

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN EDEBİYAT FAKÜLTESİ
FİZİK BÖLÜMÜ**

**FİZİK LABORATUARI – II
(ELEKTRİK VE MANYETİZMA)**

ŞUBAT 2012

İÇİNDEKİLER

Laboratuar Çalışmalarında Dikkat Edilecek Hususlar.....	2
Deney Raporunun Hazırlanması.....	3
Deney 1: Elektrik Alan Çizgileri	4
Deney 2: Kondansatörler.....	7
Deney 3: Paralel Plaka Kondansatörler.....	9
Deney 4: Dirençlerin seri ve paralel bağlanması.....	11
Deney 5: Kirchhoff Kuralları ve Wheatstone Köprüsü.....	13
Deney 6: Dolu Kapasitörlerin Boşaltılması	21
Deney 7: Üzerinden Akım Geçen Bir Tel Halkanın Merkezindeki Manyetik Alan	27
Deney 8: Transformatörler ve İndüksiyon Bobini	36
Deney 9: Bir Makaranın Öz İndüksiyon Katsayısının (L) Tayini	40

LABORATUVAR ÇALIŞMASI HAKKINDA DİKKAT EDİLECEK HUSUSLAR:

- 1) Deney gruplarında bulunan öğrenciler, karşılıklı yardımlaşmanın yanında ölçülerini sıra ile alacaklar ve hesaplamalarını da ayrı ayrı yapacaklardır.
- 2) Laboratuvara gelmeden önce konu ile ilgili deney okunacak, gerekirse ilgili kitaplardan çalışılacaktır. Laboratuvarda bulunan araştırma görevlisi hazırlanmadığınızı anlarsa sizi laboratuvardan çıkarabilir. Deneyi telafi etme imkanı olmazsa, o deneyi yapmamış kabul edileceksiniz.
- 3) **Laboratuvara girince alet ve cihazlara dokunmayınız. Görevlinin gelmesini bekleyerek, iznini ve tavsiyelerini aldıktan sonra sadece size tanıtılan aletleri kullanınız.**
- 4) Laboratuvara gelirken yanınızda mutlaka grafik kağıdı getiriniz.
- 5) Deneyi kurduktan sonra kontrolünü yaptırıp ondan sonra çalışmaya başlayınız.
- 6) Laboratuvarda deney yaparken yüksek sesle konuşmayınız.
- 7) Çalışmalarınız sırasında diğer arkadaşlarınızı rahatsız etmeyiniz
- 8) Laboratuvara gelirken mutlaka cep telefonlarınızı kapatınız (deney sırasında da açmayınız).
- 9) Deney öncesi görevli tarafından yapılan açıklamaları mutlaka dikkatlice dinleyiniz ve gerektiği şekilde uygulayınız.
- 10) Aletleri dikkatli ve özenli kullanınız. Aletlerde meydana gelebilecek bir hasarın maddi olarak tarafınızdan karşılanacağını unutmayınız.
- 11) Deneyinizi bitirdikten sonra masanızı kesinlikle temiz ve aldığınız gibi bırakınız.
- 12) Laboratuvara %80 devam zorunluluğu vardır. Bundan dolayı devama gereken hassasiyeti gösteriniz. **Raporsuz 3 deneye gelmeyen öğrenciler dersten devamsız sayılacaktır.**
- 13) Öğrencilerin yarıyıl boyunca laboratuvar derslerine gelirken beyaz önlüklerini yanlarında getirmeleri zorunludur. **Önlüklü gelmeyenler laboratuvara alınmayacaktır.**
- 14) **Her deney öncesi kısa sınav yapılacaktır.** Bu nedenle herkes deneyine hazır olarak gelmelidir.
- 15) Her deneyden sonra gelirken yapılan deneyle ilgili rapor düzenli bir şekilde tutulacak ve bir sonraki deneye hazırlanan bu rapor deneyden sorumlu Araş. Görevlisine kontrol ettirilecektir.

DENEY RAPORUNUN HAZIRLANMASI:

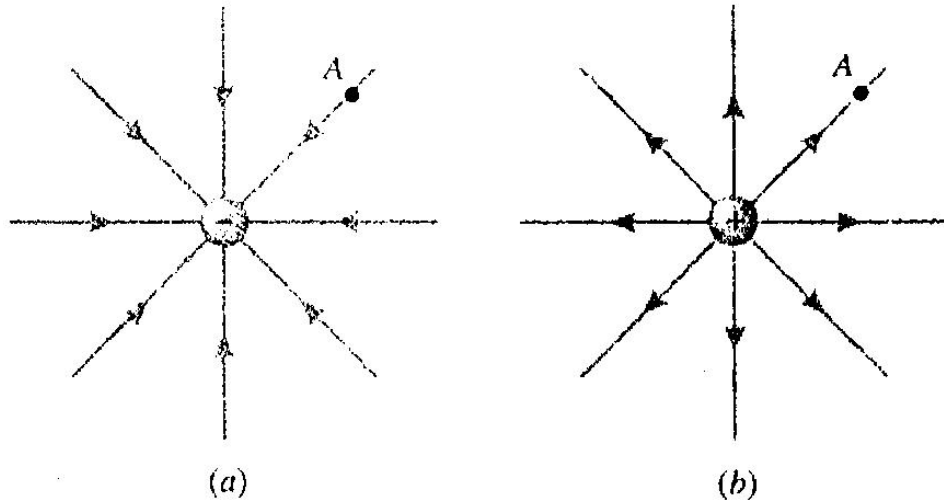
- 1- Hazırlayacağınız raporun ilk sayfasına(ortada olacak şekilde) deneyin adını, deneyin numarasını, adınızı, soyadınızı, numaranızı, hangi öğretimde olduğunuzu ve grubunuzu yazınız. Bu sayfaya başka herhangi bir şey yazmayınız.
- 2- Başlık ortalı bir şekilde yazılacak ve raporun hazırlanması işlemi aşağıdaki gibi olacaktır.
- 3- Deneyin adı
- 4- Deneyin amacı: yaptığınız deneyde neyi hedeflediğinizi kendi cümlelerinizle yazınız.
- 5- Deneyin teorisi: yaptığınız deneyin teorisini değişik kaynak kitaplar kullanarak yazınız.
- 6- Deneyin yapılışı: öncelikle deney şemasını nasıl kurduğunuzu, kullandığınız aletleri ve ölçüleri nasıl aldığınızı yazdıktan sonra hesaplamalarınızı yapınız. Eğer çizilmesi gereken grafik varsa milimetrik kağıt kullanarak hassas bir şekilde grafiğinizi çiziniz.
- 7- Sonuç, hata hesabı ve yorum: deneyin bu kısmında hesapladığınız büyüklük ile ilgili hata hesabını yaparak deneyinizi yorumlayınız.
- 8- Raporlar elle yazılacaktır, bilgisayar çıktısı kabul edilmeyecektir.

DENEY NO: 1**ELEKTRİK ALAN ÇİZGİLERİ****AMAÇ:**

Elektrik alan çizgilerinin eşpotansiyel yüzeylerden yararlanılarak tespit edilmesi

TEORİ:

Elektrik alan, kuvvet alanı içine konulan (+) birim yüke (deneme yükü) etki eden Coulomb kuvveti olarak tanımlanır. Bir noktadaki elektrik alanın yönü o noktaya konulan pozitif deneme yüküne etkiyen kuvvetin yönü ile aynıdır.

**Şekil 1.**

Şekil 1’de görüldüğü gibi pozitif deneme yükü(A), negatif yükün yanına konulduğunda etki eden kuvvet negatif yükün merkezine yönelmiştir. Buradan da negatif yükün çevresinde oluşan elektrik alanın yükün içine doğru radyal olarak yöneldiği sonucuna varılır.

Eğer pozitif deneme yükü(A) pozitif bir yüke yaklaştırılırsa, merkezdeki pozitif yük tarafından dışa doğru itilir, bu da bize pozitif yükün elektrik alanının dışarıya doğru yöneldiğini gösterir.

Elektrik alan;

$$E = F/q_0$$

şeklinde ifade edilir. Birimi newton/coulomb (N/C)’dur.

Pozitif ve negatif yükler bir araya getirilirse, Şekil 2’de görüldüğü gibi elektrik alan çizgileri pozitif yükten çıkıp, negatif yükte sonlanacak şekilde yönelirler.

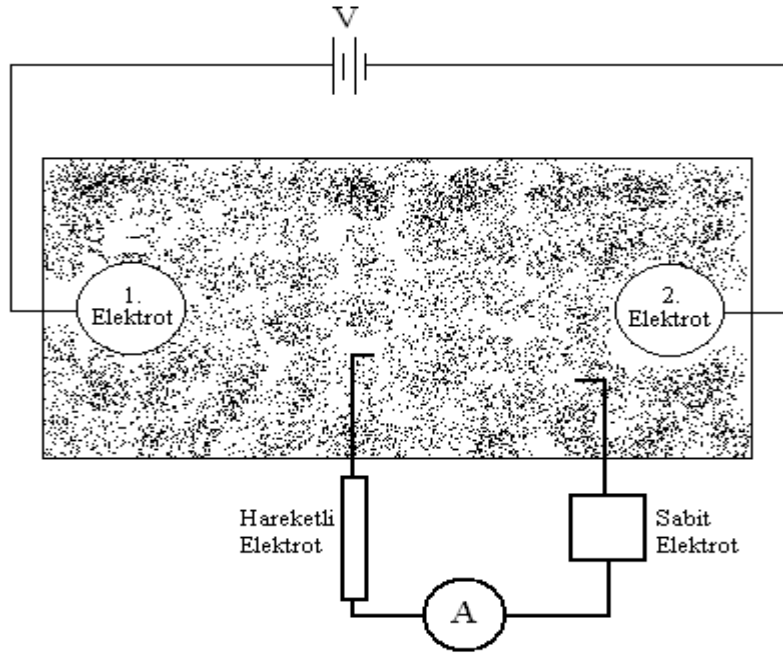
Bir deneme yükünü bir noktadan (A) diğer noktaya (B) taşıdığımızda yük üzerinde hiçbir iş yapılmıyorsa, bu iki nokta aynı elektriksel potansiyeldedir, yani eşpotansiyel yüzey üzerinde hareket edilmiş olur. Bu iki nokta arasında yükün hareketiyle yapılan iş

$$W_{AB} = q_0(V_B - V_A)$$

ile verilir. Deneme yükü eşpotansiyel yüzey üzerinde hareket ettiğinde, $V_B=V_A$ olacağından W_{AB} (yapılan iş) sıfır olacaktır. Düzgün bir elektriksel alan eşpotansiyel yüzeylere dik düzlemlerden oluşur. Bu sonuca göre eşpotansiyel yüzeyler kullanılarak elektrik alan çizgileri tespit edilebilir.

DENEYİN YAPILIŞI:

Şekil 4'deki devre kurulur ve güç kaynağı DC konumuna getirilir. Kap içerisinde bulunan iletken bakır sülfat çözeltisi devrede yük akışını sağlar ve devre tamamlanır. (**Not:** Lab. Asistanı devreyi kontrol etmeden çalıştırmayınız. Kaptaki sıvı asidiktir bundan dolayı dikkatli olunması gerekir.) Biri sabit diğeri de gezici olan elektrotlardan sabit olanı bir noktaya konur, gezici olanı da çözelti içerisinde gezdirilerek akımın sıfır değerini gösterdiği nokta (eşpotansiyel yüzey noktası) bulunur ve dışarıdaki bir diğeri grafik kağıdına kaydedilir. Bu noktalar birleştirilerek eşpotansiyel yüzeyler elde edilir. Yüzeylere her noktasında dik olacak şekilde çizilen çizgiler elektrik alan çizgilerini verir.



Şekil 4.

SORULAR

- 1) Elektrik alan çizgileri neden elektrotlara diktir?
- 2) Elektrotların boyları sonsuz uzunlukta olsaydı, deney sonuçlarında nasıl bir değişiklik beklerdiniz.

DENEY NO: 2**KONDANSATÖRLER****AMAÇ:**

Kondansatörler ve yüklerin incelenmesi

TEORİ:

Birbirinden dielektrik madde ile ayrılmış iki veya daha fazla iletken levhadan oluşan ve üzerinde yük biriktirmeye yarayan devre elemanına kondansatör denir. Bu levhalar paralel ve zıt yüklüdür. İletken levhalarda V potansiyeli altında Q yükü biriktiği kabul edilirse, biriken bu yük ile potansiyel oranı sabit olup kondansatörün sığası adını alır ve C ile gösterilir. Buna göre,

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

olur. Sığa yük biriktirme kabiliyetini anlatır. Birimi ise farad'dır. Farad çok büyük bir birim olduğu için, mikroyfarad ($1 \mu F = 10^{-6}F$), nanofarad ($1nF = 10^{-9}$), pikofarad ($1pF = 10^{-12}$) gibi birimler kullanılır. Elektrik alan şiddetini azaltma yeteneğine sahip maddelere **dielektrik** madde denir. Dielektrik sabiti K ile gösterilir. Bu dielektrik sabiti boşluk için 1 olup diğer dielektrik maddeler için 1'den büyüktür. Örneğin hava için bu 1.006 ve mika için 6'dır. İki yüklü levha arasına dielektrik madde konulursa kondansatörün sığası değişir. Paralel plakalı bir kondansatörün sığası,

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

ile verilir. Burada A plakanın yüzey alanı, d levhalar arası uzaklık, ε ise ortamın elektriksel geçirgenliğidir. Boşluk için $\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} C^2/Nm^2$ değerindedir.

