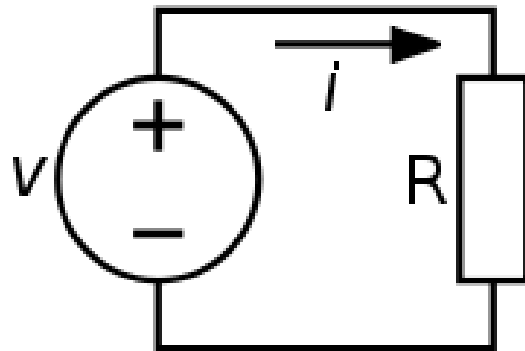




**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN EDEBİYAT FAKÜLTESİ
FİZİK BÖLÜMÜ**

**GENEL FİZİK LABORATUARI – II
DENEY KILAVUZU**



ÖĞRENCİNİN Adı Soyadı : Numarası :		
GİRİŞ	Fiziksel Ölçümler ve Hatalar	1
DENEY 1	Direnç ve Elektromotor Kuvvetinin Ölçülmesi	6
DENEY 2	Ohm Kanunu	10
DENEY 3	Kirchhoff Yasası – Seri Bağlı Devreler	12
DENEY 4	Kirchhoff Yasası – Paralel Bağlı Devreler	14
DENEY 5	Kirchhoff Yasası – Seri-Paralel Bağlı Devreler	16
DENEY 6	Elektrik Yüklerinin Depolanışı ve Akışı	18

GİRİŞ: FİZİKSEL ÖLÇÜMLER VE HATALAR

Fizikte hiç bir ölçüm hatasız değildir. Deneylerde bulunan sayısal sonuçlar ölçüm hataları belirlenmedikçe hiçbir anlam ifade etmez. Yani her ölçülen sonuçta, bu sonucun güvenilirlik (hata sınırları) belirtilmelidir. Laboratuvar çalışmalarında asıl amaç, fiziksel sabitlerin ölçümü ya da verilerin geniş kapsamlı istatistik analizi değildir. Bununla birlikte, ölçüm sonuçlarının hangi sınırlar içinde güvenilir olduğunun ispatı faydalı olacaktır. Bu amaçla hataların tespitine yönelik bazı pratik bilgiler sunulmuştur.

İki cins hata vardır: Sistemik ve istatistik hatalar.

Sistemik Hatalar

Bu tip hatalar, adından da anlaşılacağı gibi sistemin kendisinden gelen sabit hatalardır ve sonucu sürekli olarak aynı yönde etkilerler. Mesela 1 kg'dan daha ağır bir kilo ile ağırlıklar ölçülmüşse, ölçüm sonucu aynı oranda daha küçük olacaktır. Bu tip hataların var olması durumunda hatalar tek yönlüdür; ya sürekli daha büyük ya da daha küçüktür. Sistemik hatalar aşağıdaki usullerle giderilir.

1. Ölçüm sonucunda gerekli düzeltme yapılarak,
2. Ölçüm sistemindeki hata giderilerek,
3. Ölçüm yöntemi değiştirilerek.

İstatistik Hatalar

Fizikte ölçüm hassaslığının doğal olarak sınırlı oluşundan, ölçülen nesne ya da ölçüm sistemindeki kararsızlıklardan kaynaklanan ve önemi olmayan genellikle küçük çift yönlü hatalardır. Bu tip hataların varlığı aynı ölçümün çok sayıda tekrarıyla görülebilir. Ölçülen sonuçlar birbirinden farklı olup belirli bir değer çerçevesinde dağılım gösterir. Bu hatalar ölçüm sonuçlarından ayıklanamaz, ancak hata paylarının ve ölçülen büyüklüğün hangi sınırlar içinde güvenilir olduğunun yaklaşık olarak tespit edilmesi ihtimalidir. Bu tip hataların ölçüm sonuçlarına etkisi, aynı ölçümün çok sayıda yinelenmesi ve sonuçların istatistik değerlendirilmesiyle azaltılabilir.

Fiziksel bir büyüklük olan x , N kez ölçüldüğünde, ölçüm sonuçları $x_1, x_2, \dots, x_N$ olsun x 'in ortalama değeri $\bar{x}$,

$$\bar{x} = (x_1 + x_2 + \dots + x_N)/N$$

olarak verilir. $\bar{x}$ değeri, x 'in en yaklaşık değeridir. O halde bir büyüklük N kez ölçülmüşse, ortalama değerini ölçüm sonucu olarak alabiliriz. Bulunan ölçüm sonucu, ölçüm sayısı N ile orantılı olarak güvenilirliği artırıyor olmasına rağmen deneylerde pratik sayıda tekrarla yetinmek zorundayız. Hataların tespit edilmesinde uygulanan genel bir yöntem, ortalama sapma değerinin saptanmasıdır. Örneğin; x , ölçümünde sapma,

$$d_t = x_t - \bar{x}$$

ve ortalama sapma,

$$\bar{d} = (|d_1| + |d_2| + \dots + |d_N|)/N)$$

ile verilir.

