potansiyel farkları uygulayıp bunlara karşılık gelen akımları ölçün, sonuçları Tablo 1'e yazın. Her bir direnç için elde edilen bu değerler ve Ohm yasası yardımıyla her bir direncin değerini belirleyin ve Tablo 1'e yazın.

Verilen iki direnç yardımıyla Şekil 2'da görülen seri bağlı devreyi kurun. Önce her iki direnç için potansiyel farkı ve akım şiddetini ölçün, sonra seri bağlı tüm devre için potansiyel farkı ve akım şiddetini ölçün, sonuçları Tablo 2'ye yazın. Elde edilen bu

veriler ve Ohm yasası yardımıyla tüm devrenin eş değer direncini bulun. Sonucu bir kez de Tablo 1’de belirttiğiniz dirençleri kullanarak doğrulayın. Ayrıca akım, direnç ve potansiyel farkı arasındaki ilişkileri belirtin.

5 Ölçümler ve Sonuçlar

Tablo 1: Ohm Yasası:

V (Volt)	I (A)	V (Volt)	I (A)

$$R_1 = \dots\dots\dots \Omega, \quad R_2 = \dots\dots\dots \Omega$$

Tablo 2: Seri Bağlı Dirençler

Ölçülen direnç	I (A)	V (Volt)	R=V/I	Hesapla bulunan değer
R_1				
R_2				
R_1, R_2 seri				

6 Deney Sonu Soruları

- 1) Direnç, öz direnç ve iletkenlik kavramlarını tanımlayıp birimlerini belirtiniz.
- 2) Akım ve potansiyel farkı kavramlarını tanımlayıp birimlerini yazınız. Voltmetre ve ampermetre'nin özelliklerini belirtiniz.
- 3) Ohm yasası nedir? Kısaca anlatınız.
- 4) Dirençlerin seri olarak bağlı olduğu devrelerde akım ve gerilim durumlarını kısaca belirtiniz.

D3 : Ohm Yasası - Paralel Bağlı Devreler

1 Deneyin Amacı

Ohm yasasının paralel bağlı dirençlerden oluşan devre için doğrulanması.

2 Teori

Bir iletken içinde akım üretmek üzere, yükler, iletken içindeki elektrik alanının etkisi ile hareket ederler. Bu durumda, iletken içinde elektrik alan bulunmaktadır.

A kesit alanlı ve I akımı taşıyan bir iletken için, iletken içindeki J akım yoğunluğu, birim alan başına düşen akım olarak tanımlanır. $I = nqv_s A$ olduğundan, akım yoğunluğu,

$$J = \frac{I}{A} = nqv_s \quad (1)$$

ile verilir. Burada J , SI birim sisteminde A/m^2 birimindedir. Bu ifade sadece, akım yoğunluğunun düzgün ve yüzeyin akım yönüne dik olması halinde geçerlidir. Genelde akım yoğunluğu vektörel bir niceliktir ve aşağıdaki gibi ifade edilebilir,

$$\mathbf{J} = nq\mathbf{v}_s. \quad (2)$$

Bir iletkenin uçları arasına bir potansiyel farkı uygulanırsa, iletken içinde bir \mathbf{J} akım yoğunluğu ve bir \mathbf{E} alanı meydana gelir. Eğer potansiyel farkı sabit ise, iletken içindeki akım da sabit olacaktır. Doğada bulunan bazı maddelerde, akım yoğunluğu, elektrik alan ile doğru orantılıdır ve aşağıdaki gibi ifade edilebilir,

$$\mathbf{J} = \sigma\mathbf{E}, \quad (3)$$

burada σ orantı katsayısıdır ve maddenin iletkenliği hakkında bilgi verir. Denklem (4)'e uyan maddelere, Georg Simon Ohm (1787-1854) ismine ithafen **Ohm Kanununa** uydukları söylenir. Ohm kanununa uyan, dolayısıyla \mathbf{E} ile \mathbf{J} arasında doğrusal bir ilişki gösteren maddelerin omik oldukları söylenir. Bu kanuna uymayan maddelere ise omik olmayan maddeler denir.

Seri bağlı dirençlerden farklı olarak, paralel bağlı iki direnç durumunda her bir direncin uçları arasındaki potansiyel farkı bunların birleşimi olan devrenin potansiyel farkı ile aynıdır. Böylece akımlar için

$$I_1 = \frac{\Delta V}{R_1} \quad I_2 = \frac{\Delta V}{R_2} \quad (4)$$

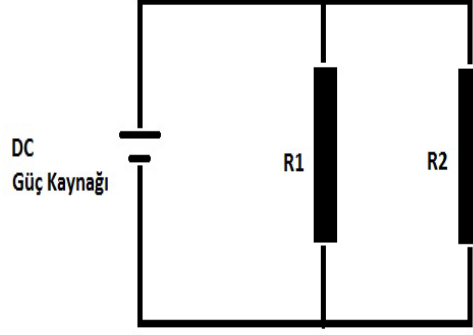
yazılabilir. Tüm devreden geçen toplam akım her bir akımın toplamı kadardır.

$$I = I_1 + I_2 = \frac{\Delta V}{R_1} + \frac{\Delta V}{R_2} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \Delta V \quad (5)$$

Böylece devrenin eşdeğer direnci

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (6)$$

şeklinde verilir.



Şekil 1: Paralel bağlanmış dirençlerden oluşan devre.

3 Deneyde Kullanılacak Araçlar

1. İki farklı direnç
2. Board
3. Voltmetre
4. Ampermetre
5. Güç kaynağı
6. Bağlantı kabloları

4 Deneyin Yapılışı

Verilen iki direnç yardımıyla Şekil 1’de görülen paralel bağlı devreyi kurunuz. Öncelikle, her iki direnç için potansiyel farklarını ve akım şiddetlerini ölçünüz, ardından paralel bağlı tüm devre için potansiyel farkı ve akım şiddetini ölçünüz. Sonuçları Tablo 1’e yazınız. Elde edilen bu veriler ve Ohm yasası yardımıyla tüm devrenin eş değer direncini bulunuz. Sonucu bir kez de Tablo 1’de belirttiğiniz dirençleri kullanarak doğrulayınız. Son olarak akım, direnç ve potansiyel farkı arasındaki ilişkileri belirtiniz.

Tablo 1: Paralel Bağlı Dirençler

Ölçülen direnç	I (A)	V (Volt)	$R=V/I$	Hesapla bulunan değer
R_1				
R_2				
R_1, R_2 paralel				

5 Deney Sonu Soruları

- 1) Ohm yasası nedir? Kısaca anlatınız.

- 2) Dirençlerin paralel olarak bağlı olduğu devrelerde akım ve gerilim durumlarını kısaca belirtiniz.

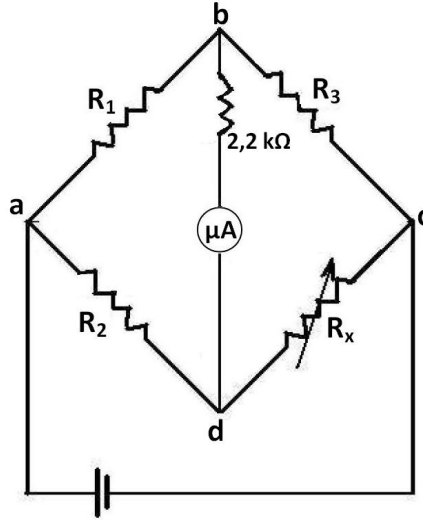
D4 : Wheatstone Köprüsü

1 Deneyin Amacı

Wheatstone köprüsü yardımı ile direnç ölçülmesinin yapılması.