Kondansatörlerin eşdeğer sığası seri bağlandığında,

$$\frac{1}{C_{eş}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots \quad (3)$$

olur. Paralel bağlanma durumunda ise eşdeğer sığa,

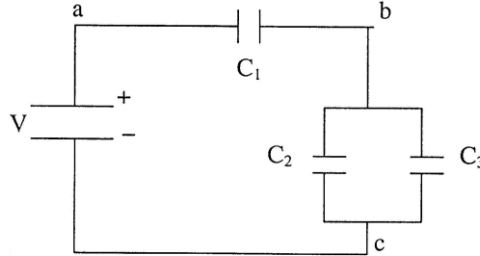
$$C_{eş} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots \quad (4)$$

ifadesiyle verilir.

DENEYİN YAPILIŞI:

Bölüm A

Devredeki kondansatörleri ve güç kaynağından vereceğiniz. V gerilimini belirleyerek Şekil 1'deki devreyi kurunuz. Gerilimin en çok 10 volt olmasına dikkat ediniz. Deneyde önce teorik hesaplamalar, daha sonra ölçümler yapılacaktır.



Şekil 1

Teorik Hesaplama: Belirlenen gerilim ve sığa değerlerine göre devrenin eşdeğer sığasını bulun. Sonra devreye verilen toplam yükü $Q_T = C_{eş} \cdot V$ 'den hesaplayın. Toplam yükün tamamı 1. kondansatörden geçeceğinden $Q_T = Q_1$ olacaktır. Daha sonra 2. ve 3. kondansatörler tarafından belirli bir oranda paylaşılacaktır. Eğer 2. ve 3. kondansatörler özdeş ise toplam yükü eşit olarak paylaşırlar. Kondansatörlerin sığaları ve yükleri bilindiğine göre gerilimleri hesaplayınız ve Tablo 1'de yerine yazınız.

DeneySEL Hesaplama: Avometre'yi gerilim ölçer konuma getirerek devrenin ab ve bc kollarındaki gerilimleri ölçünüz ve Tablo 1'de yerine yazınız. Daha sonra varsa hata yüzdeleri bulunuz ve yorumlayınız.

	Teorik	DeneySEL
V_{ab}		
V_{bc}		
V_T		

Tablo 1

Sorular

1) Seri ve paralel bağlı kondansatörlerde eşdeğer sığa formüllerini türetiniz.

DENEY NO: 3**PARALEL PLAKA KONDANSATÖRLER****AMAÇ:**

Paralel Plaka kondansatörlerde sığanın ve dielektrik maddenin geçirgenlik katsayısının bulunması.

TEORİ:

Birbirinden dielektrik madde ile ayrılmış iki veya daha fazla iletken levhadan oluşan ve üzerinde yük biriktirmeye yarayan devre elemanına kondansatör denir. Bu levhalar paralel ve zıt yüklüdür. İletken levhalarda V potansiyeli altında Q yükü biriktiği kabul edilirse, biriken bu yük ile potansiyel oranı sabit olup kondansatörün sığası adını alır ve C ile gösterilir. Buna göre,

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

olur. Sığa yük biriktirme kabiliyetini anlatır. Birimi ise farad'dır. Farad çok büyük bir birim olduğu için, mikrofarad ($1 \mu F = 10^{-6}F$), nanofarad ($1nF = 10^{-9}$), pikofarad ($1pF = 10^{-12}$) gibi birimler kullanılır. Elektrik alan şiddetini azaltma yeteneğine sahip maddelere **dielektrik** madde denir. Dielektrik sabiti K ile gösterilir. Bu dielektrik sabiti boşluk için 1 olup diğer dielektrik maddeler için 1'den büyüktür. Örneğin hava için bu 1.006 ve mika için 6'dır. İki yüklü levha arasına dielektrik madde konulursa kondansatörün sığası değişir. Paralel plakalı bir kondansatörün sığası,

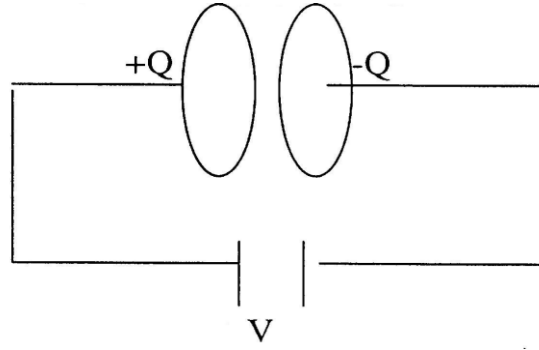
$$C = \epsilon \cdot \frac{A}{d} \quad (2)$$

ile verilir. Burada A plakanın yüzey alanı, d levhalar arası uzaklık, ϵ ise ortamın elektriksel geçirgenliğidir. Boşluk için $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} C^2/Nm^2$ değerindedir.

Deneyin Yapılışı:

Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi aralarında belirli bir d uzaklığı bulunan paralel plakalı kondansatörün V gerilimi altındaki sığası ve yükü hesaplanacaktır.

Bu gerilim altında plakalardan biri +Q, diğeri ise -Q yükü ile yüklenecektir. Plakalara uyguladığımız V gerilimini değiştirdiğimizde Q yük miktarı da değişeceğinden, Q/V oranı değişmez, yani C sığası sabit kalır. Öte yandan $C = \epsilon.A/d$ ifadesine baktığımızda sığa ϵ , A ve d'ye bağlıdır. Bu nicelikler en az birinin değişmesi sığayı değiştirecektir.



Şekil 2

1. Aşama: Farklı d uzaklıkları için kondansatörde biriken q yükünü bulunuz. Bunu bulmak için **LRCmetre** ile (2 nF'lık kısma getirerek) sığayı ölçünüz. Devreye verilen gerilim ve sığa bilindiğine göre yük değerini bularak Tablo 2'ye yazınız. Ayrıca d , A ve C bilindiğine göre ortamın (havanın) elektriksel geçirgenliğini (ϵ) bulunuz. Farklı d uzaklıkları için bulduğunuz ' ϵ ' değerlerinin aynı olması gerektiğine dikkat ediniz.

Tablo 2.

d (m)	C (farad)	Q (coulomb)	ϵ (C^2/Nm^2)

2. Aşama: Burada ise önce mika ve mukavva için ' ϵ ' elektriksel geçirgenliğini bulacağız. Bunun için plakalar arasındaki uzaklık d ile kondansatörün sığası C 'yi ölçünüz ve $C = \epsilon \cdot A/d$ ifadesinden ϵ değerini bulunuz. Bundan sonra mika ve mukavva için K dielektrik sabitlerini bulunuz ve Tablo 3'de yerine yazınız.

Tablo 3.

	d (m)	C (farad)	ϵ (C^2/Nm^2)	K
Mika				
Mukavva				

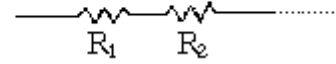
DENEY NO: 4**DİRENÇLERİN SERİ VE PARALEL BAĞLANMASI****AMAÇ:**

Dirençlerin seri ve paralel bağlanması ile akımın kollara ayrılmasının incelenmesi

TEORİ:

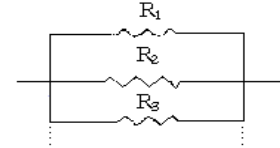
Dirençlerin seri bağlanması durumunda eşdeğer direnç aşağıdaki gibi bulunur:

$$R_{\text{toplam}} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \dots = \sum_i R_i$$



Eğer dirençler paralel bağlanırsa izleyen eşitlik geçerlidir.

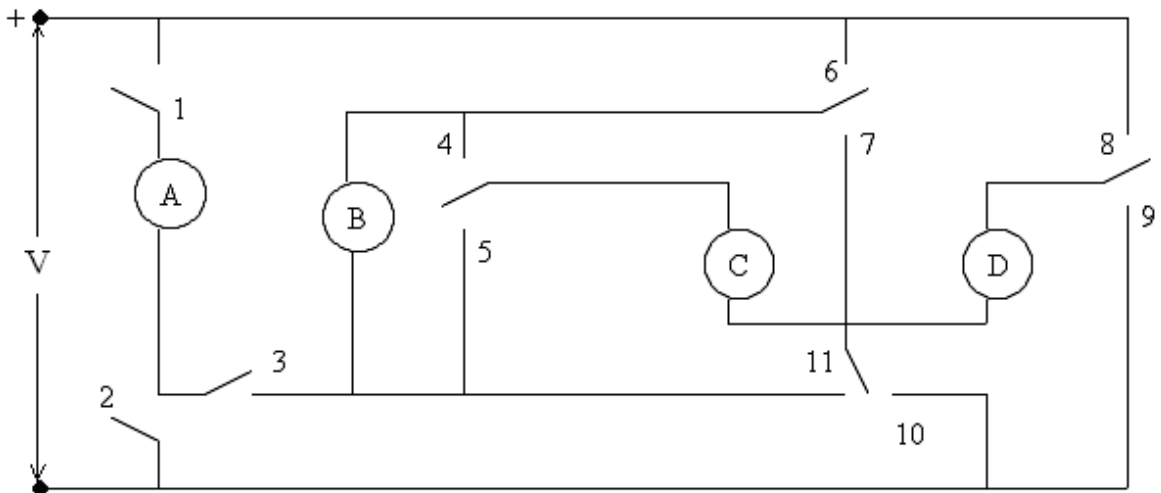
$$\frac{1}{R_{\text{toplam}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \dots = \sum_i \frac{1}{R_i}$$



Bunların birleştirilmesiyle seri ve paralel devreler elde edilir. Seri bir devrede bütün dirençlerden geçen akım aynıdır. Bir direnç devreden çıkarılırsa bu devreden akım geçmez. Paralel devrelerde ise akım paralel kollara ayrılır. Bir direnç devreden çıkarılırsa diğer kollardan geçen akımların şiddetleri artar.

DENEYİN YAPILIŞI:

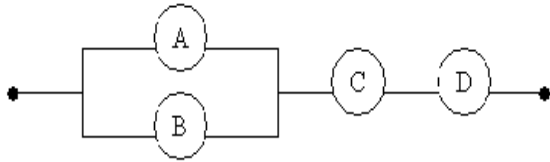
Deneyde kullanılacak düzeneğin şematik gösterimi Şekil 1'de görülmektedir. Şekildeki 1-11 arası sayılar anahtarları gösterirken, A, B, C ve D ise lambalardır. Deneyde yapılacak devrelerin listesi bir sonraki kısımda verilmiştir. Deney düzeneğini kullanarak devrelerin kurulması için kapatılması gereken anahtarları tespit ediniz ve ilgili devrelerin yanına yazınız.



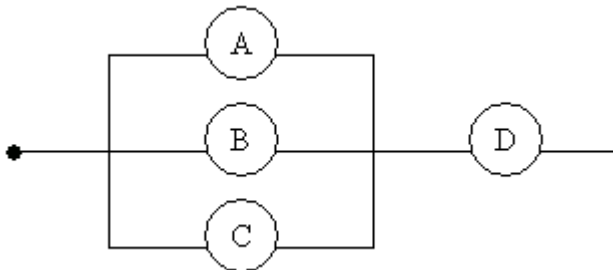
Şekil 1.

Yapılacak Devrelerin Listesi

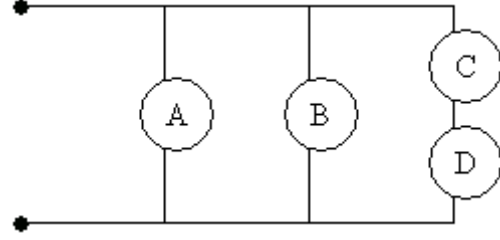
- 1 . A **1 ve 2**
- 2 . B
- 3 . C
- 4 . D
- 5 . AB seri
- 6 . ABC seri
- 7 . ABCD seri
- 8 . ABD seri
- 9 . AC seri
10. AD seri
11. BC seri
12. BD seri
13. CD seri
14. BCD seri
15. ACD seri
16. AB paralel
17. AC paralel
18. ABC paralel
19. ABCD paralel
20. BCD paralel
21. ABD paralel
22. ACD paralel
23. BC paralel
24. BD paralel
25. CD paralel
26. AD paralel
- 27.



28.



29.