Bu bağıntı, $\bar{x}$ 'dan ortalama sapmayı verir ve ortalama, istatistik hata olarak alınabilir. x için ölçüm sonucu, $x = \bar{x} \pm \bar{d}$ şeklindedir. Bazı hallerde hatalar hata yüzdesi olarak verilir. Bu durumda hata yüzdesi $(\bar{d}/\bar{x}).100$ % olacağından,

$$\bar{x} = \bar{x} \pm \left(\frac{\bar{d}}{\bar{x}}\right).100 \%$$

bulunur. N ölçümü için ortalama değerden sapma, ölçülen değer hassaslığının saptanmasında bir ölçü olabilir. Ancak bu sapma miktarı gerçek hata değildir. Bu yalnızca istatistik hatanın saptanmasında bir yaklaşım olarak düşünülmelidir. Laboratuvar çalışmalarında öğrenci, ortalama değerden sapma olmasına rağmen $\bar{d}$ 'yi bir hata olarak alabilir. Bir seri ölçüm sonucunda $\bar{d}$ büyükse daha az hassaslıkla ölçülmüş olduğunu gösterir. Yani ortalama hata istatistik hatanın büyüklüğünün tespit edilmesinde yalnızca bir kıstastır. Ortalama değer ve sapmanın anlamlı olabilmesi N sayısının büyüklüğüyle orantılı olacağından, öğrenci laboratuvar çalışmalarında N ölçüm sayısının tespitinde pratik bir yaklaşım yapılmalıdır.

İstatistik hataların tespitinde çok kullanılan bir başka yöntemde,

Standart sapma;

$$\sigma = \sqrt{(d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + \dots + d_N^2)/N(N-1)}$$

olarak verilir. Öğrenci deney sonuçlarının analizinde $\bar{d}$ ya da σ 'dan herhangi birini kullanabilir. σ 'nın seçimi, tekrarlanan ölçüm sonuçlarının hangi sınırlar içinde

değişebileceğinin tespitinde bir yaklaşımdır. Dağılım Gauss eğrisi olması halinde sonuçları yüzde seksen beş ihtimalle, ortalama değer $\pm$ standart sapma aralığında olacaktır.

Ölçümlerin çok sayıda tekrar edildiği durumlarda, ölçüm hatalarının tespitinde en uygun yol, muhtemel en büyük hata değerinin alınmasıdır. Mesela, en küçük bölümü 1 mm olan bir metreyle ölçülen uzunluk için, muhtemel en büyük hata

$$\Delta x = 0.5mm$$

olacaktır. Bu durumda ölçülen bir x uzunluğunun gerçek değeri $x - \Delta x$ ve $x + \Delta x$ arasında değişecektir.

Ölçümler çoğunlukla doğrudan yapılamaz. Başka değerler ölçülür ve belirlenmesi istenen fiziki büyüklük hesaplanır. Bu durumda değişik büyüklüklerin ölçümünden gelecek hata paylarının sonuç üzerindeki bileşik etkisinin tespit edilmesi gerekir. Bu durumlarda hataların hesabında kullanılacak yöntemleri kısaca inceleyelim.

$r=f(x,y,z)$ bağıntısıyla verilen r fiziki büyüklüğün, x,y,z , büyüklüklerinin ölçümüyle hesaplanacak olduğunu kabul edelim. x,y ve z 'nin ölçümünde muhtemel en büyük hata sırasıyla $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ ise bu değerlerin r 'nin değişmesine etkisi,

$$\Delta r \leq |f(x + \Delta x, y, z) - f(x, y, z)| + |f(x, y + \Delta y, z) - f(x, y, z)| + |f(x, y, z + \Delta z) - f(x, y, z)|$$

şeklinde olacaktır. Pratikte olmayan bu ifade aslında kısmi türevler şeklinde yazılabilir. Yani,

$$\Delta r = |(\partial f / \partial x) \Delta x| + |(\partial f / \partial y) \Delta y| + |(\partial f / \partial z) \Delta z|$$

Yukarıdaki ifadenin uygulamasına ilişkin bazı örnekler inceleyelim.

a. Toplama

$r = x + y$ şeklinde ise,

$$\Delta r = |\Delta x| + |\Delta y| = \Delta x + \Delta y$$

bulunur. Toplamdaki hata, hatalar toplamına eşittir.

b. Çıkarma

$$\Delta r = |\Delta x| + |-\Delta y| = \Delta x + \Delta y$$

bulunur. Farktaki hata, hata toplamada olduğu gibi hatalar toplamına eşittir.

c. Çarpma

$$r = xy$$

$$\Delta r = |y\Delta x| + |x\Delta y| = y\Delta x + x\Delta y$$

ya da eşitliğin iki tarafını da $r = xy$ ile bölerek,

$$\Delta r/r = (\Delta x/x) + (\Delta y/y)$$

bulunur, r 'deki hata oranı, $\Delta r/r$, x ve y 'deki hata oranları toplamına eşittir.

d. Bölme

$$r = x/y \text{ ise}$$

$$\Delta r = |\Delta x/y| + |(x/y^2)\Delta y| = (\Delta x/y) + r(\Delta y/y)$$

her iki tarafı $r = xy$ 'ye bölersek,

$$\Delta r/r = (\Delta x/x) + (\Delta y/y)$$

bulunur. Bölmede r 'deki hata oranı, x ve y 'deki hata oranları toplamına eşittir.

Güvenilir Sayılar

Deneylerde verilen sayısal sonuçlar ölçüm hassaslığıyla uyumlu olmak zorundadır. 1 mm bölmeli bir cetvelle en çok 1 mm hassaslığında ölçüm yapılabilir. Mesela, 32,2 cm gibi bir ölçüm sonucu, ancak 32,15 cm ile 32,25 cm arasında değişebilir. Yani, ölçüm hassaslığı 1 mm büyüklüğündedir. Aynı cetvelle yapılan bu ölçümün 32,222 cm olarak verilmesi yanlış olur. Çünkü 1 mm bölmeli bir cetvelle böylesine hassas bir ölçüm yapılmaz. Bazı hallerde birden fazla büyüklük farklı hassaslıklarda ölçülerek deney sonuçları hesaplanır.