2 Kuram

Wheatstone köprüsünde bilinmeyen bir R direnci, değişken bir R_x direnci ve iki R_1 , R_2 dirençleri, bir dörtgenin kenarlarını teşkil edecek şekilde bağlanır. Bu dörtgenin köşelerinden biri üzerinde bir pil veya doğru akım kaynağı, diğeri üzerinde de büyük bir direnç ile birlikte bir mikroampermetre bulunur.



Şekil 1: Wheatstone köprüsünün devre şeması.

b-d bağlantısı yapılmadan önceki durum göz önüne alınsın. Devre doğru akım kaynağına bağlandığında abc ve adc kollarından akım geçecektir. b-d bağlantısı da yapıldığında ilk başta ampermetreden b-d kolundan akım geçtiği gözlenir. R_x direncinin değeri değiştirilerek ampermetreden b-d kolundaki akımın sıfır olmasının sağlanması mümkündür. Bu durumda b ve d noktaları arasındaki potansiyel farkı sıfır olup şu eşitlikler yazılabilir:

$$V_a - V_b = V_a - V_d$$

$$V_b - V_c = V_d - V_c$$

Üst kollardaki dirençlerden aynı I_1 akımı ve alt kollardaki dirençlerden aynı I_2 akımı geçtiğinden, yukarıda belirtilen potansiyel farkları

$$I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_2$$

$$I_1 \cdot R_3 = I_2 \cdot R_x$$

şeklinde yazılabilir. Bu bağıntılardan

$$R_x = \frac{R_3}{R_1} R_2 \quad (1)$$

eşitliği elde edilir. Görüldüğü gibi köprü dengede olduğu zaman karşılıklı kenarların çarpımı ($R_1 \cdot R_x = R_2 \cdot R_3$) birbirine eşittir.

3 Deneyde Kullanılacak Araçlar

- * Analog devre kutusu.
- * Mikroampermetre.
- * 3.3 kΩ, 1.0 kΩ ve iki tane 2.2 kΩ direnç.
- * Multimetre.

4 Deneyin Yapılışı

1. R_1 , R_2 , R_3 ve R_x konumlarına dirençler Şekil 1 deki gibi bağlanır. R_x direnci için analog devre kutusundaki 10k değerli reostanın 1 ve 2 uçları kullanılır. a ve c noktaları devre kutusundaki +V ve GND çıkışlarına bağlanır. b ve d noktaları arasına mikroampermetre ve 2,2kΩ direnci bağlanır (Burada 2,2kΩ direncinin bağlanması, ampermetrenin b-d arasında yüksek akım geçmesi durumunda korunması içindir. b-d arasındaki akım sıfır olduğunda zaten direncin etkisi olmayacaktır).
2. a-c noktaları arasına devre kutusu yardımıyla birkaç volt gerilim uygulanır (Burada uygulanan voltajı artırırken ampermetrenin sapması gözlenmelidir).
3. R_x direncinin değeri, devre kutusundaki reosta kullanılarak değiştirilip ampermetreden geçen akımın SIFIR olması sağlanır (Gerçekten de uygun direnç değerlerinde b-d arasında akım geçmemekte, bu da kolayca gözlenebilmektedir).
4. Ampermetreden akım geçmediği durumda R_1 , R_2 ve R_3 konumlarındaki dirençlerin değerleri bilindiğinden denklem (1) kullanılarak R_x direnci belirlenir ($R_x(\text{hesap})$).
5. Reosta uçlarından R_x direnci multimetrenin direnç okuma özelliği kullanılarak okunur ($R_x(\text{den})$). Bu değer yukarıda (4. aşamada) deneysel olarak tayin edilen değerle karşılaştırılır.
6. R_1 , R_2 ve R_3 konumundaki dirençler değiştirilerek deney tekrarlanır.

R_1	R_2	R_3	$R_x(\text{hesap})$	$R_x(\text{den})$

5 Deney Sonu Soruları

- 1) Wheatstone köprüsü yardımıyla küçük dirençlerin değerleri bulunabilir mi? Ω mertebesinde direnç bulmak için deney düzeneğinde ne kullanılmalıdır?
- 2) Elimizde bir devre olsun (televizyon, telefon gibi herhangi dijital bir aletin içindeki devre kutusu gibi). Buradaki dirençlerin değerlerini deneyde kurduğumuz düzenek yardımıyla nasıl hesaplayabiliriz?

D5 : Elektrik Yüklerinin Depolanışı ve Akışı

1 Deneyin Amacı

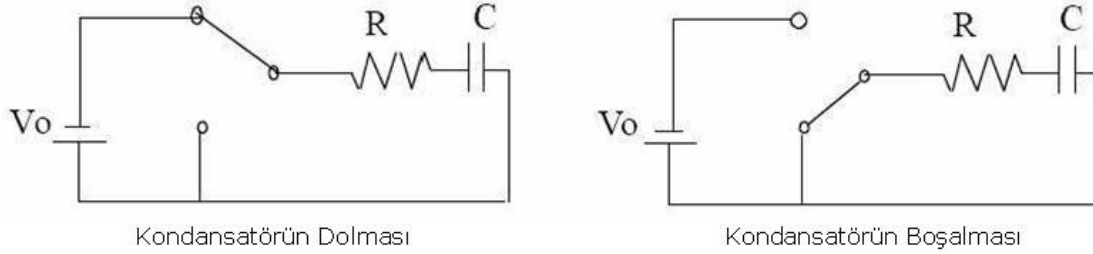
Bir kondansatörün dolması ve bir direnç üzerinden boşalması sırasındaki akım gerilim ilişkilerinin incelenmesi ve τ zaman sabitinin bulunması.

2 Kuram

Kondansatörler miktarca eşit fakat zıt işaretli olacak şekilde yüklenmiş aralarında dielektrik bir ortam bulunan iki iletken levhadan oluşur. Bir kondansatörün levhaları üzerinde biriken Q yük miktarının, bu iletken levhaları Q yüküyle yükleyebilmek için levhalar arasında uygulanması gereken V potansiyel farkına oranı sabit olup o kondansatörün sığası olarak adlandırılır ve C ile gösterilir. Buna göre

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

yazılabilir.



Şekil 1: Bir kondansatörü yüklemek ve boşaltmak için gerekli devreler

Kondansatörün bir R direnci üzerinden dolmasını gösteren şekil 1 deki devrenin ilmek denklemi

$$V_0 - IR - \frac{Q}{C} = 0 \quad (2)$$

şeklinde ifade edilir. Burada kondansatörün dolması sırasında akım ve gerilim ilişkileri $I = dQ/dt$ den yola çıkarak

$$V_C(t) = V_0(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \quad (3)$$

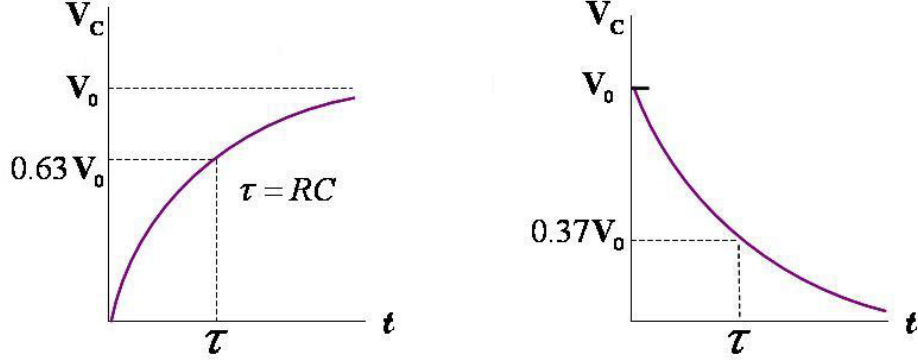
$$I(t) = I_0 e^{-\frac{t}{RC}} \quad (4)$$