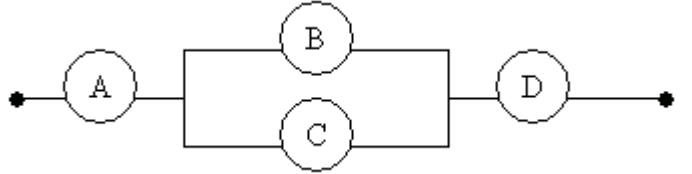
30. AB paralel, C ile seri

31. BC paralel, A ile seri

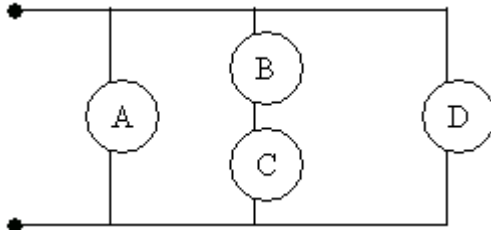
32. BC paralel, D ile seri

33. AB paralel, D ile seri

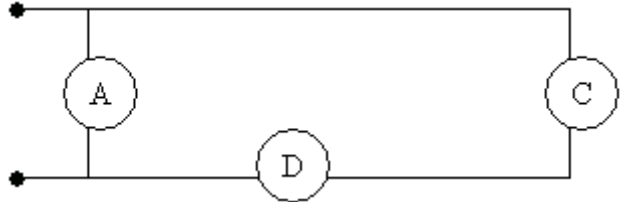
34.



35.



36.



37. A paralel, BD seri

38. A paralel, BC seri

39. A paralel, BCD seri

40. B paralel CD seri

DENEY NO: 5**DİRENÇLER, KIRCHHOFF KURALLARI VE WHEATSTONE KÖPRÜSÜ****AMAÇ:**

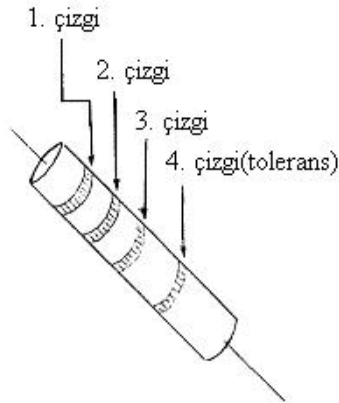
1. Basit devre elemanlarının tanınması, çalışma prensiplerinin ve fiziksel özelliklerinin incelenmesi.
2. Bazı elektrik devrelerinde Kirchhoff kurallarının uygulanması, Wheatstone köprüsü kullanılarak değeri bilinmeyen bir direncin değerinin ölçülmesi ve bir dirençteki değişimleri; köprünün denge voltajındaki değişimler cinsinden belirlenmesi.

TEORİ:

Bir devredeki akımı azaltmak veya gerilimi bölmek için kullanılan devre elemanına **direnç** denir. Kusursuz bir direncin en önemli özelliği uçları arasındaki V gerilimi ile üzerinden geçen I akımı arasında doğru bir orantı olmasıdır. Buna **ohm kanunu** da denir. $V=I.R$ ile ifade edilir. Bu kanuna göre, bir devrede direnç sabit tutulup gerilim yükseltirse akım artar, gerilim azaltılırsa akım azalır. Diğer taraftan gerilim sabit tutulur direnç arttırılırsa akım azalır, direnç azaltılırsa akım artar. Direncin birimi ohm'dur. Ω ile gösterilir. Telli dirençler istenilen direnç değerine göre telin kalınlığının uzunluğunun ve cinsinin seçilmesi ve sonra bu telin yalıtkan destek üzerinde sarılması suretiyle yapılır. Deneylerde kullanılan üç tip direnç vardır.

- a) Sabit dirençler
- b) Ayarlanabilir dirençler
- c) Değişken dirençler

A) SABİT DİRENÇLER: Bu tip dirençlerin boyutu ve yapılışı içinden geçecek akıma göre farklı olur. Düşük akımlarda madeni dirençler, yüksek akımlarda kil dirençler daha dayanıklı olduğu için kullanılır.

DİRENÇ RENK KODLARI

Renk	1. Çizgi	2. Çizgi	3. Çizgi
Siyah	-	0	10^0
Kahverengi	1	1	10^1
Kırmızı	2	2	10^2
Turuncu	3	3	10^3
Sarı	4	4	10^4
Yeşil	5	5	10^5
Mavi	6	6	10^6
Mor	7	7	10^7
Gri	8	8	10^8
Beyaz	9	9	10^9
Altın	-	-	10^{-1}
Gümüş	-	-	10^{-2}

Şekil 1. Direnç ve direnç renk kodları

Şekil 1'deki gibi bir direncin değerinin belirlenmesinde 1. ve 2. çizgilere karşılık gelen sayılar birer rakam üçüncü çizgiye karşılık gelen sayı çarpan olarak alınır. 4.çizgi tolerans sınırını verir. Bu da renklere göre şöyledir. Gümüş: $\pm 10\%$, Altın: $\pm 5\%$, çizgi yoksa : $\pm 20\%$. Tolerans rengine karşılık gelen orandan yararlanarak yanılğı payı hesaplanır.

Örnekler:

1.Renk	2.Renk	3.Renk	4.Renk	Direncin değeri
Kırmızı	Kırmızı	Kırmızı	Altın	$22.10^2+1,1.10^2$
Yeşil	Mavi	Kırmızı	Gümüş	$56.10^2+5,6.10^2$
Yeşil	Mavi	Gümüş	Altın	$56.10^{-2}+2,8.10^{-2}$

NOT: Renkler uçtan tolerans rengine doğru okunmalıdır. Tolerans rengi Şekil 1'de gösterildiği gibi bulunduğu taraftaki uca daha uzaktır. Tolerans rengi yoksa direncin ucuna yakın olan renkten başlayarak diğer uca doğru okunur.

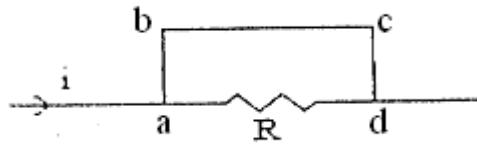
B) AYARLANABİLİR DİRENÇ: Bir devrede direnç değerinin zaman zaman değiştirilmesi yada ayarlanması gerekiyorsa bu devrelerde ayarlanabilir direnç kullanılır.

C) DEĞİŞKEN DİRENÇLER: Bir devrede direncin değerinin sürekli olarak değişmesi istenirse istenilen güce göre tel sargılı REOSTA kullanılır. Bunların üç ucu vardır. İki dış uç sabit, orta uç ise değişkendir. Reosta üzerindeki kol sağa veya sola hareket ettirilerek devreden geçen akım istenilen şekilde ayarlanabilir.

Voltmetre: Bir devredeki iki nokta arasındaki gerilimi ölçen devre elemanına denir. Voltmetrenin iç direnci sonsuz büyük olduğu için devreye paralel olarak bağlanır.

Ampermetre: Devredeki akımı ölçmeye yarayan alettir. İç direnci sıfır kabul edilecek kadar küçüktür. Devreye seri olarak bağlanır.

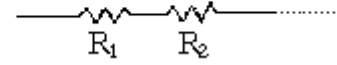
Kısa Devre: Direnç, bir başka deyişle akıma karşı gösterilen tepkidir. Aşağıdaki şekle(Şekil2) göre direnç olmadığı için akım abcd yolunu tercih edecektir. Bu olaya kısa devre denir. R direncinin kısa devre olması devrenin eşdeğer direncine bir katkısının olamayacağını gösterir.



Şekil 2.

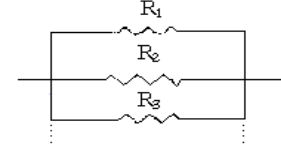
Dirençlerin seri bağlanması durumunda eşdeğer direnç aşağıdaki gibi bulunur:

$$R_{\text{toplam}} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \dots = \sum_i R_i$$



Eğer dirençler paralel bağlanırsa izleyen eşitlik geçerlidir.

$$\frac{1}{R_{\text{toplam}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \dots = \sum_i \frac{1}{R_i}$$



Bunların birleştirilmesiyle seri ve paralel devreler elde edilir. Seri bir devrede bütün dirençlerden geçen akım aynıdır. Bir direnç devreden çıkarılırsa bu devreden akım geçmez. Paralel devrelerde ise akım paralel kollara ayrılır. Bir direnç devreden çıkarılırsa diğer kollardan geçen akımların şiddetleri artar.

Bazı elektrik devreleri ohm kanunu uygulandığında kolayca çözülemezler. Bu gibi devrelerin çözümünde kolaylık sağlayan bazı çözüm kuralları vardır. Bunlardan biri de Kirchhoff kurallarıdır.

a) Kirchhoff'un I. Kuralı

Kapalı bir devrenin herhangi bir noktasına gelen akımların toplamı, o noktadan çıkan akımların toplamına eşittir.

b) Kirchhoff'un II. Kuralı

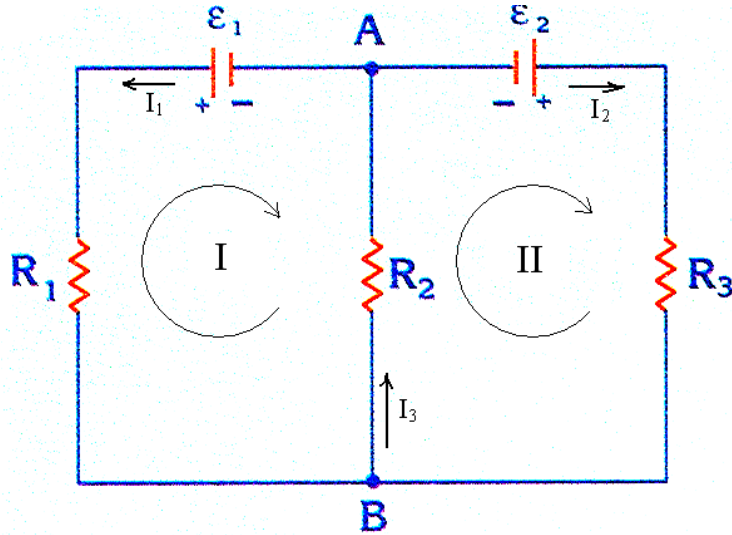
Bir elektrik devresinin herhangi bir kapalı kısmındaki akımlarla dirençlerin çarpımlarının cebirsel toplamı, emk'ların cebirsel toplamına eşittir. Bunu cebirsel olarak kısaca,

$$\sum \varepsilon = \sum iR \quad (1)$$

şeklinde ifade edebiliriz.

Kirchhoff kuralları uygulanırken şunlara dikkat edilir:

1. Akımlara geliş-güzel yönler verilir. Bu yönlerin önemi yoktur. Sonuçta akım "+" çıktıysa, başlangıçta seçilen akım yönü doğru, eğer akım "-" çıktıysa seçilen akım yönü terstir.
2. Üreteçlerin emk yönleri işaretlenir. Bu yönler "-" kutupları "+" kutba doğru kabul edilir.
3. Kapalı devreler ve bu devrelerde dolanma yönleri belirlenir.
4. Kapalı devrede dolanma yönünde gidilirken akımla aynı yönde gidiliyorsa akım "+", zıt yönde gidiliyorsa akım "-" alınır.
5. Kapalı devrede dolanma yönünde gidilirken üretecin artı kutbundan çıkılıyorsa emk "+", eksi kutbundan çıkılıyorsa emk "-" alınır.
6. Kirchhoff'un kuralları uygulanarak, bilinmeyen büyüklükler sayısınca denklem oluşturulur.
7. Denklemler çözülerek aranan değerler bulunur.



Şekil 3.

Şekil 3'deki gibi bir devre için Kirchhoff kurallarını şu şekilde yazabiliriz:

* Kirchhoff'un I. kuralı'na göre; B düğüm noktasına giren ve çıkan akımların toplamı birbirine eşittir. Yani; $I_3 = I_1 + I_2$ olmalıdır.

* Kirchhoff'un II. kuralı'na göre; I ve II kapalı devreleri için dolanım yönleri keyfi olarak seçilmiştir. Burada,

$$\text{I Kapalı döngüsü için kural uygulanırsa; } \epsilon_1 - I_1.R_1 - I_3.R_2 = 0 \quad (2)$$

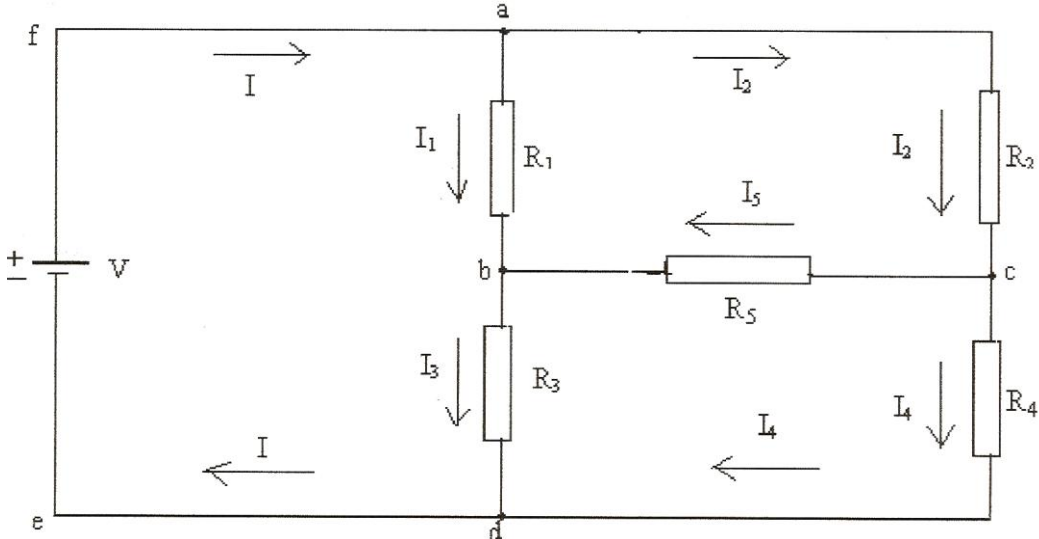
$$\text{II Kapalı döngüsü için kural uygulanırsa; } -\epsilon_2 + I_2.R_3 + I_3.R_2 = 0 \quad (3)$$

denklemleri elde edilir.