Mesela, A ve B kenarları ölçülen bir dikdörtgenin alanının hesaplandığını düşünelim. A kenarı bir verniye ile 0,01 cm hassaslıkla ve B kenarı 1 mm bölmeli bir cetvelle ölçülerek,

$$A = 5,34 \pm 0,01 \text{ cm} \quad (3 \text{ güvenilir sayı})$$

$$B = 124,2 \pm 0,1 \text{ cm} \quad (4 \text{ güvenilir sayı})$$

bulunmuş olsun. Bir dikdörtgenin alanı, $A \times B = (5,34 \times 124,2) = 663,228 \text{ cm}^2$ olarak alınamaz. Bu sonuç yanlış olur, çünkü 3 güvenilir sayılı bir boyut ölçüm sonucu 6 güvenilir sayılı bir alanı verir. Genel bir kural; sonuçlar en az güvenilir sayılı ölçümden daha çok güvenilir sayıyla belirlenemez. Bu örnek için A kenarı en çok 3 güvenilir sayılıdır ve çarpım

için, $S = A \times B = 663$ alınmalıdır. A ve B deki ölçüm hatalarına bakıldığında $A \times B$ çarpımındaki hata kolayca belirlenir. A'nın ölçüm hatası yaklaşık olarak % 0,2 ve B'nin ölçüm hatası % 0,01'dir. $A \times B$ de olası en büyük hata % 0,2 olacaktır. $\Delta S = 563 \cdot \%0,2 \approx 1$ bulunur ve sonuç $S = (663 \pm 1) \text{ cm}^2$ olarak alınır.

Deneylerde önemli olan, sonuçlardaki hata sınırlarının belirlenmesidir. Güvenilir sayılar yukarıda verildiği gibi, sonuçlarda kolayca belirlenebilir. % 1 (yüzde 1) hassaslıkla yapılan bir ölçüm için sonuçlar 2 ya da 3 güvenilir sayılı olmak zorundadır. Benzer şekilde % 0,001 (yüz binde1) hassaslıkla yapılan bir ölçüm 5 ya da 6 güvenilir sayılı olmalıdır.

10'un Kuvvetleri İçin Kısaltmalar

Kuvvet	Ön ek	Kısaltma	Kuvvet	Ön ek	Kısaltma
10^{-24}	yocto	y	10^1	deka	da
10^{-21}	zepto	z	10^2	hecto	h
10^{-18}	atto	a	10^3	kilo	k
10^{-15}	femto	f	10^6	mega	M
10^{-12}	pico	p	10^9	giga	G
10^{-9}	nano	n	10^{12}	tera	T
10^{-6}	micro	μ	10^{15}	peta	P
10^{-3}	milli	m	10^{18}	exa	E
10^{-2}	centi	c	10^{21}	zetto	Z
10^{-1}	deci	d	10^{24}	yotta	Y

DENEY 1: DİRENÇ VE ELEKTROMOTOR KUVVETİNİN ÖLÇÜLMESİ

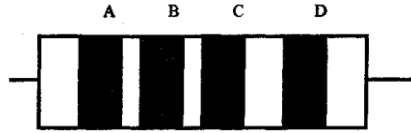
Deneyin Amacı: Dirençlerin renk kodlarına göre belirlenmesi ve bir pilin elektromotor kuvveti ile iç direncinin ölçülmesi.

Teorik Bilgi

Direnç Okuma

Dirençler karbon bileşimi maddelerdir ve 1/4 ile 2 Watt arasında değişen güçlere sahiptirler. Burada verilen güçler, direncin dayanabileceği en fazla gücü göstermektedir. Bu dirençler küçük oldukları için üzerlerine özelliklerini yazmak zordur. Bu nedenle renklerle kodlama yapılmıştır.

Bir direncin üzerinde Şekil 1.1’de gösterildiği gibi dört renkli bant vardır. Bu bantları A, B, C, D şeklinde ifade edelim, ilk üç renkli bant direncin büyüklüğünü verir. D bandı ise yüzde olarak toleransı belirtir. Bantları meydana getiren renkler aşağıda gösterildiği gibi on iki tane ayrı rakamı gösterir.



Şekil 1.1. Direnç ve renk bantları.

Tablo 1.1. Direnç bant renk değerleri.

Renkler (A,B,C)	Rakam
Gümüş (Yalnız C bandı)	-2
Altın (Yalnız C bandı)	-1
Siyah	0
Kahverengi	1
Kırmızı	2
Portakal	3
Sarı	4
Yeşil	5
Mavi	6
Mor	7
Gri	8
Beyaz	9

Bir direncin değerini veren $AB \times 10^C$ formülü şu şekilde belirlenir. A bandındaki renk, ilk rakamı; B bandındaki renk, ikinci rakamı ifade eder. C bandındaki rengin temsil

ettiği rakam ise; ilk iki rakamın yanına kaç tane sıfır koyacağımızı belirler. Aşağıdaki tabloda bazı direnç değeri okuma örnekleri verilmiştir;

Tablo 1.2. Direnç okuma örnekleri.

A	B	C	Hesaplama ($AB \times 10^C$)	Direnç (Ω)
Sarı	Yeşil	Kırmızı	45×10^2	4500
Mor	Gri	Sarı	78×10^4	780000
Beyaz	Mavi	Turuncu	96×10^3	96000
Mavi	Gri	Siyah	68×10^0	68

Yukarıda verdiğimiz örnekler aslında direncin tam değeri değildir. Yapım hatası nedeniyle çok az bir değişim gösterir. Bu değişim direncin toleransı olarak tanımlanır. Bu yüzden D bandı yüzde olarak toleransı belirtir. Bazı toleranslara karşılık gelen renkler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 1.3. Direnç bant tolerans değerleri.