şeklinde elde edilir. Burada $V_C(t)$ kondansatör üzerindeki gerilim farkının zamanla değişimini göstermektedir. $I_0 = \frac{V_0}{R}$ dir. Benzer biçimde hareket ederek yüklenmiş bir kondansatörün R direnci üzerinden boşalması durumunda $I = -\frac{dQ}{dt}$ olacağını dikkate alarak akım ve gerilim ilişkileri aşağıdaki gibi elde edilir.

$$V_C(t) = V_0 e^{-\frac{t}{RC}} \quad (5)$$

$$I(t) = I_0 e^{-\frac{t}{RC}} \quad (6)$$

Bu eşitliklerden görüleceği gibi kondansatörün yüklenmesi ve boşalması üstel fonksiyonlarla betimlenmektedir. Bu üstel terimlerde ortaya çıkan RC niceliğine devrenin zaman sabiti denir. Zaman sabiti üstel ifadeyi boyutsuz kılan ve kendisi zaman boyutunda olan bir sabittir. Buna göre bir RC devresinin zaman sabiti $\tau = RC$ şeklinde tanımlanır. Bu boşalan bir kondansatörün levhaları arasındaki gerilim farkının başlangıç değerinin $1/e$ katına düşmesi için geçen zamanı gösterir. Yani τ zamanı $V_C = \frac{V_0}{e} \simeq 0.37V_0$ olması demektir.



Şekil 2: Bir kondansatörün dolması ve boşalması sırasında üzerindeki gerilimin zamanla değişimi

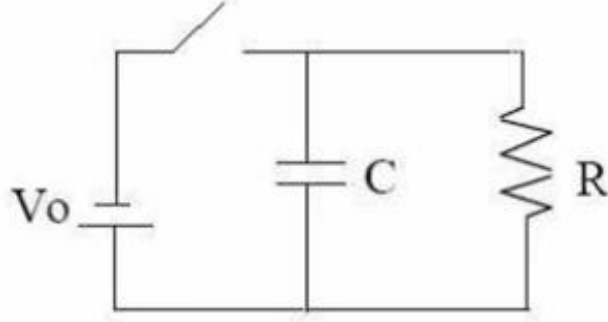
3 Deneyde Kullanılacak Araçlar

- Direnç kutusu
- $R_1 = 1M\Omega$ ve $R_2 = 2.2M\Omega$ değerlerine sahip direnç
- $C_1 = 100\mu F$ ve $C_2 = 10\mu F$ değerlerine sahip kondansatör
- Kronometre
- Bağlantı kabloları

4 Deneyin Yapılışı

1. Voltmetrenin iç direncinin bulunması: Şekil 3' teki devreyi ilk olarak R direnci olmadan $10\mu F$ kondansatörü kullanarak kurunuz ve kondansatörün uçlarına bir voltmetre bağlayınız. Bu durumda devredeki tek direnç voltmetrenin iç direnci olacaktır.

Daha sonra güç kaynağını 7 volta getiriniz ve devredeki anahtarı kapatarak kondansatörü doldurunuz. Bir süre bekledikten sonra voltmetreden gerilim değerini okuyunuz. Şimdi anahtarı açınız. Anahtarı açtığınız anda kronometreyi de çalıştırınız ve gerilimin azalmasını gözleyerek boşalan bir kondansatörün levhaları arasındaki gerilim farkının başlangıçtaki geriliminin $1/e$ değerine düşmesi için geçen süreyi ölçünüz ve $\tau = R_{iç}C$ bağıntısında yerine yazarak voltmetrenin iç direncini ($R_{iç}$) bulunuz.



Şekil 3: Deney Düzenegi

2. Zaman sabitinin bulunması: Şekil 3' teki devreyi bu kez $R_1 = 1M\Omega$ direncini ve $C_1 = 100\mu F$ kondansatörünü kullanarak kurunuz. Yukarıdaki anlatıldığı şekilde τ yu ölçünüz (τ_{den}). $\tau = RC$ formülünde R ve C değerlerini yazarak zaman sabitini teorik olarak hesaplayınız (τ_{teo}). Aynı işlemi $R_2 = 2.2M\Omega$ direncini ve $C_2 = 10\mu F$ kondansatörünü kullanarak tekrarlayınız. Bu hesaplamalar sırasında kullandığınız voltmetrenin iç direncini de dikkate alınız.

Voltmetrenin İç Direnci		
C=	t=	$R_{iç} =$

Ölçülen ve Hesaplanan τ Değerleri		
$\tau(s)$	$R_1 = 1M\Omega$ ve $C_1 = 100\mu F$	$R_1 = 2.2M\Omega$ ve $C_1 = 10\mu F$
τ_{den}		
τ_{teo}		

5 Deney Sonu Soruları

- 1) RC çarpımının zaman boyutunda olduğunu gösteriniz.
- 2) Voltmetrenin iç direncinin hesaplara dahil edilmemesi zaman sabitini nasıl etkiler? Açıklayınız.
- 3) Deneyde kullanılan kondansatör ve dirençlerle Şekil 2'deki kondansatörün boşalması sırasında üzerindeki gerilimin değişimi grafiği deneysel olarak nasıl çizilebilir?

D6 : Manyetizma

1 Deneyin Amacı

Manyetik alan ve manyetik alan çizgileri kavramlarının öğrenilmesi. Helmholtz bobininin ürettiği manyetik alandan büyüklüğünden yararlanarak, çubuk mıknatısın manyetik alan büyüklüğünün belirlenmesi.

2 Teori

2.1 Manyetostatik ve manyetik alan

Manyetit adı verilen Fe_3O_4 demir cevheri; demir, nikel gibi cisimleri çekme özelliğine sahiptir. Bu özelliğe *mıknatıslık*, buna sahip cisimlere de *mıknatıs* denir. Manyetit bir doğal mıknatıstır. Suni olarak yapılan bir mıknatıs çubuğu düşey bir eksen etrafında serbestçe dönebilecek tarzda kütle merkezinden asılırsa eksenini yaklaşık olarak kuzey-güney doğrultusunu alır. Mıknatısın kuzeye dönük ucuna *kuzey kutup* veya *(+) kutup*, güneye dönük ucuna da *güney kutup* veya *(-) kutup* denir. Kuzey kutup (N), güney kutup (S) harfiyle belirtilir. Mıknatıs çubuğunun çekme özelliğinin toplandığı kutup noktaları eksen üzerinde ve mıknatıs uzunluğunun 1/12'si kadar uçlardan içeridedir. Aynı işaretli iki kutup birbirini iter, zıt işaretli iki kutup birbirini çeker. Bir mıknatısın her iki kutbunun şiddeti zıt işaretle ve eşittir. Kutup şiddeti P harfiyle gösterilir.

Herhangi iki kutbun birbirine uyguladıkları itme veya çekme kuvveti, kutup şiddetiyle doğru, aralarındaki uzaklığın karesiyle ters orantılıdır.

$$F = \frac{P_1 P_2}{\mu r^2} \quad (1)$$

Burada r kutuplar arasındaki uzaklık, μ ise kutuplar arasındaki ortamın manyetik özellikleri ile ilgili bir büyüklük olup ortamın *manyetik geçirgenlik katsayısı* (*permeabilite*) adını alır.