Wheatstone Köprüsü:

Seri bağlı iki dirençten oluşan iki dalın birbirleriyle paralel bağlanması ile ortaya çıkan kapalı bir devre Şekil 4'de gösterilmiştir. Şekilde gösterilen R_1 , R_2 , R_3 ve R_4 dirençlerinden oluşan sisteme, direnç köprüsü (Wheatstone Köprüsü) denir. Köprü'nün a ve d noktaları arasında bir potansiyel farkı uygulanırsa, köprüyü oluşturan dirençlerden I_1 , I_2 , I_3 ve I_4 akımları geçer. b,c noktaları arasındaki orta koldan da bir I_5 akımı geçer ve b,c arasındaki potansiyel farkı $V_{b,c}$ voltmetre yardımıyla ölçülür. R_1 , R_3 , R_4 bilinen dirençler ise R_2 değişken direnci (reosta) değiştirilerek köprü'nün dengeye gelmesi sağlanır.

Köprü'nün Denge Koşulu: Şekilde gösterilen b ve c noktaları herhangi bir yolla aynı potansiyele getirilirse, yani $V_b = V_c$ yapılırsa, bu duruma köprü'nün denge durumu denir ve voltmetre V_{bc} potansiyel farkını sıfır olarak gösterir ($I_5 = 0$ 'dır).



Şekil 4. Wheatstone Köprüsü

Köprü dengede iken $V_{bc}=0$ ve $I_5=0$ olduğundan, $I_1=I_3$, $I_2 = I_4$ olacağı şekilden görülebilir. Ayrıca $V_{ab}= V_{ac}$ ve $V_{bd}= V_{cd}$ yazılabilir. Daha düzenli bir biçimde yazılarak ve $V_{ab}=I_1.R_1$...vs. olduğunu dikkate alarak, önemli bir sonuca varabiliriz:

$$V_{ab}= V_{ac} \Rightarrow I_1.R_1= I_2.R_2$$

$$V_{bd}= V_{cd} \Rightarrow I_3.R_3= I_4.R_4 \quad \left. \vphantom{V_{bd}= V_{cd}} \right\} \text{ dengede } I_1=I_3, I_2 = I_4 \text{ olduğundan bu iki ifade taraf tarafa}$$

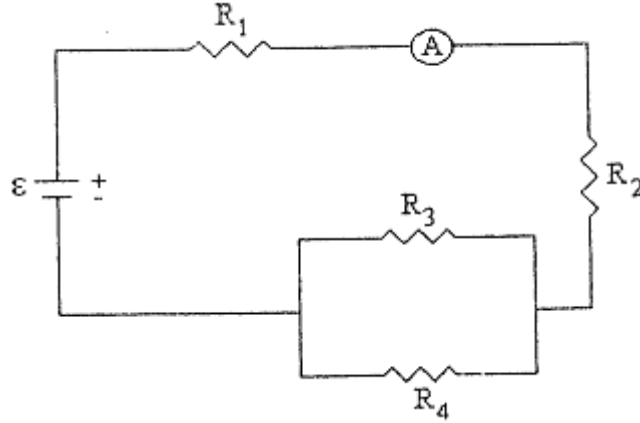
bölündüğünde,

$$\mathbf{R_2 = \frac{R_1}{R_3} . R_4} \quad (4)$$

bağıntısı elde edilir. Doğal olarak denge sağlandığı zaman dirençlerden herhangi biri, diğer üçü cinsinden ifade edilebilir. Böylece bilinmeyen bir direnç bilinen dirençlerden yararlanılarak, köprü yöntemi ile ölçülebilir. Bu ölçüm için akım ve voltaj değerlerinin gerekli olmaması ve yalnızca köprünün dengede olduğunun gözlenmesi, bu yöntemin üstünlüğüdür.

DENEYİN YAPILIŞI

Deney A: Şekil 5'deki devreyi kurarak devreye akım vermeden önce bu devredeki bağlantılarınızın doğru olup olmadığını kontrol ediniz (Bağlantılarınızın yanlış olması durumunda tehlikeli bir durumla karşılaşabilirsiniz. Elektrik deneylerinde çok dikkatli olmalısınız!).



Şekil 5.

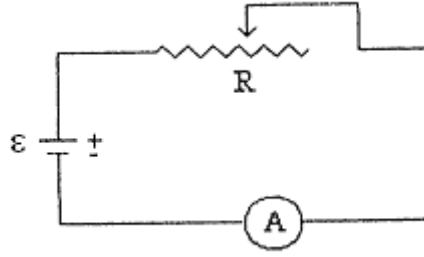
1. Güç kaynağını kullanarak devreden bir akım geçmesini sağlayın. Devrenin eşdeğer direnci $R_{eş} = V/I$ olacağından güç kaynağı ve ampermetreden V ve I değerlerini okuyarak devrenin eşdeğer direncini hesaplayın. Her seferinde devreye farklı gerilim uygulayarak Tablo 1'i doldurarak, deneysel bir $R_{eş}$ değeri elde ediniz.
2. Şekil 3'de güç kaynağı yerine multimetre bağlayarak, devrenin eşdeğer direncini bulunuz.
3. Her bir direncin değerini ayrı ayrı üzerindeki renklerden faydalanarak bulunuz ve devreye bağlanış şekline göre aynı devrenin eşdeğer direncini, farklı iki yolla bulduğunuz değerlerle karşılaştırınız.

Direnç değerini ölçerken bazı hususlara dikkat etmeliyiz. Voltmetreden geçen akım dirençten geçen akıma nazaran çok küçük olmalı ki, ölçmede en az hata olsun. Direnç akımının voltmetre akımına nazaran büyük olması, direnç değerinin küçük olması demektir. Bu nedenle değeri küçük olan dirençlerin ölçülmesinde, ampermetreyi önde bağlayarak ölçme yapılmalıdır.

Tablo 1.

	ε (volt)	I (Amper)	$R_{eş}$ (Ω)
1			
2			
3			
4			
Ortalama eşdeğer direnç			

Deney B: Şekildeki devreyi kurun (Şekil 6).



Şekil 6.

Reosta kolunu direnci maksimum olacak şekilde sona kadar çekin. Güç kaynağını kullanarak devreye akım verin. Bu durumda reostanın direnci $R_{re}=V/I$ olur. Reostanın boyu L ise R_{re}/L oranı reostanın cm başına direncini verir. Reostanın kolunu farklı konumlara getirerek Tablo 2'yi doldurun. R_{re}/L değerlerini karşılaştırın.

Tablo 2.

	ϵ (volt)	I (Amper)	R_{re} (Ω)	L (cm)	R_{re}/L (Ω/cm)
1					
2					
3					
4					

DENEY C: Köprünün dengeye getirilmesi ve denge sağlayan direncin ölçülmesi.

Değerleri $R_1=180\Omega$, $R_2=55.3\Omega$ (ayarlı), $R_3=100\Omega$ ve $R_4=22\Omega$ olan dirençleri alarak Şekil 4'deki devreyi köprü oluşturacak şekilde kurunuz. b,c uçları arasına voltmetreyi bağlayın ve şekle uygun olarak güç kaynağını bağlayıp devreyi tamamlayın. Devreyi kurarken güç kaynağı kapalı olmalıdır. Reostanın (R_2) sürgüsünü hareket ettirerek voltmetrenin sıfır volt göstermesini sağlayın. Bu durumda köprü dengededir. **i)** Denge de R_2 direncinin (4) ifadesinden yararlanarak kaç ohm olması gerektiğini hesaplayın. **ii)** R_2 'i bir kez de reostanın dirençli toplam boyundan hesaplayın. Bu amaçla, reostanın dirençli toplam boyu L 'yi ve denge sağlayan boyu (x)'i cetvelle ölçün. Toplam reosta direnci R_L ise, $R_x = \frac{R_L}{L} \cdot x$ bağıntısından R_x 'i bulun. Her iki yöntemle ölçülen R_x birbirinden ne kadar farklıdır? Hata hesabı yapınız.

2) Gerilim kaynağının çıkışını $V=10$ Volta ayarlayınız. Değerleri $R_1=150\Omega$, $R_2=300\Omega$, $R_3=100\Omega$ ve $R_4=400\Omega$ ve $R_5=1\text{ k}\Omega$ olan dirençleri alarak Şekil 4'deki devreyi yeniden kurunuz. Bu direnç değerleri için köprü dengede midir? Daha sonra güç kaynağını açınız ve dirençlerin uçlarındaki gerilimleri "işaretlerine dikkat ederek" ölçünüz. Bu gerilimleri ve dirençlerin değerlerini kullanarak her dirençten geçen akımı hesaplayınız. Bunları kullanarak Kirchhoff'un akım ve gerilim kanunlarını doğrulayınız.

Tablo 3.

Dirençler	Direncin Okunan Değeri (Ω)	Direncin Ölçülen Değeri (Ω)	DC Güç Kaynağının çıkış gerilimi (Volt)	Direnç üzerindeki gerilim (Volt)	Direnç ve Üzerindeki Gerilimi kullanarak hesaplanan akım (mA)
R ₁					
R ₂					
R ₃					
R ₄					
R ₅					

SORULAR

- 1) Ampermetre devreye neden paralel bağlanmaz?
- 2) Voltmetre devreye neden seri bağlanmaz?
- 3) Deney B'deki R_{re}/L değerlerinin neden aynı değerleri vermesi gerekir?
- 4) Deney A'da bulunan verilere göre V-I ve Deney B'de bulunan değerlere göre I-R grafiklerini çiziniz.

9. DOLU KAPASİTÖRLERİN BOŞALTIMASI

Amaç

Aşağıdaki durumlar için Kapasitörün boşalması sürecinde üzerinden geçen akım incelenmesi:

- 1) Farklı kapasitans C değerleri için (U ve R sabit),
- 2) Farklı direnç R değerleri için (C ve U sabit),
- 3) Farklı gerilim U değerleri için (R ve C sabit).

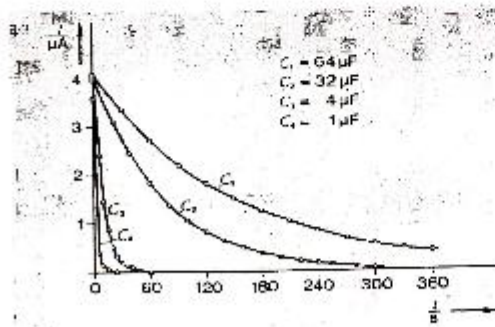
Teori

Zamana bağlı akım fonksiyonu $I(t)$, C kapasitanslı, R dirençli U gerilimli bir devrede Kirchhoff kanunlarına göre aşağıdaki eşitlikteki gibidir:

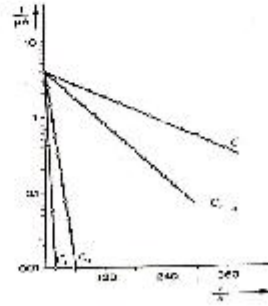
$$I(t) = [U/R] \cdot e^{-t/RC} \quad (1)$$

Akımın kapasitans, direnç ve gerilim değerlerine bağılılığı sistematik olarak parametrelerin değiştirilmesi ile yapılacak ölçümlerle bu deneyde incelenecektir.

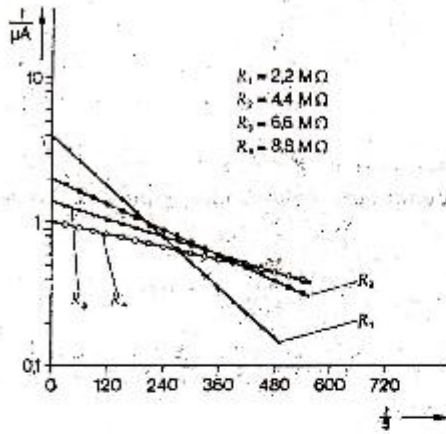
- 1) İlk olarak ölçülen değerleri Şekil 1 deki gibi milimetrik kağıda ve Şekil 2 deki gibi yarı-logaritmik kağıda çiziniz.



Şekil 1: Farklı kapasitans değerleri için akımın zamanla bağlı eğrisi; gerilim ve direnç sabit ($U = 9 \text{ V}$, $R = 2 \text{ M}\Omega$)



Şekil 2: Şekil 1 deki eğrinin yarı-logaritmik olarak çizimi



Şekil 3: Farklı direnç değerleri için akımın zamana bağlı grafiği; kapasitans ve gerilim değerleri sabit: $64 \mu\text{F}$ and 9V sırasıyla.