Renkler	Tolerans
Altın	%5
Gümüş	%10
Renksiz	%20

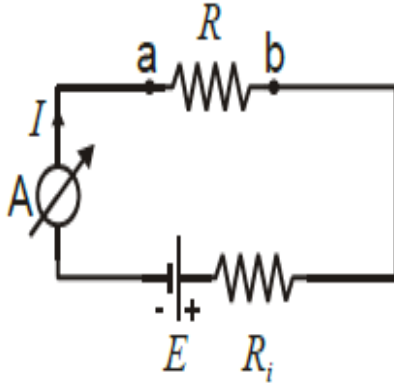
Elektrik akımı, bir iletken üzerindeki negatif yüklü elektronların, potansiyelin büyük olduğu noktadan küçük olduğu noktaya doğru olan hareketidir. Bir teldeki akımı, telden akan yük miktarıyla orantılıdır. Akım birimi bir iletkenin kesitinden bir saniyede geçen yük miktarı olarak tanımlanır ve Amper (A) olarak adlandırılır, iletken üzerinden geçen akımın yönü elektronların hareket yönünün tersi olarak seçilmiştir. Bu seçim, denklemlerdeki gereksiz “-” işaretinden kurtulmamızı sağlar. Bir teldeki I akımının V potansiyel farkına bağlı değişimi Ohm kanunu olarak bilinir ve şu şekilde verilebilir.

$$I = \frac{V}{R} \quad (1.1)$$

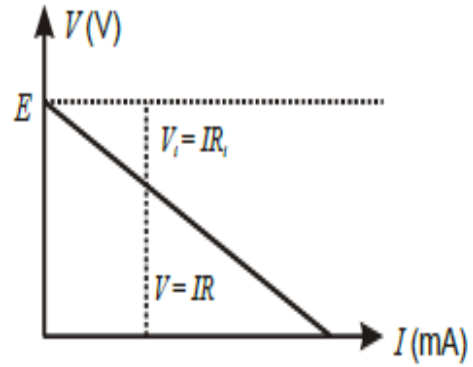
Burada R dirençtir ve telin akıma karşı direnme etkisi olarak tanımlanır. Denklem 1.1’de R direncinin birimi amper başına volt (V/A) olarak bulunur ve Ohm (Ω) adını alır.

Deneyin Yapılışı:

- ✓ Şekil 1.2'deki devreyi kurunuz. A ve B noktaları arasında değişik dirençler bağlayarak her direnç değeri için akım şiddetini ampermetreden okuyarak Tablo 1.4'e yazınız.
- ✓ Bu tablodaki değerler yardımıyla $V f(I)$ grafiğini çiziniz. Bu grafiğe, kullanılan pilin akım-gerilim karakteristiği denir. Bu karakteristik Şekil 1.3'teki gibi bir doğrudan ibarettir.



Şekil 1.2. Deney düzeneği.



Şekil 1.3. Pilin akım-gerilim karakteristiği.

II. Kirchhoff yasasına göre,

$$E = V_i + V \quad V = IR \quad V_i = IR_i \quad (1.2)$$

ise

$$E = IR_i + IR \quad (1.3)$$

Burada E pilin elektromotor kuvveti, I devreden geçen akım, R dış devrenin (A ve B noktaları arasındaki) direncidir. Herhangi bir I değeri için A ve B noktaları yani pilin uçları arasındaki potansiyel farkı;

$$V = IR \quad (1.4)$$

dir. Pilin emk'sı E , pilden hiç akım çekilmeksizin onun uçları arasındaki potansiyel farkı olarak tanımlanır. Seçilen herhangi bir I değerine karşılık gelen V potansiyel farkı grafikten okunduktan sonra pilin iç direnci R , aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