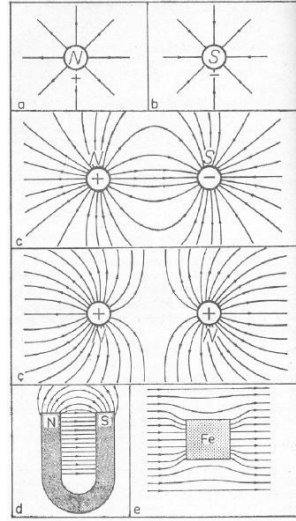
Bir mıknatıs kutbu yakınındaki uzay parçasının kazandığı özelliğe *manyetik alan* adı verilir. Manyetik alanın bir A noktasında bulunan P şiddetindeki bir kutba manyetik alan tarafından uygulanan kuvvet P ile orantılıdır:

$$F = H \cdot P \quad (2)$$

H büyüklüğüne A noktasındaki *manyetik alan şiddeti* denir. Görüldüğü gibi bir noktadaki manyetik alan şiddeti, bu noktada birim kutba etkiyen kuvvete sayıca eşittir. H vektörel bir büyüklük olup birimi *oersted*'dir. Coulomb kanununa göre bir P kutbundan r uzaklığındaki manyetik alan şiddeti

$$H = \frac{P}{\mu r^2} \quad (3)$$

Faraday, elektrik alanda olduğu gibi manyetik alanda da *kuvvet çizgileri* kavramını ortaya koymuştur. Şekil 1'de değişik birkaç durum için manyetik alan kuvvet çizgilerinin durumu belirtilmiştir. Manyetik alan kuvvet çizgileri (+) kutuptan çıkar, (-) kutupta son bulur.



Şekil 1: (a) (+)kutbun, (b) (-)kutbun, (c) Komşu (+) ve (-) kutupların, (ç) Komşu iki (+) kutbun, (d) U mıknatısın manyetik alan çizgileri; (e) Düzgün manyetik alana konulan demir parçasının etkisi

Bir noktadaki kuvvet çizgisi yoğunluğu o noktadaki manyetik alan şiddetine sayıca eşittir. O halde bir noktadaki *manyetik alan şiddetini, o noktada birim yüzeyden dik olarak geçen kuvvet çizgisi sayısı* olarak tanımlayabiliriz.

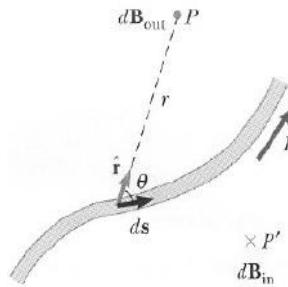
Bir uzay parçasındaki manyetik alan şiddeti H olsun. Bu uzay parçasına bir madde getirildiğinde manyetik alan şiddeti B gibi bir değer alır, öyle ki

$$B = \mu H \quad (4)$$

μH çarpımına *manyetik indüksiyon* veya *manyetik akı yoğunluğu* denir. (B)'nin birimi Tesla'dır ve B de vektörel bir büyüklüktür.

2.2 Akımın manyetik etkisi, Biot-Savart yasası

Oersted'in 1819'da akım taşıyan bir iletkenin bir pusula iğnesini saptırdığının keşfinden kısa bir süre sonra, Jean Baptiste Biot ve Felix Savart kararlı akım taşıyan bir iletkenin bir mıknatıs üzerinde kuvvet oluşturduğunu gördüler. Biot ve Savart deneysel sonuçlardan yola çıkarak uzayın bir noktasındaki manyetik alanı, bu alanı oluşturan akım cinsinden veren ifadeyi buldular.



Şekil 2: $d\vec{s}$ akım elemanın P noktasında oluşturduğu $d\vec{B}$ manyetik alanı

Biot-Savart yasası, bir telden kararlı bir I akımı geçerse, teldeki bir $d\vec{s}$ elemanın

P noktasında (Şekil-2) oluşturduğu $d\vec{B}$ manyetik alanının

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I d\vec{s} \times \hat{r}}{4\pi r^2} \quad (5)$$

bağıntısıyla ifade edilebileceğini belirtmektedir. P noktasında oluşan $d\vec{B}$ manyetik alan şu özellikleri taşımaktadır:

- $d\vec{B}$ vektörü hem $d\vec{s}$ 'ye (akım yönündedir) hem de $d\vec{s}$ elemanından P noktasına doğru yönelen \hat{r} birim vektörüne diktir.
- $d\vec{B}$ 'nin büyüklüğü r^2 ile ters orantılıdır. Burada r $d\vec{s}$ elemanının P'ye uzaklığıdır.
- $d\vec{B}$ 'nin büyüklüğü akımla ve elemanın uzunluğu olan $d\vec{s}$ ile orantılıdır.
- $d\vec{B}$ 'nin büyüklüğü $\sin \theta$ ile orantılıdır. Burada θ , $d\vec{s}$ ve $d\hat{r}$ vektörleri arasındaki açıdır.

Sonsuz uzunlukta doğrusal bir telin kendinden dik a uzaklığındaki noktada oluşturduğu manyetik alan

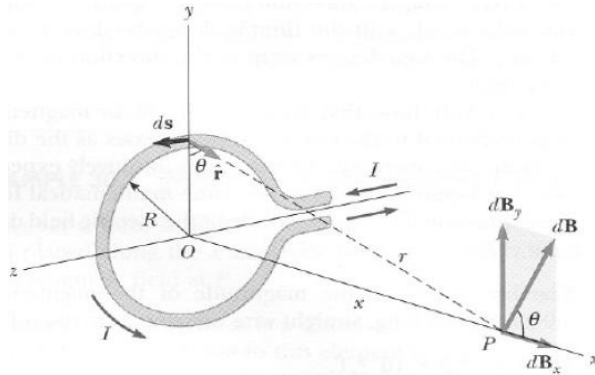
$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a} \quad (6)$$

ile verilir. Alan çizgileri, tele dik olan düzlem içerisinde tel ile aynı eksenli çemberler halinde olup \vec{B} 'nin büyüklüğü a yarıçaplı herhangi bir çember üzerinde sabittir. \vec{B} 'nin yönünü belirlemek için kullanılan bir kural, baş parmak akım yönünü gösterecek şekilde sağ-el ile teli kavramaktır. Kıvrılan dört parmak manyetik alanın yönünde olur.

Şekil-3'de görüldüğü gibi kararlı bir I akımı geçiren ve yz düzleminde bulunan R yarıçaplı bir çembersel teli gözönüne alalım. Bu çemberin ekseninde merkezden x uzaklıktaki bir P noktasında oluşturduğu manyetik alan

$$\vec{B}_x = \frac{\mu_0 I R^2}{2(x^2 + R^2)^{3/2}} \quad (7)$$

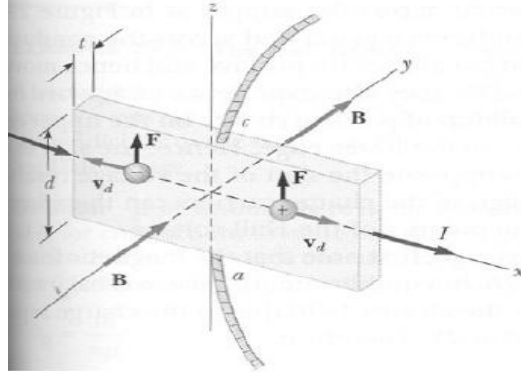
bağıntısıyla verilir. Burada $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Wb/A.m' dir.