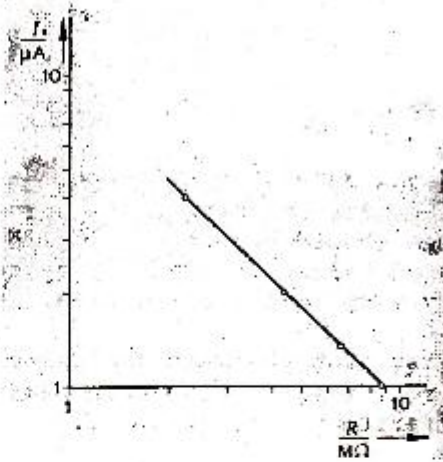


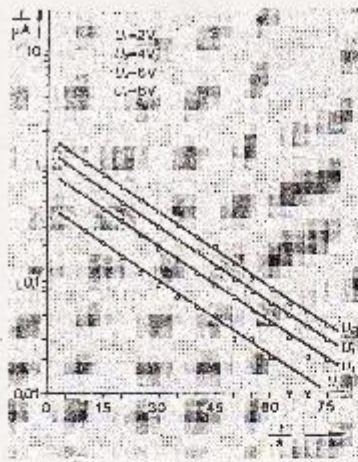
Fig. 4: Ölçümlerde başlangıç akımının I_0 direçlere göre eğrisi. (Şekil 3 deki verilerden)

- 2) Farklı eğimlerde ve farklı başlangıç noktalarında düz çizgiler elde edilir. Akımın R değerine exponansiyel bağlılığını görmek için Şekil 3 deki başlangıç noktaları dirençlere göre *log-log* grafik kağıdına çizilir.
- 3) Şekil 5 deki bütün çizgiler aynı eğime sahiptirler. Çünkü exponansiyel kısımda U gerilim ifadesi yoktur. Düz çizgilerin eğimi aşağıdaki gibi hesaplanır.

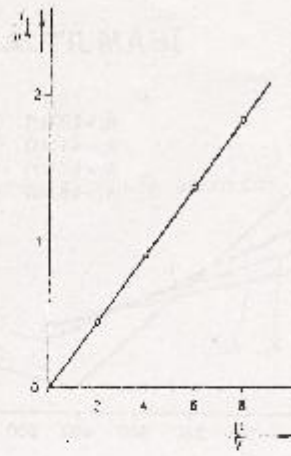
$$0.058 \text{ s}^{-1} = 1/RC \rightarrow RC = 17.24 \text{ s}$$

Şekil 5 teki çizgilerin başlangıç akımları gerilim farkına göre çizilir (Şekil 6).

Eğimi $0.227 \mu\text{A}/\text{V} = 1/R$ olan düz çizgi elde edilir burada $R = 4.41 \text{ M}\Omega$ alınır, dolayısıyla bütün ölçümler Denklem 1 uymaktadır.

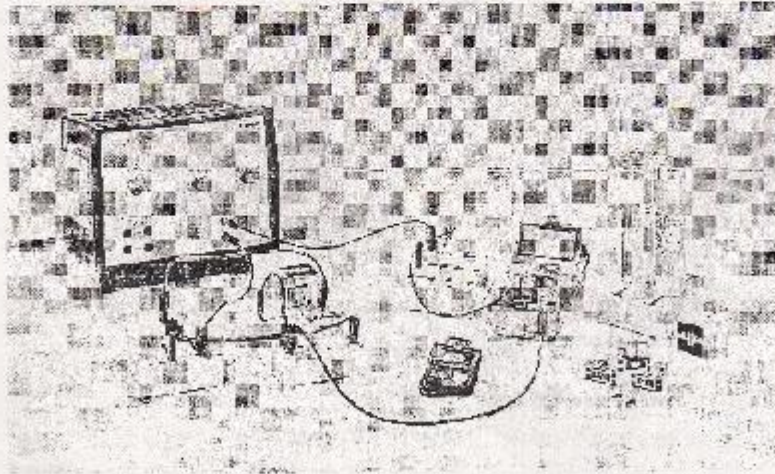


Şekil 5: Farklı gerilimler için akımın uygulanan zamana bağlı grafiği.
($R = 4.4 \text{ M}\Omega$, $C = 4 \mu\text{F}$)



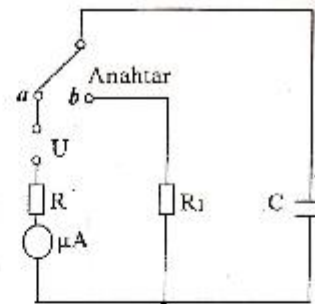
Şekil 6: Başlangıç akımının gerilime bağlı grafiği
($R = 4.4 \text{ M}\Omega$, $C = 4 \mu\text{F}$)

Deney Düzenekçi ve Yorumlar



Şekil 7: Deney Düzenekçi

Şekil 7 ve Şekil 8 de deney düzeneği görülmektedir. Farklı direnç R kullanılarak seri bir devre tasarlanmıştır. Dijital ampermetrenin iç direnci gözardı edilebilir. R_1 direnci ise koruyucu bir dirençtir ve boşalma sürecinde akımı sınır halinde tutmaktadır.



Şekil 8: Devre

- 1) Kronometre ve ampermetre yardımıyla sabit gerilim $U = 9V$ ve sabit direnç $R = 2 M\Omega$ ile farklı kapasitans C ($64\mu F$, $32\mu F$, $4.7\mu F$ ve $1\mu F$) değerleri için akım zamanla ölçülüp Tablo 1 doldurulur.
- 2) Aynı uygulama $C = 64\mu F$ kapasitans ve $U = 9V$ gerilim değerleri için iki farklı direnç R ($1M\Omega$ ve $2M\Omega$) kullanılarak tekrarlanır. Ölçülen değerler Tablo 2 ye doldürünüz.
- 3) Dört farklı gerilim U ($2V$, $4V$, $6V$ and $8V$) değerleri için aynı uygulama yapılır ve Tablo 3 doldurulur. Bu deney sırasında $R = 2 M\Omega$ ve $C = 4.7 \mu F$ (sabit) olarak alınır.

Sonuç ve Yorum

Tablo 1

$C_1 = 64\mu F$		$C_2 = 32\mu F$		$C_3 = 4.7\mu F$		$C_4 = 1\mu F$	
$I_{\text{gözet}} (\mu A)$	Zaman t (s)	$I_{\text{gözet}} (\mu A)$	Zaman t (s)	$I_{\text{gözet}} (\mu A)$	Zaman t (s)	$I_{\text{gözet}} (\mu A)$	Zaman t (s)

Tablo 2

$R_1 = 1M\Omega$		$R_2 = 2M\Omega$	
$I_{deneysel}$ (μA)	Zaman t (s)	$I_{deneysel}$ (μA)	Zaman t (s)

Tablo 3

$U_1 = 2V$		$U_2 = 4V$		$U_3 = 6V$		$U_4 = 8V$	
$I_{deneysel}$ (μA)	Zaman t (s)	$I_{deneysel}$ (μA)	Zaman t (s)	$I_{deneysel}$ (μA)	Zaman t (s)	$I_{deneysel}$ (μA)	Zaman t (s)

Hesaplamalar: 1. denklemini kullanarak her bir süre için teorik akımı hesaplayınız ve yüzde hata hesaplaması yapınız.

Grafikler: Birinci bölüm de farklı kapasitörler için Akıma (I) zaman ve ln (I) ya zaman eğrilerini Şekil 1 ve Şekil 2 deki gibi aynı grafiğe çizin.

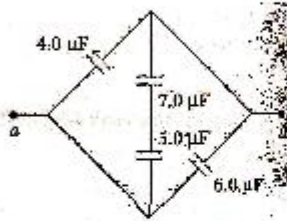
İkinci bölüm için Şekil 3 te olduğu gibi farklı dirençler için ln (I) ya zaman grafiğini çizin.

Üçüncü bölüm için farklı gerilim değerleri için ln (I) ya zaman ve başlangıç akımına gerilim grafikleriniz Şekil 5 ve 6 da olduğu gibi çizin.

Elde ettiğiniz grafikler ve hata hesaplarını yorumlayınız.

Sorular.

- 1) Üzerindeki potansiyel fark iki katına çıkarsa kapasitördeki yük nasıl değişir?
- 2) Kapasitörün plakaları pile bağlandıktan sonra kablolar pilden ayrılırsa yük nasıl değişir? Daha sonra tekrar değiştirilirse yük nasıl değişir?
- 3) Aşağıdaki şekilde göre a ve b noktaları arasındaki eş değer kapasitans değerini hesaplayınız.



- 4) Yüklü kapasitörde depolanan enerji $U = \frac{1}{2}QV$ iken Q yükünü V potansiyel fark altında hareket ettirmek için gereken enerji $W = QV$ değerine eşittir? İki formül arasındaki $\frac{1}{2}$ katsayı farkı nereden geliyor?

DENEY NO: 7

**ÜZERİNDEN AKIM GEÇEN BİR TEL HALKANIN MERKEZİNDEKİ
MANYETİK ALAN**

AMAÇ: Akım taşıyan bir tel halkanın merkezindeki manyetik alan şiddetinin telden geçen akım şiddetine ve sarım sayısına bağlılığının incelenmesi.

TEORİ:**Manyetik Alanın Tanımı ve Özellikleri**

Uzayın belli bir noktasındaki elektrik alanı E , o noktaya yerleştirilen bir deneme yüküne (birim yük başına) etkiyen elektrik kuvveti olarak tanımlanmıştır. Benzer biçimde, uzaydaki bir noktadaki yer çekim alanı g , bir deneme kütesine (birim kütle başına) etkiyen yer çekim kuvvetidir.

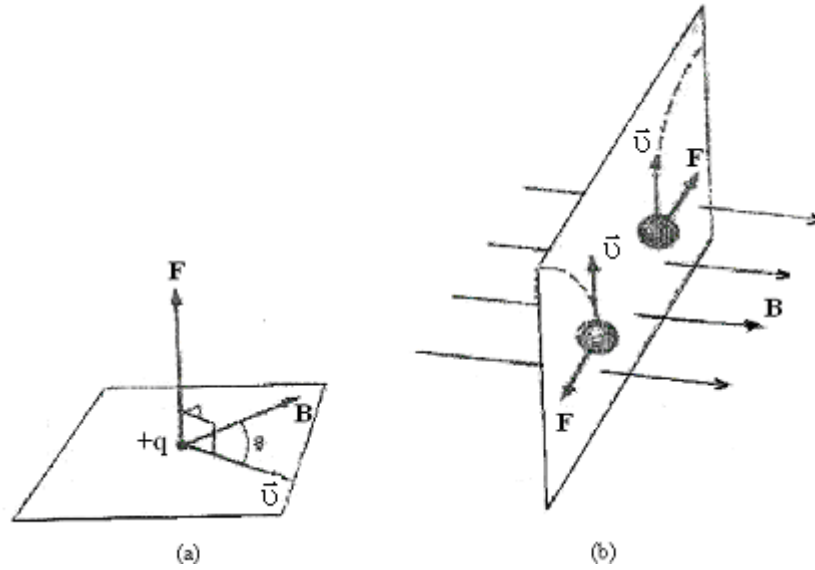
Şimdi uzayda bir noktada bir deneme cismine etkiyebilecek bir manyetik kuvvet cinsinden manyetik alan vektörü B (bazen manyetik indüksiyon ya da manyetik akı yoğunluğu da denir) tanımlayabiliriz. Deneme cismi \vec{v} hızıyla hareket eden yüklü bir parçacık olarak alınabilir. Şimdilik, yükün bulunduğu bölgede hiçbir elektrik yada yer çekim alanı bulunmadığını varsayalım. Bir manyetik alan içerisinde hareket eden çeşitli yüklü parçacıkların hareketleri ile ilgili deneyler aşağıdaki sonuçları verir:

1. Manyetik kuvvet, parçacığın \vec{v} hızı ve q yükü ile orantılıdır.
2. Manyetik kuvvetin büyüklüğü ve yönü, parçacığın hız vektörü ile ve manyetik alan vektörünün yönüne bağlıdır.
3. Yüklü bir parçacık manyetik alan vektörüne paralel yönde hareket ettiği zaman ona etkiyen \vec{F} manyetik kuvveti sıfırdır.
4. Hız vektörü manyetik alanla bir θ açısı yaptığı zaman, manyetik kuvvet hem \vec{v} , hem de \vec{B} 'ye dik yönde etki eder. Yani \vec{F} , \vec{v} ve \vec{B} 'nin olduğu düzleme diktir.
5. Bir pozitif yüke etkiyen manyetik kuvvet, aynı yönde hareket eden bir negatif yüke etkiyen kuvvetin yönüne terstir.
6. Eğer hız vektörü manyetik alanla bir θ açısı yaparsa, manyetik kuvvetin büyüklüğü $\sin \theta$ ile orantılıdır.