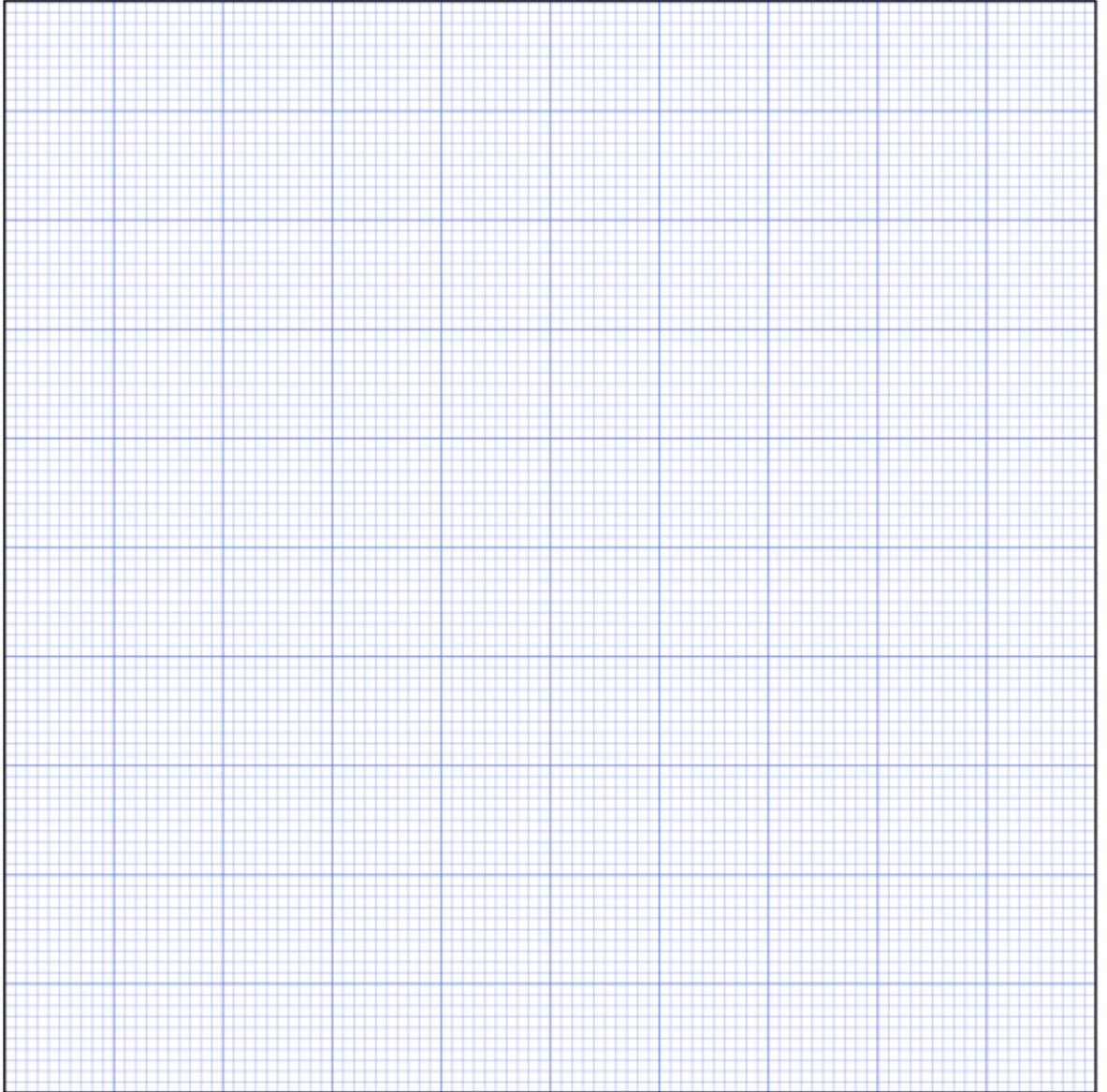
$$R_i = (E - V)/I \quad (1.5)$$

Hesaplamalar:

Elde ettiğiniz verilerle Tablo 1.4'ü doldurunuz.

Tablo 1.4. Farklı dirençler için alınan ölçüm sonuçları.

R (Ohm)	I (Amper)	V (Volt)



DENEY 2: OHM YASASI

Deneyin Amacı: Ohm yasasına uyan (ohmic) devre elemanlarının gerilim-akım karakteristiklerini elde etmek.

Teorik Bilgi

Birim elektrik yükünü elektrik alanın belirli herhangi bir noktasından diğer bir noktasına taşımak için elektriksel kuvvetlere karşı yapılan işe bu iki nokta arasındaki **potansiyel farkı** denir. Yük birimi *Coulomb* ve iş birimi *Joule* ise potansiyel farkının birimi **Volt (V)** olur.

Bir iletkenin elektriğin akabilmesi için onun iki ucu arasında bir potansiyel farkının bulunması gerekir. Hareket halindeki elektrik yükleri bir elektrik akımı doğurur.

Bir iletkenin herhangi bir kesitinden birim zamanda geçen elektrik yükü miktarına akım şiddeti denir. Yük birimi Coulomb alınırsa akım şiddeti birimi **Amper (A)** olur.

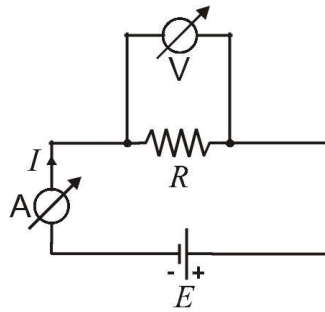
Bir iletkenin geçen akım şiddeti, iletkenin iki ucu arasındaki potansiyel farkı ile orantılıdır. Yani iletkenin uçları arasındaki potansiyel farkı V nin iletkenin geçen akım şiddeti I 'ya oranı iletken için sabittir (Ohm yasası). Bu sabit orana iletkenin direnci denir ve R ile gösterilir. Ohm yasası aşağıdaki eşitlikle verilir;

$$I = \frac{V}{R} \quad (2.1)$$

Burada R dirençtir ve telin akıma karşı direnme etkisi olarak tanımlanır. R direncinin birimi amper başına volt (V/A) olarak bulunur ve Ohm (Ω) adını alır.

İletken tellerin direnci, deneylerde ihmal edebileceğimiz kadar küçüktür. Bu sebeple bir devrenin direncini iletken dışındaki diğer devre elemanları (dirençler, ampuller, motorlar v.s.) belirler. Ohmic direnç diye tanımladığımız devre elemanları Ohm yasasına uyarlar. Bu deneyde, devreden geçen akım ve direnç uçları arasındaki gerilim değerleri ölçülerek dirençlerin özellikleri incelenecektir.

Deneyin Yapılışı:



Şekil 2.1. Devre şeması.