Şekil 3: Bir akım halkasının eksenel P noktasında oluşturduğu manyetik alan

2.3 Hall olayı

1879'da Edwin Hall, akım taşıyan bir iletken bir manyetik alan içine yerleştirildiğinde, hem akıma hem de manyetik alana dik yönde bir gerilim üretildiğini keşfetti. *Hall olayı* olarak bilinen bu gözlem, yük taşıyıcılarının manyetik alan nedeniyle gördükleri manyetik kuvvetin, iletkenin her tarafına doğru sapmalarından kaynaklanır. Deneysel verilerin iyi değerlendirilmesi, yük taşıyıcılarının işareti ve yoğunluğu hakkında bilgi verir. Hall olayı, manyetik alanların ölçümü için de iyi bir teknik oluşturur. Hall olayının gözlemlendiği deneysel düzenek Şekil-4'de görüldüğü gibi x-yönünde bir I akımı taşıyan yassı şerit biçiminde bir iletkenden oluşur. y-yönünde düzgün bir B manyetik



Şekil 4: Hall olayı deney düzenegi

alanı uygulandığında yük taşıyıcıları negatif x-yönünde v_s hızı ile hareket eden elektronlar ise, yukarı doğru bir F manyetik kuvvet etkisinde kalacaklardır. Böylece elektronlar yukarı doğru saptırılarak üst kenarda toplanacaklar ve alt kenarda fazladan pozitif yükler bırakacaklardır. Kenarlarda yükün bu birikimi, yük ayrımından kaynaklanan elektrostatik alan nedeniyle yük taşıyıcılarının gördüğü kuvvet, manyetik kuvveti dengeleyinceye kadar sürer. Bu denge koşuluna ulaşıldığında, elektronlar artık yukarı doğru sapmazlar.

İletkenin kenarları arasında oluşan potansiyel farkına *Hall voltajı (gerilimi)* denir. Birim hacimdeki yük taşıyıcı sayısı n ve yükü q , kullanılan malzemenin kalınlığı t olmak üzere Hall potansiyeli

$$V_H = \frac{IB}{nqt} \quad (8)$$

ile bulunur.

3 Deneyde Kullanılacak Araçlar

Çubuk mıknatıs, Demir ayak, Güç kaynağı, Mikroampermetre, Bağlantı kabloları, Helmholtz Bobini, Hall probu.

4 Deneyin Yapılışı

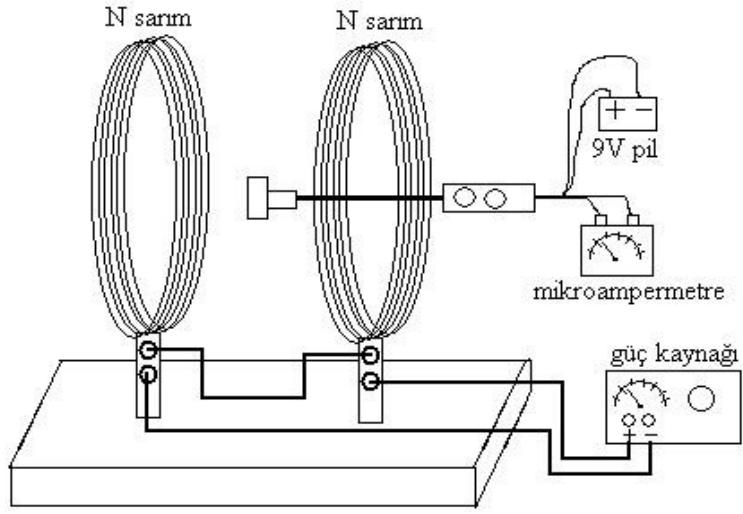
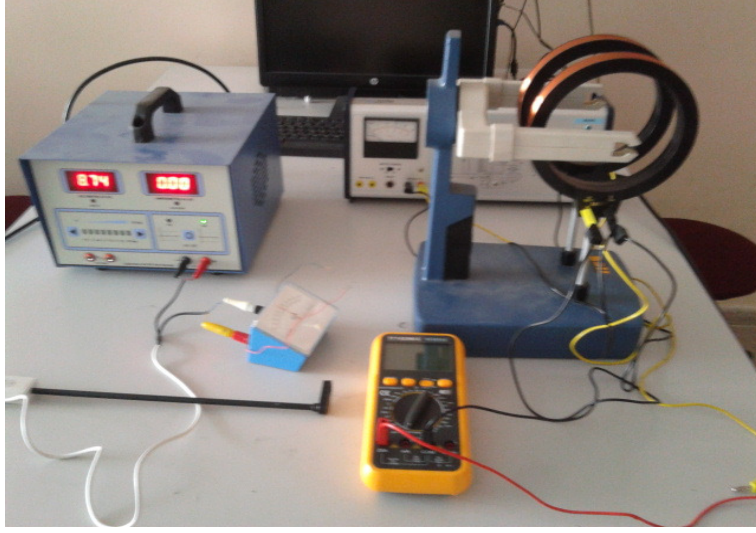
Çubuk Mıknatısın Kutupları Civarındaki Manyetik Alan Şiddetinin belirlenmesi

Karşılaştırma yöntemiyle bir mıknatıs yakınındaki noktalarda manyetik alanın büyüklüğünün, Helmholtz bobinleri kullanılarak belirlenmesi amaçlanmaktadır.

1. Şekil-5'deki devreyi kurunuz. Hall probun kırmızı-siyah uçlarını 9V'luk bir pile bağlayınız. Boşta kalan diğer iki ucu da bir mikroamperpetreye bağlayınız ve Hall probu kalibre ediniz
2. $R = 7.5cm$ yarıçaplı Helmholtz bobinlerini tutucu ayaklarına takarak yerleştiriniz.
3. Bobinlerden aynı yönde akım geçmesini sağlayacak şekilde güç kaynağı bağlantısını yapınız. Bobinlerden geçen akımı ölçmek için devreye bir ampermetre bağlayınız.
4. Bobinler arasındaki uzaklığı ölçerek not ediniz. Bu uzaklığın tam orta noktasına Hall probu yerleştiriniz. Probon konumunu, verilerinizin sağlıklı olması açısından, sonraki deney aşamalarında da değiştirmemeye özen gösteriniz.
5. Güç kaynağının voltajını ayarlayarak devreden akım geçmesini sağlayınız. Bu değeri Tablo 1'e not ediniz.
6. Hall probun bağlı olduğu mikroampermetredeki sapma miktarını not ediniz.
7. Denklem (7)'den yararlanarak bir Helmholtz bobin çiftinin ortasında oluşan manyetik alanı teorik olarak hesaplayınız ve Tablo 1'e not ediniz (sarımların sayıları bobinlerin üzerinde yazmaktadır).
8. Akım değerini arttırarak Basamak 4-6 işlemlerini birkaç kez tekrarlayınız.
9. Tablo 1'deki verileri kullanarak sapma miktarı-hesaplanan manyetik alan şiddeti grafiğini çiziniz. Bu eğri kalibrasyon eğrisi olarak kullanılacaktır.
10. Hall probu manyetik alan şiddetini belirlemek istediğiniz manyetik alan kutuplarından birine temas etmeyecek şekilde yaklaştırınız. Hall probun bağlı olduğu mikroampermetredeki sapma miktarını not ediniz.
11. Elde etmiş olduğunuz kalibrasyon eğrisinden yararlanarak bulduğunuz sapma miktarına karşılık gelen manyetik alan şiddetini eğrinin dik ekseninden okuyunuz.
12. Sonuçlarınızı yorumlayınız.

Tablo 1.

Akım (A)	Sapma miktarı(mA)	B_{teorik} (T)



Şekil 5: Helmholtz bobinlerinin manyetik alanının belirlenmesi

5 Deney Sonu Soruları

- 1) Manyetik alan ve elektrik alan arasındaki temel farkları açıklayınız.
- 2) Helmholtz bobinin özellikleri nelerdir ?
- 3) Paramanyetizma, diamanyetizma ve ferromanyetizma hakkında bilgi veriniz.