Bu gözlemler, manyetik kuvveti

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

biçiminde yazarak özetlenebilir. Burada manyetik kuvvetin yönü, $\vec{v} \times \vec{B}$ 'nin yönündedir. Bu kuvvetin yönü, vektörel çarpımın tanımı gereği hem hız vektörü (\vec{v})'ye hem de manyetik alan vektörü (\vec{B})'ye diktir. Yani hız vektörü ile manyetik alan vektörünün oluşturacakları düzleme diktir.

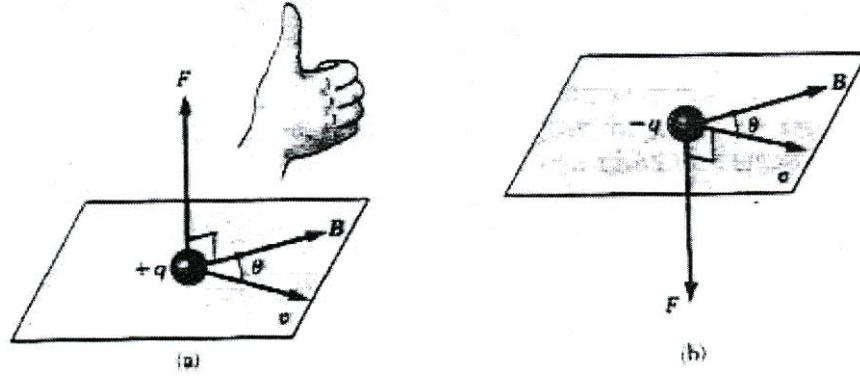


Şekil 1. Bir manyetik alan içerisinde \vec{v} hızı ile hareket eden bir yüklü parçacığa etkiyen manyetik kuvvetin yönü, (a) \vec{v} , \vec{B} ile bir θ açısı yaptığı zaman manyetik kuvvet, hem \vec{v} ye ve hem de \vec{B} 'ye diktir. (b) Bir manyetik alan bulunduğu hareketli yüklü parçacıklar noktalı çizgilerle gösterildiği gibi saparlar.

Şekil 2'de $\vec{v} \times \vec{B}$ vektör çarpımının yönünü bulmaya yarayan sağ-el kuralının kısa bir gösterimi verilmektedir. Sağ elinizin dört parmağını \vec{v} 'nin yönünde yöneltin ve sonra onları \vec{B} 'nin yönünde yönelinceye kadar bükün. O zaman açılan başparmak $\vec{v} \times \vec{B}$ 'nin yönünü gösterir. $\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B}$ olduğundan, q pozitifse \vec{F} , $\vec{v} \times \vec{B}$ 'nin yönünde (Şekil 2.a), q negatif, $\vec{v} \times \vec{B}$ ile ters yönlüdür (Şekil 2.b). Manyetik kuvvetin büyüklüğü

$$|\vec{F}| = q|\vec{v}||\vec{B}|\sin(\vec{v}, \vec{B}) = q|\vec{v}||\vec{B}|\sin \theta \quad (2)$$

bağıntısıyla verilir. Burada θ , \vec{v} ile \vec{B} 'nin arasındaki açıdır. Bu eşitlikten, \vec{v} , \vec{B} 'ye paralel olduğunda ($\theta = 0$ veya 180°) \vec{F} 'nin sıfır olduğunu görürüz. Öte yandan, \vec{v} , \vec{B} 'ye dik olduğunda ($\theta = 90^\circ$) kuvvet, $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$ ile verilen maksimum değerini alır.



Şekil 2. Bir \vec{B} manyetik alanı içerisinde \vec{v} hızı ile hareket eden q yüküne etkiyen manyetik kuvvet \vec{F} 'nin yönünü belirtmeye yarayan sağ-el kuralı. Eğer q pozitif ise, \vec{F} başparmağın yönünde, yani yukarıdır. q negatif ise, \vec{F} aşağı yöndedir.

Elektrik ve manyetik kuvvetler arasında önemli farklar vardır;

1. Elektrik kuvveti, her zaman elektrik alanına paralel, buna karşılık manyetik kuvvet manyetik alana diktir.
2. Elektrik kuvveti, yüklü parçacığın hızından bağımsızdır. Hâlbuki manyetik kuvvet yalnızca yüklü parçacık hareket halinde ise ona etki edebilir.
3. Elektrik kuvveti yüklü bir parçacığın konumunu değiştirmekle iş yapar, buna karşın kararlı bir manyetik alandan kaynaklanan manyetik kuvvet, parçacık yer değiştirdiğinde iş yapmaz.

Bu son ifade bir yükün, kararlı bir manyetik kuvvetin her zaman yer değiştirmesine dik oluşunun bir sonucudur. Yani, $\vec{F} \cdot d\vec{s} = \vec{F} \cdot (\vec{v} dt) = q(\vec{v} \times \vec{B}) \cdot \vec{v} dt = 0$ 'dır. Çünkü manyetik kuvvet \vec{v} 'ye dik bir vektördür. Bu özellikten ve iş-enerji teoreminden, yüklü ve parçacığın kinetik enerjisinin, yalnızca bir manyetik alanla değiştirilemeyeceği sonucuna ulaşırız. Başka bir deyişle, \vec{v} hızı ile hareket eden bir yüke uygulanan manyetik alan onun hız vektörünün yönünü değiştirebilir fakat hızın büyüklüğünü değiştiremez.

Manyetik alan birimi (SI sisteminde) metre kare başına weber (Wb/m^2)' dir; buna tesla (T) da denir. Bu birim eşitlik kullanılarak temel birimlere bağlanabilir. Büyüklüğü 1 tesla olan bir manyetik alan içerisinde, alana dik olarak 1 m/s 'lik bir hızla hareket eden 1 coulomb'luk yük, 1 Newton'luk kuvvet etkisindedir.

$$[B] = T = \text{wb/m}^2 = \frac{\text{N}}{\text{C.m/s}} = \frac{\text{Newton}}{\text{Amper.metre}}$$

Pratikte, manyetik alan birimi olarak cgs sisteminde gauss (G) da kullanılmaktadır. Gauss, teslaya $1 \text{ T} = 10^4 \text{ G}$ şeklinde bağlıdır. Alışılabilen laboratuvar mıknatısları yaklaşık 25000 G yada 2,5 T' ya kadar manyetik alanlar üretebilir. Yaklaşık 250000 G veya 25 büyüklüğüne ulaşan manyetik alanlar üretebilen süper iletken mıknatıslar yapılmıştır. Bu, dünya yüzeyine yakın yerlerdeki manyetik alanının değeri ile karşılaştırılabilir. Yerin alanı yaklaşık olarak 0,50 G veya $0,5 \times 10^{-4} \text{ T}$ ' dir.

Akım Taşıyan İletkene Etkiyen Manyetik Kuvvet

Tek bir yüklü parçacık, bir manyetik alan içinden geçerken bir kuvvet etkisinde kalıyorsa, üzerinden akım geçen bir tele de manyetik alan içinde kuvvet etkimesi sizce sürpriz olmamalıdır. Bu, akımın çok sayıda yüklü parçacıktan oluşmasının bir sonucudur; bu yüzden, tele etkileyen net kuvvet, her bir yüklü parçacığa etkileyen kuvvetlerin toplamıdır.

Buna göre üzerinden I akımı geçen ve \vec{B} manyetik alanındaki ℓ uzunluğundaki bir tel etkileyen kuvvet,

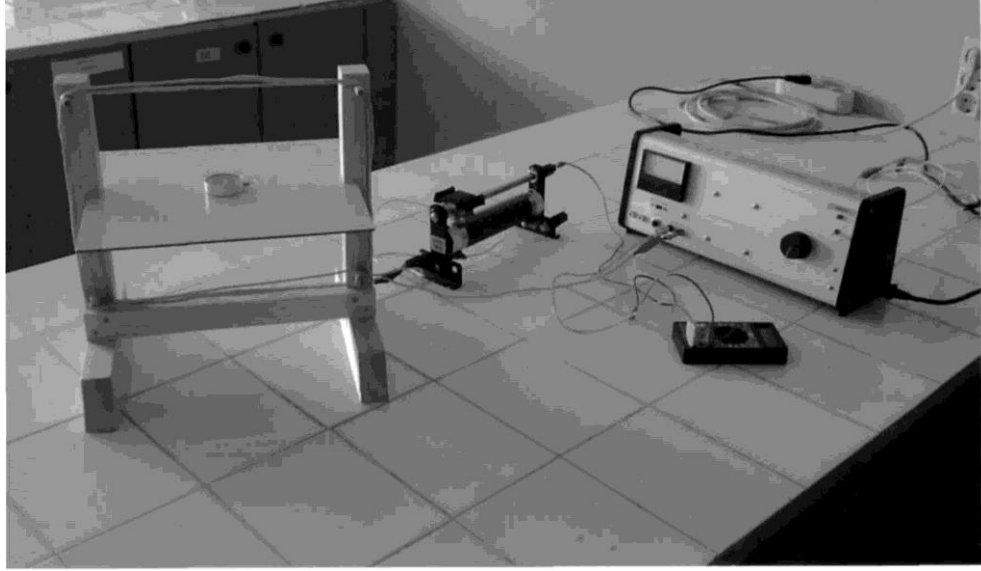
$$\vec{F} = I (\ell \times \vec{B}) \quad (3)$$

ile verilir. Buradan manyetik kuvvetin büyüklüğü,

$$\vec{F} = I \ell \vec{B} \sin \theta \quad (4)$$

olur. Bu kuvvet hem akım geçen tele, hem de manyetik alana diktir. Buradaki θ açısı akım geçen telle manyetik alan arasındaki açıdır. Burada da manyetik alan

kuvvetinin yönü sağ el kuralıyla bulunur. Sağ el; başparmak akım yönünü, dört parmak da manyetik alanın yönünü gösterecek şekilde açılır. Avuç içine dik ve dışarı doğru olan yön, manyetik alan kuvvetinin yönüdür.



Şekil 3. Deney düzeneği

Üzerinden akım geçen doğrusal bir telin etrafında manyetik alan oluştuğunu biliyoruz. Üzerinden elektrik akımı geçen bir tel halkanın da etrafında ve merkezinde bir manyetik alan oluşur. Merkezdeki manyetik alan vektörü halka düzlemine diktir ve yönü sağ el kuralı ile bulunur (Şekil 4a).

Başka bir manyetik alanın etkisinde olmayan bir pusula ibresi yerin manyetik alan vektörü doğrultusunu gösterir (Şekil 4b).

Pusula, düşey olarak duran halkanın merkezine konulduğunda, ibre yerin manyetik alan vektörü ile halkadan geçen akımın merkezde oluşturduğu manyetik alan vektörünün bileşkesinin doğrultusunda durur (Şekil 4c). Pusula ibresinin sapma

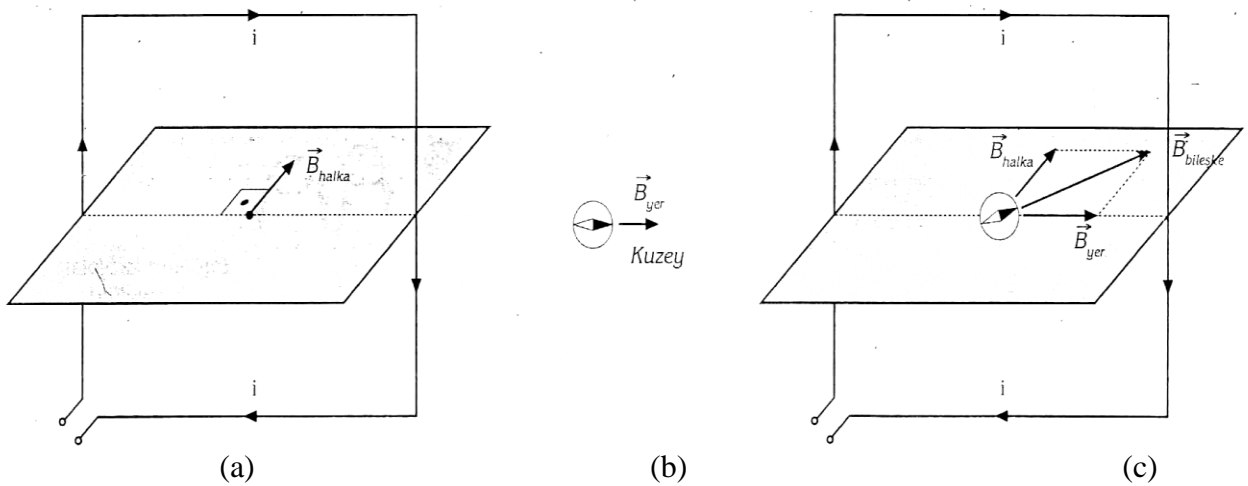
açısına θ dersek, manyetik alan vektörleri arasındaki ilişki, $\tan\theta = \frac{B_{\text{halka}}}{B_{\text{yer}}}$ şeklinde

ifade edilir.

Buradan $B_{\text{halka}} = B_{\text{yer}} \tan \theta$ elde edilir. Eşitlikte B in sabit olduğu düşünülürse B_{halka} ile $\tan \theta$ nın doğru orantılı olduğu görülür.