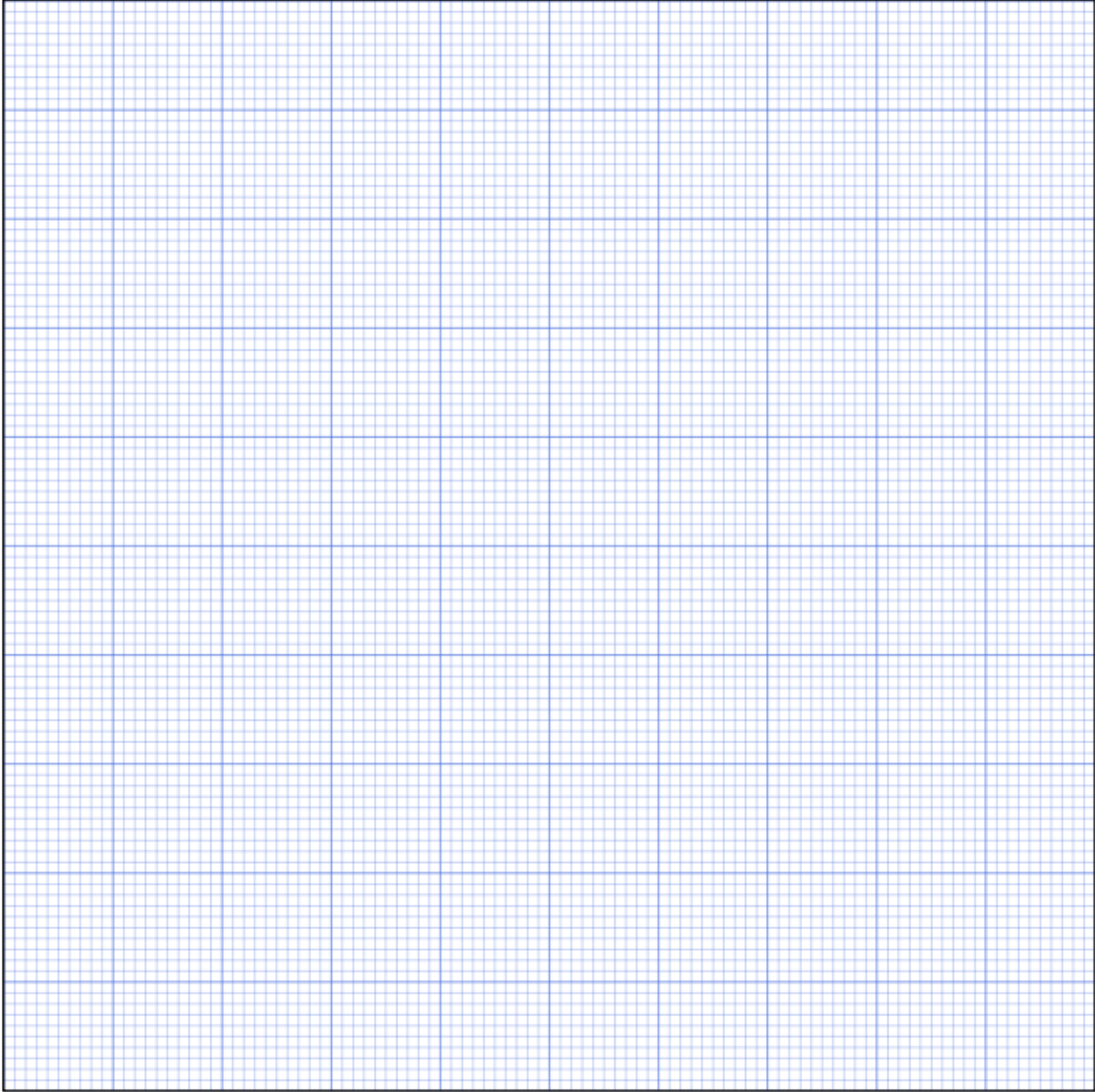
- ✓ Şekil 2.1'deki devreyi kurunuz.
- ✓ Ters bir bağlantı ampermetreye zarar verebileceğinden özellikle, güç kaynağının uçlarını doğru bağladığınızdan emin olunuz.
- ✓ Güç kaynağını, tüm devreyi kurduktan sonra açınız.
- ✓ Eğer güç kaynağını açtığınızda ampermetrenin ibresi ters yöne doğru saparsa, hemen kapatıp bağlantı uçlarını değiştiriniz. Devreye reosta eklenmesindeki amaç, geçen akımı kontrol etmek içindir.
- ✓ Gerilimi belirli adımlarla değiştirerek akımı okuyunuz. Her bir gerilime karşılık gelen akım değerlerini Tablo 2.1'e kaydediniz.
- ✓ Her bir direnç için I akımına karşılık gelen V gerilim değerini aynı grafik kağıdı üzerine işaretleyiniz. Dirençler için $V=IR$ olduğundan $V-I$ grafiği başlangıç noktasından (orjinden) geçen ve eğimi R olan birer doğru olacaktır. Grafiğin eğiminden direncin değerlerini hesaplayınız.

Hesaplamalar:

Elde ettiğiniz verilerle Tablo 2.1'i doldurunuz.

Tablo 2.1. Ohm yasası deneyinde elde edilen veriler.

$R_1 = \dots\dots\dots$		$R_2 = \dots\dots\dots$		$R_3 = \dots\dots\dots$	
V (Volt)	I (mA)	V (Volt)	I (mA)	V (Volt)	I (mA)



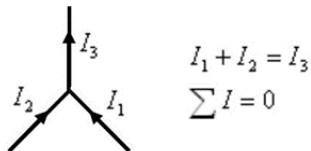
DENEY 3: KIRCHHOFF YASASI – SERİ BAĞLI DEVRELER

Deneyin Amacı: Seri bağlı devreler için Kirchhoff Yasası'nı incelemek.

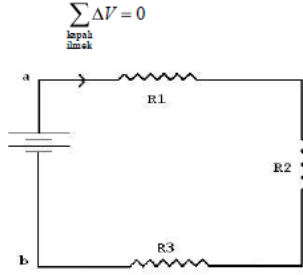
Teorik Bilgi

Kirchhoff yasaları ile karmaşık bir devrenin her kolundaki akım değerleri hesaplanabilir. Bu yasalar;

1. Bir devrenin herhangi bir noktasına gelen akımlar toplamı ile o noktadan çıkan akımlar toplamı eşittir.



2. Herhangi bir kapalı devre boyunca bütün devre elemanlarının uçları arasındaki potansiyel farklarının cebirsel toplamı sıfır olmalıdır.



Şekil 3.1. Seri bağlı dirençler.