D7 : Alternatif Akım Frekansının Bulunması

1 Deneyin Amacı

Üzerinden alternatif akım geçen bir tele, sabit bir manyetik alan uygulayarak tel üzerinden geçen alternatif akımın (şehir akımı) frekansının bulunması.

2 Teori

2.1 Salınımlar

Eşit zaman aralıkları ile kendini tekrarlayan harekete periyodik veya harmonik hareket denir. Eğer bir parçacık periyodik bir hareket içerisinde ileri-geri yer değiştiriyorsa *salınım veya titreşim hareketi* yapıyor demektir. Yaya asılı bir kütlelin, denge konumundan uzaklaştırılarak serbest bırakılması sonucu denge halinin etrafında yaptığı hareket bir titreşim hareketidir.

Fizikte dalga hareketi, ortamın veya uzayın bir noktasında oluşan titreşim hareketinin ortamda veya uzayda yayılması olarak tanımlanır. Ancak bu yayılma sırasında, teorik olarak ortamın veya uzayın belirli bir parçasının taşınması söz konusu değildir. Dalga hareketi ortamda oluşan şeklin dalganın yayılma doğrultusu durumuna göre sınıflandırılır: dalga hareketini oluşturan titreşim hareketinin doğrultusu dalganın yayılma doğrultusuna dik ise bu tür dalgalar enine dalgalar, titreşim doğrultusu ile yayılmanın aynı doğrultuda olması halinde ise boyuna dalgalar olarak adlandırılır.

Bir hareketin periyodu (T) bir salınım için gerekli olan zamandır. Hareketin f frekansı ise birim zamandaki salınım sayısıdır ve periyodun tersine eşittir:

$$f = \frac{1}{T} \quad (1)$$

Dalga boyu (λ), dalga üzerinde en büyük iki tepe veya iki çukur arasındaki mesafedir. ν , dalganın ilerleme hızı ise

$$\nu = \lambda f \quad (2)$$

ile verilir.

Mekanik dalgaların iletilmesi için bir ortama ihtiyaç vardır. Dalganın hızını ortamın eylemsizliği ve esnekliği belirler. Gergin bir teldeki esneklik, tele uygulanan F gerilme kuvveti ile ölçülür, tel üzerindeki gerilim arttıkça geri getirici elastik kuvvet de artar. Eylemsizlik özelliği ise μ ile ölçülür, burada μ telin birim uzunluğunun kütlelidir:

$$\mu = \frac{m}{L} \quad (3)$$

m ve l sırasıyla telin kütlesi ve uzunluğudur. Dolayısıyla gergin bir teldeki enine dalganın yayılma hızı:

$$\nu = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (4)$$

ile verilir. (2) eşitliğinden yararlanarak telin titreşim frekansı:

$$f = \frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (5)$$

olarak bulunur.

2.2 Alternatif Akım

Zamanla periyodik olarak yön değiştiren akımlara alternatif akımlar denir. Gerek günlük yaşamda gerekse teknikte kullandığımız elektrik enerjisi, zamanla değişimi sinüs biçiminde olan alternatif akımdır. Bunun nedeni pil ve akümülatör gibi reteçlerle kıyaslanmayacak kadar güçlü alternatif akım reteçlerinin (alternatörlerin) daha kolay yapılması ve alternatif akım şeklindeki elektrik enerjisinin elde edildiği yerden çok uzaklara daha kolay ve daha az kayıpla iletilebilmesidir. Bundan başka alternatif potansiyel farklarını transformatör yardımı ile ihtiyaca göre yükseltmek veya alçaltmak da daha kolaydır.

Bir alternatif akım üretecinin temel ilkesi Faraday indüksiyon kanunun doğrudan bir sonucudur. İletken bir ilmek sabit bir ω açısal hızı ile bir manyetik alan içinde dönmekte ise, ilmekte sinüssel bir voltaj (emk) indüklenir. Herhangi bir andaki V voltajı

$$V = V_{max} \sin(\omega t) \quad (6)$$

ile verilir. Burada V_{max} voltaj genliğidir. ω açısal hızı ise

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} \quad (7)$$

ile verilir. f kaynağın frekansını ve T periyodudur. retece bağlı herhangi bir devredeki akımın frekansını üreteç belirler. Bu yüzden bir alternatif akım üretecinin bağlı devreden geçen akım zamanla sinüssel olarak değişen bir alternatif akımdır:

$$I = I_{max} \sin(\omega t) \quad (8)$$

Benzer şekilde I_{max} akımın genliği, ω açısal hızıdır.

2.3 Zoruna Titreşim ve Rezonans

Titreşebilen bir cismin, periyodik bir kuvvetin veya döndürme momentinin etkisi altında yapmış olduğu titreşimlere zoruna titreşim denir. Zoruna titreşimin frekansını periyodik kuvvetinkine eşittir ve titreşim genliği oldukça küçüktür. Periyodik kuvvetin frekansını, titreşebilen cismin temel titreşim frekansına veya ztitreşim frekansına eşit olduğu zaman genlik en büyük değerini alır ki bu olaya rezonans adı verilir. Salıncakta temel titreşim frekansını ile sallanan bir ocuk mekanik sistemlerdeki rezonans olayına örnek olarak verilebilir. Dışardan bir kimse salıncığa, her salıncıkta eşit ve salıncık yönünde itme kuvveti uygularsa, salıncığın genliği gittikçe artar ve bir maksimuma ulaşır. Bu olay, salıncığın rezonansa uğraması demektir. Rezonans durumunda hareketin her bir dönüşündeki enerji girdisi tam olarak sürtünmeden dolay kaybedilen enerjiye eşit olur.

Alternatif akımın frekansını rezonans olayından yararlanılarak bulunabilir. Eğer bir telin üzerinden alternatif akım geçiyorsa ve tel sabit bir manyetik alan içerisinde bulunuyorsa, telin gerginliği ayarlanarak rezonansa gelmesi sağlanır. (2) denkleminde yararlanarak alternatif akımın frekansını bulunabilir.

Alternatif akımın frekansını bulmak için kullanılacak deney düzeneği şekil-1'de görülmektedir. L uzunluğundaki bir telden alternatif akım geçirelim. Daha sonra bir U mıknaşı yardımıyla tele sabit bir manyetik alan uygulayalım. Manyetik alanın yardımı ile tele elektromanyetik bir kuvvet etki edecektir. Bu kuvvetin doğrultusu, akım ve manyetik alan doğrultularının oluşturdukları düzleme dik olup yönü sağ el kuralı ile bulunur. Sağ elin parmakları akım yönünde, avuç içi manyetik alan yönünde tutulursa yana açılan baş parmak tele uygulanan kuvvetin yönünü gösterir.