Bu deneyde halkanın merkezine bir pusula yerleştirilecektir. Önce halkadaki akım sabit tutularak sarım sayısı artırılacaktır. İkinci bölümde ise sarım sayısı sabit tutularak halkadan geçen akımın şiddeti değiştirilecektir. İki durumda da pusula ibresindeki sapma açıları tespit edilerek halkadan geçen akımın ve sarım sayısının ibrenin sapma açısına, dolayısıyla merkezdeki manyetik alana etkisi incelenecektir.

Deneyin uygulanmasında kolaylık sağlaması bakımından çember şeklindeki halka yerine kare şeklindeki halka kullanılacaktır.



Şekil 4. Deney düzeneğinde manyetik alanların gösterimi

DENEYİN YAPILIŞI:

I. Kısım: Halkanın Merkezindeki Manyetik Alan Şiddetinin Sarım Sayısına Bağlılığı

1. Deney düzeneğini, halkada bir sarım olacak şekilde kurunuz.
2. Merkezdeki yatay duran alüminyum levhanın üzerine bir milimetrik kâğıt yerleştiriniz. Kâğıdı, çizgileri tabakanın kenarlarına paralel olacak şekilde bantla yapıştırarak sabitleyiniz.

3. Pusulayı, halkanın tam merkezinde olacak şekilde milimetrik kâğıdın üzerine yerleştiriniz. Gerekliyse düzeneği sağa/sola döndürerek halka düzleminin, pusula ibresinin doğrultusunda (kuzey-güney doğrultusunda) olmasını sağlayınız.

Bu durumdayken pusula ibresinin doğrultusunu kâğıt üzerine işaretleyiniz. Deney süresince pusulayı ve deney düzeneğini bulunduğu konumdan hareket ettirmemeye dikkat ediniz. Bunun için düzeneği ayaklarından masaya bantlayınız.

NOT: Halkayı güç kaynağına ve reostaya bağlayan bağlantı kablolarının halkadan uzakta durmasına dikkat ediniz. Böylece pusulayı kabloların oluşturacağı manyetik alanların etkisinden korumuş olursunuz.

4. Bağlantıları güç kaynağının DC kutuplarına yapınız. Anahtarı kapatarak devreye elektrik veriniz. Reosta vasıtasıyla akımı kontrol ederek ibrenin 10° lik bir sapma yapmasını sağlayınız. Bu durumda ibrenin sapma doğrultusunu kâğıt üzerine işaretleyip 1 olarak numaralayınız. Akım değerini ve sarım sayısını Ölçüm Tablosuna Ölçüm 1 olarak kaydediniz. Anahtarı açarak devreden elektriği kesin.

Deneyin I. Kısımında telden geçen akım değeri sabit tutulacağından, reostanın ayarladığımız değerini değiştirmeyiniz. Aynı akım değerini Ölçüm 2, 3 ve 4 için de tabloya kaydediniz.

5. Halkaya, birinciyle aynı yönde akım taşıyacak şekilde bir sarım daha ilâve ediniz. Deneyi tekrarlayınız. İbrenin sapma doğrultusunu işaretleyerek 2 olarak numaralayınız. Sarım sayısını tabloya Ölçüm 2 olarak kaydediniz.

6. Ölçüm 3 için 3 sarım, Ölçüm 4 için de 4 sarımla deneyi tekrarlayınız. Sarımlardan geçen akımların aynı yönde olmasına dikkat ediniz. İbrenin sapma doğrultularını işaretleyerek sırasıyla 3 ve 4 olarak numaralayınız. Sarım sayılarını tabloya Ölçüm 3 ve Ölçüm 4 olarak kaydediniz.

7. Pusulayı kaldırıp milimetrik kâğıdı yapışık olduğu yerden ayırınız. Pusula ibresi ilk konumundayken işaretlediğiniz kuzey-güney doğrultusunu cetvelle çizerek uzatınız. İbrenin sapma doğrultularını gösteren çizgileri uzatarak bu çizgiyle kesiştiriniz.

8. Sapma açılarını ölçünüz. Her bir sapma açısını, verdiğiniz numarayla aynı numaralı ölçüm olarak tabloya kaydediniz.

NOT: Pusula üzerinden ibrenin sapma açılarını ölçebiliyorsanız kağıt kullanmanıza ve sapma doğrultularını işaretlemenize gerek kalmaz. İbrenin sapma açılarını doğrudan pusula üzerinden okuyarak tabloya kaydedebilirsiniz.

II. Kısım: Halkanın Merkezindeki Manyetik Alan Şiddetinin Halkadan Geçen Akım Şiddetine Bağlılığı

1. Halkanın konumunu değiştirmeden, alüminyum levha üzerine yeni bir milimetrik kâğıdı ilk kâğıdı yerleştirdiğiniz gibi yerleştiriniz.
2. Pusulayı halkanın merkezine yerleştirerek ibrenin kâğıdın çizgilerine paralel olmasını sağlayınız. Halkada bulunan 4 sarımı bu bölümdeki deneyler boyunca değiştirmeyiniz.
3. Reosta yardımıyla telden geçen akımı Ölçüm 5 için 1 A, Ölçüm 6 için 2 A, Ölçüm 7 için 3 A ve Ölçüm 8 için de 4 A'e ayarlayarak deneyi tekrarlayınız. Her deneyde ibrenin sapma doğrultularını işaretleyerek sırasıyla 5, 6, 7 ve 8 olarak numaralayınız. Akım değerlerini tabloya kaydediniz.
4. Kâğıdı yapışık olduğu yerden ayırınız. Sapma çizgilerini uzatarak kuzey-güney doğrultusunu gösteren çizgiyle kesiştiriniz.
5. Sapma açılarını ölçünüz. Her bir sapma açısını verdiğiniz numarayla aynı numaralı ölçüm olarak Tablo 1'e kaydediniz

Hesaplamalar

Sapma açılarının tanjantlarını bularak hesaplama tablosunu kaydediniz.

Tablo 1. Ölçüm ve Hesaplama Tablosu

Ölçüm Tablosu				Hesaplama Tablosu
Ölçüm no	Akım (A)	Sarım Sayısı	Sapma Açısı	$\tan\theta$
I. KISIM				
1				
2				
3				
4				
II. KISIM				
5				
6				
7				
8				

Grafikler: Aşağıdaki grafikleri ölçekli bir şekilde milimetrik kâğıda çiziniz.

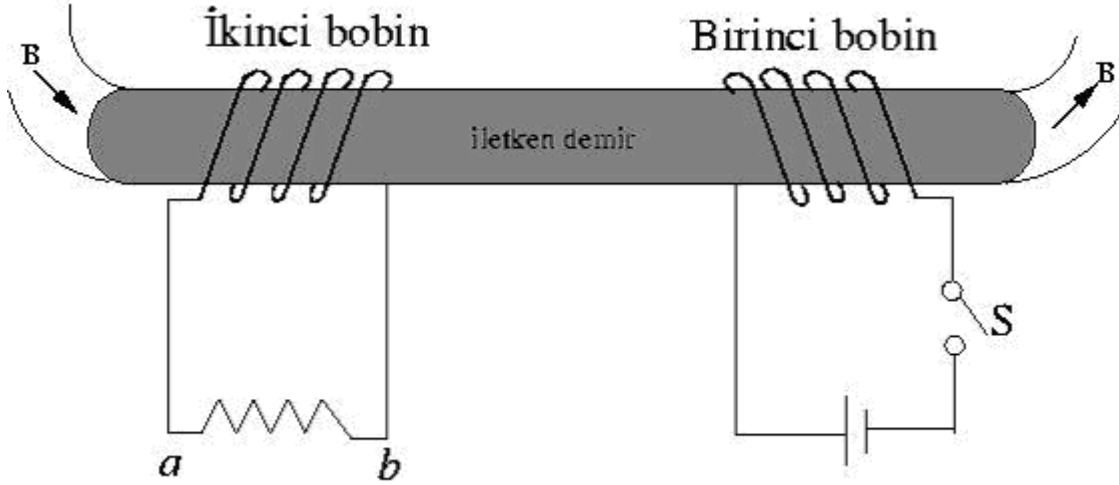
- Ölçüm 1, 2, 3 ve 4'teki sarım sayılarını yatay eksene, $\tan\theta$ değerlerini de dişey eksene yerleştirerek **$\tan\theta$ -sarım sayısı** grafiği çiziniz.
- Ölçüm 5, 6, 7 ve 8'deki akım(I) değerlerini yatay eksene, $\tan\theta$ değerlerini de dişey eksene yerleştirerek **$\tan\theta$ -I** grafiği çiziniz.

Gözlem ve Sonuçlar:

- Halkadaki 4 sarımı, ikisindeki akımlar bir yönde diğer ikisindeki akımlar ise bunlara zıt yönde olacak şekilde sarınız. Önceki ölçümlerde olduğu gibi pusulayı halkanın merkezine yerleştirerek devreyi kurunuz. Anahtarı kapatarak devreye elektrik veriniz. İbrenin hareketiyle ilgili gözleminizi yazınız. Sebebini açıklayınız.
- Halkanın merkezindeki manyetik alan şiddetinin halkadan geçen akımla ilişkisi hakkında nasıl bir sonuca vardınız?
- Halkanın merkezindeki manyetik alan şiddetinin sarım sayısıyla ilişkisi hakkında nasıl bir sonuca vardınız?

DENEY NO: 8**TRANSFORMATÖRLER VE İNDÜKSİYON BOBİNİ****AMAÇ:**

Transformatörlerin çıkış gerilimi ile bobinlerin sarım sayıları arasındaki bağıntıların ve indüksiyon bobininin incelenmesi

TEORİ:**Şekil 1.**

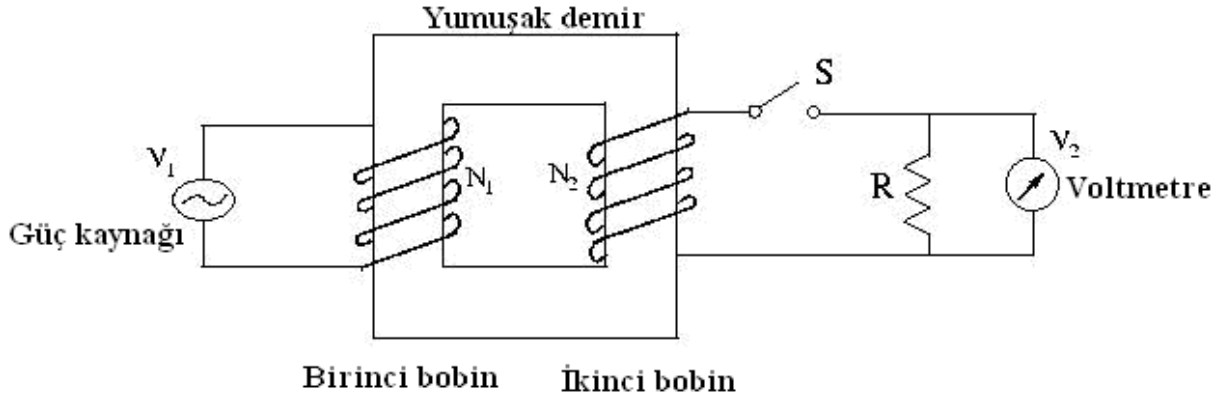
Şekil 1'de, anahtar açıkken her iki bobinden geçen manyetik akı sıfırdır. Anahtar aniden kapatılırsa, birinci bobin bir elektromıknatis gibi davranacak ve etrafında manyetik akı üretecektir. Bu akının bir kısmı ikinci bobinden geçer. Bu nedenle anahtar aniden kapatılınca ikinci bobinden geçen akı değişir. Ana bobindeki akım sıfırdan maksimum değerine yükselirken ikinci bobinde bir emk oluşur. Şekildeki S anahtarı kapatılınca oluşan akımın yönü b'den a'ya doğru olur.

İkinci bobinde indüklenen emk'nın büyüklüğü; her bir bobindeki sarım sayısına, bobinlerin uzaklığına, bobinlerin birbirlerine göre yönlerine ve kesit alanlarına bağlıdır. İndüklenen bu emk, birinci bobindeki akımın değişim hızıyla da orantılıdır. O halde ikinci bobinde oluşan emk için;

$$\mathcal{E} = M \frac{\Delta I_p}{\Delta t}$$

eşitliği yazılabilir. Buradaki \mathcal{E} ikinci bobinde oluşan emk, M ise bobinlerin karşılıklı indüksiyon katsayısı olup birimi V.s/A (henry)'dir. M'nin büyük olması demek ikinci bobine aktarılan enerjinin büyük olması demektir. Birinci devredeki akımın oluşma süresi kesilme süresinden daha büyük olduğundan kesilme halindeki sapma daha büyük olmalıdır.

Transformatörler:



Şekil 2.

En basit şekli ile bir transformatör şekil 2’de görüldüğü gibi yumuşak bir demir etrafına sarılan iki bobinden oluşmaktadır. ac giriş gerilim kaynağına bağlı sol taraftaki bobine birinci (primer) N₁ sarımlı bobin, diğer taraftaki bobine ise ikinci (sekonder) N₂ sarımlı bobin denir. Ortak demirin amacı manyetik akıyı artırmak ve içinden hemen hemen bütün akının bir diğer bobine geçeceği ortamı sağlamaktır.