Bu ilkeleri, seri bağlı dirençlere uygulayalım. Birinci yasaya göre bütün dirençler üzerinden aynı akımı geçtiğinden her direncin uçları arasındaki gerilim,

$$V_1 = IR_1 \quad V_2 = IR_2 \quad V_3 = IR_3 \quad (3.1)$$

dirençler boyunca a ve b noktaları arasındaki potansiyel farkı ise

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = I(R_1 + R_2 + R_3) \quad (3.2)$$

olur. İç direnci çok küçük olan bir güç kaynağının ε electromotor kuvveti (emk) uçları arasındaki potansiyel farkıdır. Bu nedenle a ve b noktaları arasındaki ε emk'dır. Kirchhoff'un İkinci Yasasına göre $V = \varepsilon$ olduğundan

$$I = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2 + R_3} \quad (3.3)$$

bulunur. Genel olarak n tane seri bağlı direnç, değeri $R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$ olan tek bir direnç gibi davranır. (3.2) ve (3.3) denklemlerinden dirençlerin uçları arasındaki potansiyeller ve devreden geçen akım, R_1 , R_2 ve R_3 cinsinden hesaplanır.

Deneyin Yapılışı:

- ✓ Şekil 3.1'de olduğu gibi seri bağlı dirençleri güç kaynağına bağlayınız.
- ✓ Devreden geçen I akımını, R_1 , R_2 ve R_3 'ün uçları arasındaki V_1 , V_2 , V_3 gerilimlerini ve güç kaynağının ε emk'sını ölçünüz.
- ✓ Bu ölçümlerden faydalanarak her bir direncin değerini I 'nın V 'ye bağlı grafiğinden bulunuz.

✓ Dirençler üzerindeki toplam potansiyelin, Kirchhoff'un II yasasına uygun olacak şekilde devrenin toplam ε emk'sına eşit olduğunu gösteriniz.

Hesaplamalar:

Elde ettiğiniz verilerle Tablo 3.1'i doldurunuz.

Tablo 3.1. Kirchhoff yasası deneyinde elde edilen veriler.

	Seri Bağlı Devreler	
	Ölçüm	Hesap
V		
V ₁		
V ₂		
V ₃		

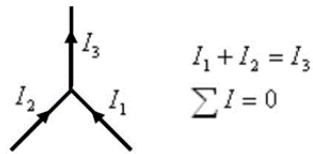
DENEY 4: KIRCHHOFF YASASI – PARALEL BAĞLI DEVRELER

Deneyin Amacı: Paralel bağlı devreler için Kirchhoff Yasası'nı incelemek.

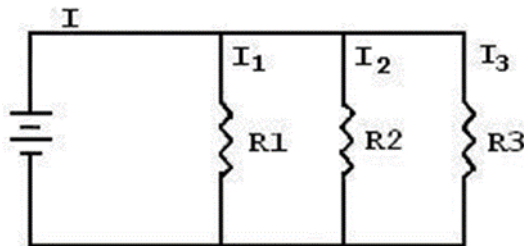
Teorik Bilgi

Kirchhoff yasaları ile karmaşık bir devrenin her kolundaki akım değerleri hesaplanabilir. Bu yasalar;

1. Bir devrenin herhangi bir noktasına gelen akımlar toplamı ile o noktadan çıkan akımlar toplamı eşittir.



2. Herhangi bir kapalı devre boyunca bütün devre elemanlarının uçları arasındaki potansiyel farklarının cebirsel toplamı sıfır olmalıdır.



Şekil 4.1. Paralel bağlı dirençler.

Şekil 4.1'deki paralel bağlı devrede toplam I akımı üç paralel akıma ayrılır. Kirchhoff'un birinci yasasından, $I = I_1 + I_2 + I_3$ ve ikinci yasasından (güç kaynağının emk'i, her direnç boyunca olan potansiyel farkına eşit olduğundan),

$$I_1 = \frac{\varepsilon}{R_1} \quad I_2 = \frac{\varepsilon}{R_2} \quad I_3 = \frac{\varepsilon}{R_3} \quad (4.1)$$

yazılabilir. Son üç denklem taraf tarafa toplanırsa,

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = \varepsilon \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \quad (4.2)$$

bulunur. Genel olarak n tane paralel bağlı direncin R eşdeğer direnci,

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (4.3)$$

ile verilir. (4.1) ve (4.2) denklemlerinden I , I_1 , I_2 ve I_3 , ε , R_1 , R_2 ve R_3 cinsinden hesaplanır.

Deneyin Yapılışı:

- ✓ Şekil 4.1'de olduğu gibi paralel bağlı üç direnci güç kaynağına bağlayınız.
- ✓ I , I_1 , I_2 ve I_3 akımları ile devreye uygulanan ε emk'yı ölçünüz.
- ✓ Ölçtüğünüz akımlar ile her bir koladaki direnç üzerindeki potansiyel farkını hesaplayınız.
- ✓ Dirençler paralel bağlandığı için kollardeki potansiyellerin eşit olmasını bekleriz.
- ✓ Kirchhoff'un I. Yasasına göre, I_1 , I_2 ve I_3 akımlarının toplamının ana koldaki I , akımına eşit olduğunu gösteriniz.

Hesaplamalar:

Elde ettiğiniz verilerle Tablo 4.1'i doldurunuz.

Tablo 4.1. Kirchhoff yasası deneyinde elde edilen veriler.

Paralel Bağlı Devreler		
	Ölçüm	Hesap
I		
I₁		
I₂		
I₃		

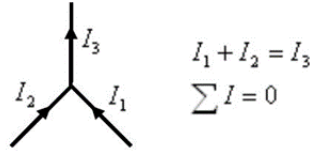
DENEY 5: KIRCHHOFF YASASI – SERİ VE PARALEL BAĞLI DEVRELER

Deneyin Amacı: Seri ve paralel bağlı devreler için Kirchhoff Yasası'nı incelemek.