Akım alternatif ise, tele etkiyen kuvvet periyodik olarak yön değiştirecek ve dolayısı ile tel zoruna titreşim hareketi yapacaktır. F kuvveti yavaş yavaş artırılırsa, (5) e gore telin oztitreşim frekansı da artar. Telin oztitreşim frekanslarından biri alternatif akım frekansına eşit olunca (rezonans durumu), titreşim genliği en buyuk durumunu alır ve tel uzerinde duran dalgalar oluşur. Duran dalgalarda ardarda iki karın veya iki duğum arasındaki uzaklık $\lambda/2$ ve tel uzerinde N tane karın noktası oluşmuş ise $L = N\lambda/2$ dir. λ nın L cinsinden değeri yerine konursa,

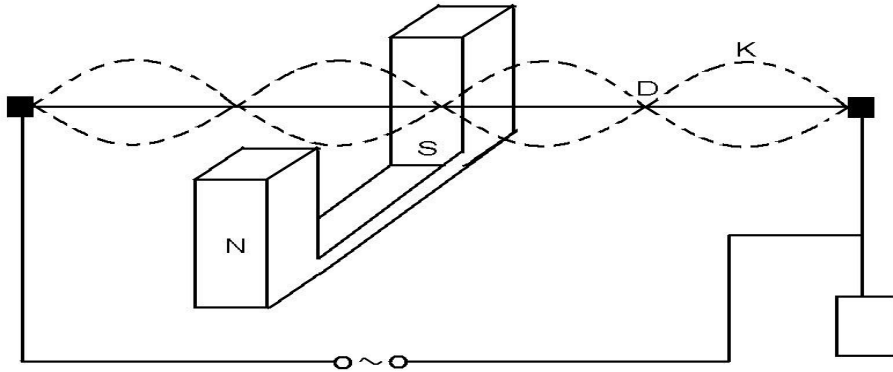
$$f = \frac{N}{2L} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (9)$$

bulunur.

3 Deneyde Kullanılacak Araçlar

- * U mıknatısı
- * İletken tel
- * Kutle tutucu
- * Kutle takımı
- * Alternatif akım ureteci
- * Cetvel

4 Deneyin Yapılışı



şekil 1: Deney duzeneği

1. Telin uzunluk (L) ve kutlesini (m) belirleyerek (3) numaralı bağıntıdan yararlanarak çizgisel yoğunluğu (μ) belirleyiniz.
2. şekil-1 deki deney duzeneğini kurunuz. Telin bir ucunun sabit olmasını sağlarken diğer ucundaki kutle tutucuya kutle koyarak tele kuvvet uygulayınız. Telin gerin olmasına dikkat ediniz.

3. Tele düşük alternatif akım uyguladıktan sonra U mıknatısı ile tele sabit bir manyetik alanın etki etmesini sağlayınız. Telin boyununu sabit tutunuz ve koyduğunuz kütle miktarlarını (M) değiştirerek maksimum genlikli ve uzun süre devam eden titreşimler (rezonans) elde etmeye çalışınız. Rezonans durumunda kârın noktalarının sayısını ve telin uzunluğunu belirledikten sonra (9) yardımı ile akım frekansını hesaplayınız. Bu işlemi farklı kütle değerleri için 2 defa tekrarlayınız ve sonuçları Tablo 1' e yazınız.
4. Bir önceki adımdaki işlemi bu kez koyduğunuz kütle miktarlarını sabit tutarak farklı iki uzunluk için 2 defa tekrarlayınız.
5. Frekansın ortalama değerini f_{ort} bulunuz ve (10) numaralı denklemden yararlanarak standart sapmayı hesaplayınız.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_i - f_{ort})^2}{n - 1}} \quad (10)$$

Burada n ölçüm sayısı, f_i her bir ölçümde bulunduğunuz frekans değeridir.

5 Ölçüler ve Sonuçlar

Tablo 1.

i	M (kg)	F (N)	L (m)	N	f_i (Hz)
1					
2					
3					
4					

$$\begin{aligned} \mu &= \dots\dots (\text{kg/m}) \\ f_{ort} &= \dots\dots (\text{Hz}) \\ f_{ort} \pm \sigma &= \dots\dots\dots (\text{Hz}) \end{aligned}$$

6 Deney Sonu Soruları

- 1) Aynı deney farklı bir cins telle yapılırsa sonuç değişir mi? Açıklayınız.
- 2) Telin uzunluğu arttırıldığında karın noktası sayısı, dalga boyu ve frekansın nasıl değişeceğini açıklayınız.
- 3) Üzerinden akım geçen telin üzerinde manyetik alan yaratan U mıknatısın kutuplarının pozisyonunun değiştirilmesi telin titreşimini etkiler mi? Etkilerse nasıl etkiler?
- 4) Zoruna titreşim ve rezonans ne demektir ? Açıklayınız.

D8 : Transformatörler

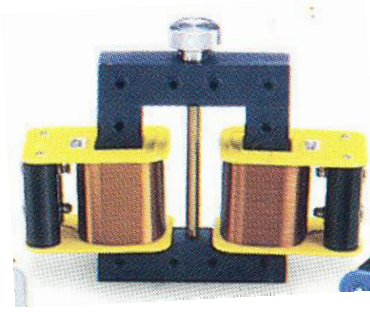
1 Deneyin Amacı

Transformatördeki akım makaralarının sarım sayıları ile bu makaralardaki gerilim, akım arasındaki ilişkiyi doğrulamak.

2 Teori

2.1 Transformatör

Transformatörler, alternatif akım devrelerinde akım (I) ya da gerilimi (V) istenilen değere getirmeye yarayan cihazlardır.



Şekil 1: Transformatör

Şekil 1 de görüldüğü gibi ferromanyetik bir çekirdek etrafına sarılı akım makaralarından oluşur. Akımın uygulandığı kısma *primer* alındığı kısma da *sekonder* denir. İdeal bir transformatör elektrik enerjisini ısı enerjisine dönüştürmez. Bu durumda primer kısımdaki güç sekonder kısımdaki güce eşit olacaktır. I_p, V_p primer kısımdaki akım ve gerilimin etkin değeri, I_s, V_s sekonder kısımdaki akım ve gerilimin etkin değeri olmak üzere

$$V_p I_p = V_s I_s \Rightarrow \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

geçerlidir.

N_p, N_s -sırasıyla- primer ve sekonder kısımda yer alan akım makaralarındaki sarım sayıları olmak üzere,

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} \quad (1)$$

bağıntısı geçerlidir.

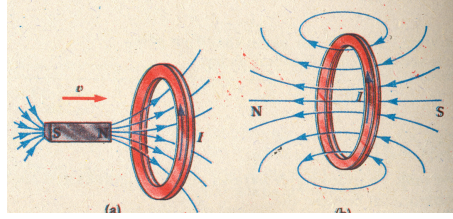
Transformatörler, üretilen elektrik enerjisinin şehirlere taşınabilmesini sağlayan düzeneklerdir. Gerilim, elektrik üretilen yerde transformatör ile yükseltilir ve şehirler arası hat ile şehre iletilir. Burada ise başka bir transformatör ile şehirde kullanılan 220V etkin değerine getirilir.

Şehirler arası iletim hattında elektrik iletimi sırasındaki kayıp gücün $I^2 R$ olduğu hatırlanırsa, iletim sırasında akımın düşük (dolayısıyla gerilimin yüksek) tutulmasının iletim sırasındaki kayıpları azaltacağı görülebilir. Burada R iletim hattının direncidir

ve kullanılan kabloların uzunluğu ile doğru genişliği (çapı) ile ters orantılıdır. İşte gerilimin şehirler arası iletim sırasında yükseltilmesinin sebebi budur.

Transformatörlerin çalışma esası *manyetik indüksiyon* olayına dayanır.

2.2 Faraday İndüksiyon Yasası



Şekil 2: Manyetik İndüksiyon Olayı

Manyetik indüksiyon olayı kapalı bir iletken devreden geçen zamanla değişen manyetik akı ile oluşur. Bunun sonucunda kapalı devrede bir *indüklenmiş akım* oluşacaktır. Bu Faraday indüksiyon yasasıdır. Akımın yönü ise Lenz Kanunu ile bellidir. Akımın oluşturduğu manyetik alan, kendisini oluşturan manyetik akı değişimine karşı koyacak (zıt) yöndedir.