Faraday kanununa göre birinci bobindeki V₁ gerilimi

$$V_1 = -N_1 \frac{\partial \Phi_m}{\partial t}$$

ile verilir. Burada Φ_m birinci sarımdan geçen manyetik akıdır. Birinci sarımdan geçen akı miktarı aynı zamanda ikinci sarımdan geçen akı miktarına eşit olur. Benzer şekilde V₂ gerilimi içinde,

$$V_2 = -N_2 \frac{\partial \Phi_m}{\partial t}$$

yazılabilir. Bu iki eşitlik oranlanırsa V₂ çıkış gerilimi için;

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

eşitliği bulunur. N₂, N₁’den büyük olduğunda V₂ çıkış gerilimi V₁ giriş geriliminden büyük olur. Bu durumda transformatör yükseltici, diğer durumda ise alçaltıcı olarak çalışır.

DENEYİN YAPILIŞI:

I.BÖLÜM

300 sarımlı bobin U şeklindeki demire takılır. Bu bobin ac güç kaynağına bağlanır (güç kaynağını en fazla 10 Volt'a kadar yükseltin aksi taktirde tehlike arz edebilir). U şeklindeki demirin boş olan diğer koluna ise N_2 sarımlı bobin takılır (N_2 sarımlı bobin sırasıyla 300,600,1200 sarım olarak alınacaktır). Bu bobin voltmetreye bağlanır. U şeklindeki demir, takılı olan bobinlerle ve mevcut düzenekleriyle deney setindeki yerine konulur ve kapak kapatılır. Güç kaynağı açılır ve **Tablo1**'de belirtilen sarımlar ve gerilimle için bütün çıkış gerilimleri not edilir. Bu işlemler ayrıca setteki U demirinin kapağı kapatılmadan tekrarlanır.

Tablo 1.

Bobinin sarım sayısı	Giriş gerilimi (volt)	Çıkış gerilimi (volt) "kapak kapalı"	Çıkış gerilimi (volt) "kapak açık"
$N_2 = 300$	2		
	3		
	4		
	5		
	6		
$N_2 = 600$	2		
	3		
	4		
	5		
	6		
$N_2 = 1200$	2		
	3		
	4		
	5		
	6		

Tabloda istenilen değerler yazıldıktan sonra, bu değerler kullanılarak farklı sarıma sahip her bir bobin için giriş-çıkış gerilim grafiği çizilir. (**Not:** Grafik sadece kapağın kapalı olduğu gerilim değerleri için çizilecektir).

II. BÖLÜM

I. Bölümdeki N_2 sarımlı bobin yerine deney anında verilecek olan ve sarım sayısı bilinmeyen bobinler konularak kapak kapatılır. Devreye bağlanan voltmetrelerden okunan değerlerle **Tablo 2** oluşturulur. Bu tablodan faydalanarak her bir bobin için giriş-çıkış gerilim grafiği çizilir. Grafiklerin eğimlerinden bobinlerin sarım sayıları bulunur.

Tablo 2.

Bobinin sarım sayısı	Giriş gerilimi (volt)	Çıkış gerilim (volt)
?	2	
	3	
	4	
	5	
?	2	
	3	
	4	
	5	

SORULAR

- 1) İndüklenme nedir ve İndüksiyon akımı nasıl oluşur?
- 2) Deneyin birinci bölümünde U şeklindeki demirin kapağını kapattığımızda okuduğumuz potansiyel değerleriyle kapak açıkken okuduğumuz potansiyel değerleri arasındaki farkın sebebi nedir?
- 3) Transformatörler hangi alanlarda ve hangi amaçlarla kullanılırlar?

DENEY NO: 9**BİR MAKARANIN ÖZ İNDÜKSİYON KATSAYISININ (L) TAYİNİ****AMAÇ:**

Bobinli bir devrenin doğru ve alternatif akıma karşı davranışı incelenmesi

TEORİ:

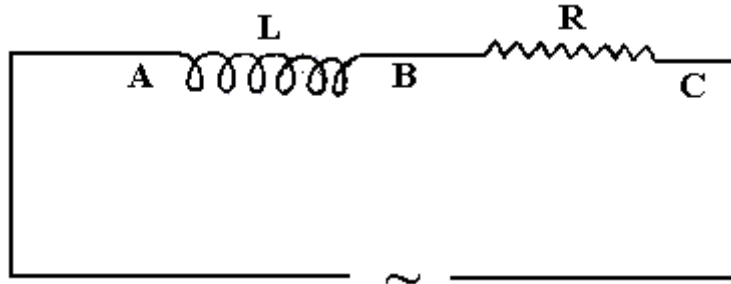
Bobinli bir devrenin doğru ve alternatif akıma karşı davranışı aynı değildir. Alternatif akıma karşı, doğru akıma olduğundan daha büyük direnç gösterir. Böyle bir devrenin alternatif akıma karşı gösterdiği dirence zahiri direnç (Z) veya empedans denir.

Uçlarına alternatif gerilim tatbik edilen bobinli bir devrenin direncini ve bobinini ayrı ayrı gösteren Şekil 1'i çizelim. Böyle bir devrede, herhangi bir anda devrenin uçları arasındaki V_{AC} potansiyel farkı

$$V_{AC} = V_{AB} + V_{BC}$$

$$V_{AC} = L \frac{di}{dt} + IR$$

dir. R devrenin direnci, I o andaki akım şiddeti, $\frac{di}{dt}$ akımın değişim hızı, L'ye de öz indüksiyon katsayısı veya indüktans denir.



Şekil 1

Ohm boyutlu olan $L\omega$ 'ya reaktans denir. X_L ile gösterilir ($\omega = 2\pi f$ ve f alternatif akımın frekansıdır). İndüktanslı bir devrede, bobinin uçlarındaki potansiyel farkı ile devredeki akım arasında 90° 'lik bir faz farkı olur. V_L bobinin gerilimi, V_R ise dirençteki gerilimi gösterir. Bunların vektörel toplamı Şekil 2'deki gibi olur. Şekle göre,

$$V_Z^2 = V_L^2 + V_R^2 \quad (1)$$

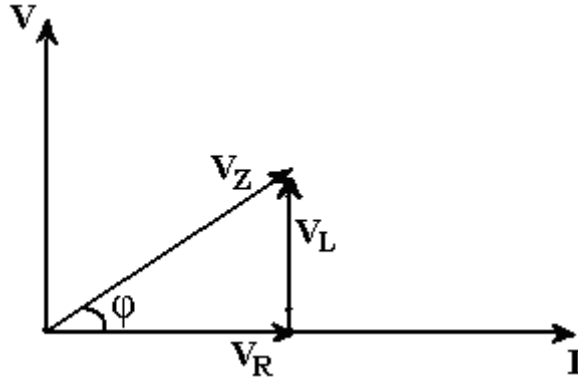
$$V_Z = V_{AC} = IZ \quad (Z \text{ devrenin zahiri direnci})$$

$$V_L = V_{AB} = IL\omega$$

$$V_R = V_{BC} = IR$$

$$I^2 Z^2 = I^2 L^2 \omega^2 + I^2 R^2$$

$$Z^2 = L^2 \omega^2 + R^2 \quad \text{ve} \quad L = \frac{1}{\omega} \sqrt{Z^2 - R^2} \quad \text{olur.} \quad (2)$$



Şekil 2

Eğer Z ve R ölçülürse L hesaplanır. Şekil 2'de V_R ile V_Z arasındaki açı θ 'dır. Bu devredeki akımla devrenin uçlarındaki potansiyel fark arasındaki faz farkı sıfırdır. Çünkü akım V_R fazdadır. Bunun değeri,

$$\text{tg } \theta = \frac{IL\omega}{IR} = \frac{L\omega}{R}$$

dir. Burada L ve R biliniirse θ hesaplanabilir.

İndüktanslı bir devrede devrenin zahiri direnci (Z), uçlarındaki etkin potansiyel farkı (V_e), etkin akım şiddeti (I_e) ölçülerek ohm kanunu indüktanslı devrelere uygulanırsa,

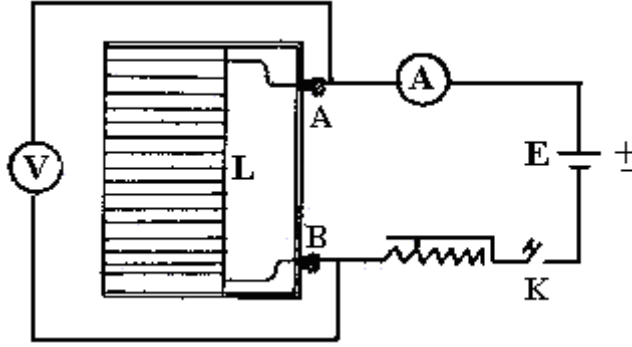
$$Z = \frac{V_e}{I_e}$$

formülünden Z hesaplanabilir.

DENEYİN YAPILIŞI

Deney a) Akım makarasının R direncinin Ampermetre-Voltmetre metodu ile ölçülmesi.

Şekil 3'deki düzeneği hazırlayın. Burada A ve B akım makarası (L)'nin uçlarıdır. E için; akümülatörün iki elemanını kullanın, K anahtarını kapatın ve reostanın sürgüsünü hareket ettirerek devreden belli bir akım geçmesini sağlayın. Bu arada makaranın uçlarındaki potansiyel farkını voltmetreden okuyun.



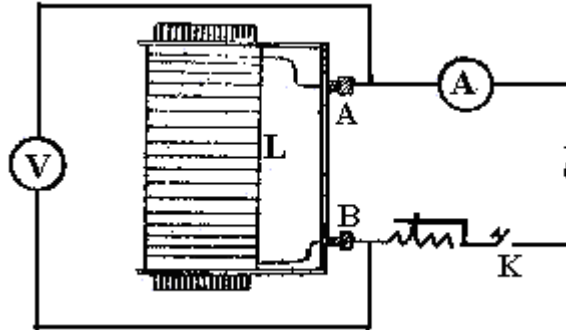
Şekil 3

Devreden geçen akımı reosta ile değiştirip, akımın üç ayrı değeri için voltmetreden potansiyel farkını okuyup tabloyu doldurun. Ortalama alıp direncin ortalama değerini bulun.

\dot{I}	V	R=
$R_{ORT} =$		

Deney b) Akım makarasının Z direncinin Ampermetre-Voltmetre metodu ile ölçülmesi.

(a)'da kurduğunuz devrenin diğer yerlerine dokunmadan devreden sadece doğru akım üreticini (E) çıkarın. E yerine üretecten alacağımız 4-8 voltluk gerilimi kullanın.



Şekil 4

\dot{I}	V	Z
$Z_{ort} =$		

Aynı şekilde hareket edip reosta ile devredeki akımın şiddetini değiştirin. Devreden geçen akımın üç ayrı değeri için akım makarasının uçlarındaki potansiyel farkını ölçüp tabloyu

doldurun. Daha sonra Z 'lerin ortalamasını alıp ortalama zahiri direnci Z_{ort} hesaplayın. R ve Z için bulduğunuz değerleri eşitlik (2)'de yerine koyup L 'yi hesaplayın.

Şimdi öz indüksiyon katsayısının ortamın geçirgenliği ($\mu_o = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ weber / Am}$) ile değiştiğini gösterelim.

Bir akım makarasının öz indüksiyon katsayısı (L) için,

$$L = \mu_o \frac{N^2 A}{l} = 4\pi \frac{N^2 A}{l} 10^{-7}$$

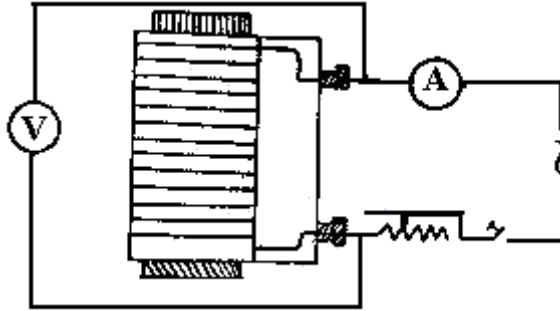
yazılır. Burada N makaradaki sarım sayısı, A makaranın kesiti ve l ise makaranın boyudur. Buna göre,

$$\frac{N^2 A}{l} = k$$

olarak alınırsa

$$L = \mu_o k$$

olur. Şu halde N , A ve l sabit kaldığı takdirde L , ortam geçirgenliği (μ_o) ile değişmektedir. Deney (b)'de makaranın içinde demir çekirdekleri yokken L tayin edilmişti. Şimdi aynı deneyde makaranın içine yumuşak demir koyalım (Şekil 5). Bu halde devreden belli bir akım geçirelim ve Z 'yi bulalım. Bulduğunuz bu değeri deney b'de bulduğunuz Z ile karşılaştırm. Gördüklerinizi yorumlayın.



Şekil 5.

Akımı iki katına çıkarın. Bu halde Z 'yi bulunuz. Bunu öncekilerle karşılaştırınız ve sonuçları yorumlayınız.