Manyetik akı kabaca manyetik alan çizgilerinin miktarı olarak düşünülebilir. Manyetik akı matematiksel ifadesi

$$\Phi = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad (2)$$

şeklindeki bir yüzey integrali ile verilir. Buradaki \vec{B} manyetik alan vektörü ve $d\vec{A}$ da kapalı devredeki manyetik alan çizgilerinin geçtiği bölgede yüzey elemanıdır.

Bu durumda, manyetik akı (2) ile verilmek üzere, Faraday indüksiyon yasasının matematiksel ifadesi

$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi}{dt} \quad (3)$$

olacaktır. Burada N kapalı devredeki sarım sayısı, ε indüklenen emk ve t de zamandır. Faraday indüksiyon yasası kapalı bir devrede indüklenen emk nın devreden geçen manyetik akımın zamana göre değişimi ile doğru orantılı olduğunu söyler.

Şekil 2 de manyetik indüksiyon olayı görülmektedir. Soldaki şekilde kapalı bir iletkene doğru yaklaşan bir mıknatıs vardır. Dolayısıyla kapalı devre içinden geçen manyetik alan çizgilerinin sayısı (manyetik akı) zamanla artmaktadır. Manyetik indüksiyon olayı gereği kapalı devrede indüklenen akımın oluşturduğu yeni manyetik alan, devredeki manyetik akıyı azaltacak yöndedir ve sağdaki şekilde gösterilmiştir.

Kapalı devreden geçen manyetik alan düzgün ise (yani manyetik alan çizgileri her yerde aynı doğrultuda ve şiddette ise) indüklenmiş emk

$$\varepsilon = -N \frac{d}{dt} (BA \cos \theta) \quad (4)$$

ile verilecektir. Burada A kapalı devrenin manyetik alan geçen kısmının alanı, θ ise kapalı devrenin manyetik alan geçen yüzeyinin normal vektörü (yüzeye dik birim vektör) ile manyetik alan vektörü arasındaki açıdır. Bu bağıntıdan şu sonuçlar çıkar:

- Oluşan emk kendisini oluşturan sebebe karşı koyacak yöndedir (sağ tarafın başındaki - işareti).

- Devredeki sarım sayısı (N) ne kadar büyükse o kadar büyük bir emk indüklenmiş olacaktır.
- Manyetik akı değişimi ne kadar büyükse o kadar büyük bir emk indüklenmiş olacaktır. Bu değişim
 - Manyetik alan şiddetinin (B) zamanla değişiminden
 - Manyetik alan çizgilerinin geçtiği kapalı yüzeyin alanının (A) zamanla değişiminden
 - Manyetik alan vektörü ile alan çizgilerinin geçtiği kapalı yüzey normal vektörü ile arasındaki açının (θ) zamanla değişiminden

kaynaklanabilir.

2.3 Transformatörde İndüksiyon

Şekil 1 de görülen transformatörde primer devreye uygulanan akımdan dolayı bir manyetik alan oluşur. Oluşan bu manyetik alanın çizgileri sekonder devreden de geçer. Yani sekonder devreden geçen bir manyetik akı vardır. Primer devreye uygulanan zamanla değişen akım sekonder devreden geçen manyetik akımın zamanla değişimini sağlayacaktır. Bu durumda sekonder devrede (4) ile verilebilen bir emk (ya da akım) indüklenmiş olur. Bu emk (ya da akım) değeri (4) den görülebileceği gibi, sekonder devredeki sarım sayısına ve manyetik akımın zamanla değişimine bağlıdır.

Şekil 1 deki primer ve sekonder sarımlar bir ferromanyetik (örneğin demir) çekirdek etrafına sarılıdır. Bu, primer devrede oluşan manyetik alanın güçlendirilerek sekonder devreye aktarılmasını sağlar. Ferromanyetik çekirdek olmaması durumunda da primerde oluşan manyetik alan çizgileri sekondere aktarılacaktır ama bu durumda büyük bir kayıp oluşacağından transformatör yeteri kadar verimli çalışmayacaktır.

Verim, alınan gücün verilen güce oranı olarak düşünülürse Şekil 1 deki transformatör için verim

$$\frac{I_s V_s}{I_p V_p} \quad (5)$$

ile verilebilir. Yüzde verimi bulmak için (5) eşitliği 100 ile çarpılır.

3 Deneyde Kullanılacak Araçlar

- Değişik sarım sayılarına sahip bobinler
- Transformatörün kurulacağı demir çekirdek
- Voltmetre, ampermetre
- AC güç kaynağı

4 Deneyin Yapılışı

1. Önce manyetik indüksiyon olayını doğrulamak üzere değişik sarım sayılarındaki bobinlere bir mıknatıs yaklaştırarak üzerinde bir indüksiyon emk sı oluşup oluşmadığını gözleyin. Bunun için bobinlere voltmetre bağlamalısınız. Gözlem sonuçlarınızı yorumlayın (örneğin daha büyük sayıda sarıma sahip bobinde daha büyük bir emk mı oluşuyor, sebebi ne olabilir?).

2. Değişik sarım sayısına sahip iki bobini şekil 1 deki gibi ama demir çekirdeği kullanmadan yan yana koyun. Her iki bobine de birer voltmetre bağlayın. Primer kısma belirli bir gerilim değerinde alternatif akım uygulayın (örneğin 5 V). Primer ve sekonder kısımdaki gerilim değerleri arasındaki ilişkiyi gözleyin. Gözlem sonuçlarınızı yorumlayın (örneğin ölçüm sonuçlarınız (1) ile uyumlumu, bu uyumun/uyumsuzluğun sebebi ne olabilir ?). Alabildiğiniz ölçüm sonuçlarını ilgili tabloya yazın.
3. 2. adımda yaptığımız işlemin aynısını bu sefer demir çekirdekleri kullanarak şekil 1 deki gibi oluşturduğunuz sistem için yapın ve bu sefer ölçüm sonuçlarınızı ilgili tabloya kaydedin.
4. 2 ve 3. adımlarda aldığımız ölçümler için (5) i kullanarak yüzde verimi hesaplayın ve ilgili tablodaki yerlerine yazın.
5. 3. adımda elde ettiğiniz ölçüm sonuçlarının (1) ile uyumlu olup olmadığının ölçüsü olarak (5) den elde ettiğiniz verim değerlerini kullanabilirsiniz. Bu değerler %100 e ne kadar yakınsa ölçüm sonuçlarınız (1) ile o kadar uyumludur. Sonuçlarınızı yorumlayın.
6. 2 ve 3. adımlardaki gözlem (ya da ölçüm) sonuçlarınızın arasındaki fark(lar)ın ne olduğunu ve nedenlerini tartışın (örneğin verimler birbirinden farklı mı, farklı ya da değilse bunun sebebi ne olabilir ?).

5 Ölçüler ve Sonuçlar

2. adım için

Ölçüm	N_p	N_s	V_p (V)	V_s (V)	I_p (A)	I_s (A)	verim(%)
I							
II							
III							

3. adım için

Ölçüm	N_p	N_s	V_p (V)	V_s (V)	I_p (A)	I_s (A)	verim(%)
I							
II							
III							

6 Deney Sonu Soruları

1. Eşitlik (1) ile verilen bağıntı ideal olmayan transformatörler için geçerli midir? Sebebini açıklayınız.
2. Primer ve sekonder sarımlar arasına ferromanyetik özellikli demir çekirdek koyulmasındaki amaç ne olabilir?
3. Bu deneyde, sisteme AC (alternatif akım) yerine DC (doğru akım) uygulamış olsaydınız ne gözlemlerdiniz, neden?