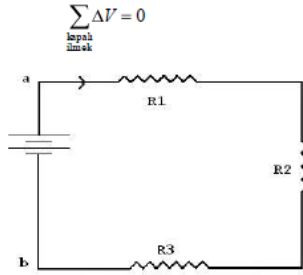
Teorik Bilgi

Kirchhoff yasaları ile karmaşık bir devrenin her kolundaki akım değerleri hesaplanabilir. Bu yasalar;

1. Bir devrenin herhangi bir noktasına gelen akımlar toplamı ile o noktadan çıkan akımlar toplamı eşittir.



2. Herhangi bir kapalı devre boyunca bütün devre elemanlarının uçları arasındaki potansiyel farklarının cebirsel toplamı sıfır olmalıdır.



Şekil 5.1. Seri bağlı dirençler.

Bu ilkeleri, seri bağlı dirençlere uygulayalım. Birinci yasaya göre bütün dirençler üzerinden aynı akımı geçtiğinden her direncin uçları arasındaki gerilim,

$$V_1 = IR_1 \quad V_2 = IR_2 \quad V_3 = IR_3 \quad (5.1)$$

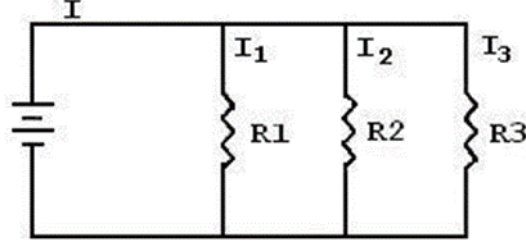
dirençler boyunca a ve b noktaları arasındaki potansiyel farkı ise

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = I(R_1 + R_2 + R_3) \quad (5.2)$$

olur. İç direnci çok küçük olan bir güç kaynağının ε electromotor kuvveti (emk) uçları arasındaki potansiyel farkıdır. Bu nedenle a ve b noktaları arasındaki ε emk'dır. Kirchhoff'un İkinci Yasasına göre $V = \varepsilon$ olduğundan

$$I = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2 + R_3} \quad (5.3)$$

bulunur. Genel olarak n tane seri bağılı direnç, değeri $R=R_1+R_2+...+R_n$ olan tek bir direnç gibi davranır. (5.1) ve (5.2) denklemlerinden dirençlerin uçları arasındaki potansiyeller ve devreden geçen akım, R_1 , R_2 ve R_3 cinsinden hesaplanır.



Şekil 5.2. Paralel bağılı dirençler.

Şekil 5.2'deki paralel bağılı devrede toplam I akımını üç paralel akıma ayırılır. Kirchhoff'un birinci yasasından, $I = I_1+I_2+I_3$ ve ikinci yasasından (güç kaynağının emk'i, her direnç boyunca olan potansiyel farkına eşit olduğundan),

$$I_1 = \frac{\varepsilon}{R_1} \quad I_2 = \frac{\varepsilon}{R_2} \quad I_3 = \frac{\varepsilon}{R_3} \quad (5.4)$$

yazılabilir. Son üç denklem taraf tarafa toplanırsa,

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = \varepsilon \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \quad (5.5)$$

bulunur. Genel olarak n tane paralel bağılı direncin R eşdeğer direnci,

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (5.6)$$

ile verilir. (5.4) ve (5.5) denklemlerinden I , I_1 , I_2 ve I_3 , ε , R_1 , R_2 ve R_3 cinsinden hesaplanır.

Deneyin Yapılışı:

- ✓ Şekil 5.1'de olduğu gibi seri bağılı dirençleri güç kaynağına bağlayınız ve devreden geçen I akımını, R_1 , R_2 ve R_3 'ün uçları arasındaki V_1 , V_2 , V_3 gerilimlerini ve güç kaynağının ε emk'sını ölçünüz.
- ✓ Bu ölçümlerden faydalanarak her bir direncin değerini I 'nın V 'ye bağılı grafiğinden bulunuz.

- ✓ Dirençler üzerindeki toplam potansiyelin, Kirchhoff'un II yasasına uygun olacak şekilde devrenin toplam ε emk'sına eşit olduğunu gösteriniz.
- ✓ Şekil 5.2'de olduğu gibi paralel bağlı üç direnci güç kaynağına bağlayınız.
- ✓ I , I_1 , I_2 ve I_3 akımları ile devreye uygulanan ε emk'yı ölçünüz.
- ✓ Ölçtüğünüz akımlar ile her bir koladaki direnç üzerindeki potansiyel farkını hesaplayınız.
- ✓ Dirençler paralel bağlandığı için kollardaki potansiyellerin eşit olmasını bekleriz.
- ✓ Kirchhoff'un I. Yasasına göre, I_1 , I_2 ve I_3 akımlarının toplamının ana koldaki I akımına eşit olduğunu gösteriniz.

Hesaplamalar:

Elde ettiğiniz verilerle Tablo 5.1'i doldurunuz.

	Seri Bağlı Devreler			Paralel Bağlı Devreler	
	Ölçüm	Hesap		Ölçüm	Hesap
V			I		
V₁			I₁		
V₂			I₂		
V₃			I₃		

DENEY 6: ELEKTRİK YÜKLERİNİN DEPOLANIŞI VE AKIŞI

Deneyin Amacı: Basit bir RC devresini kullanarak bir kondansatörün doldurulup boşaltılması ve zamanla değişen akım ve yük miktarlarının incelenmesi.

Teorik Bilgi

Kondansatör, eşit ye zıt yükler taşıyan herhangi iki iletken levha ile oluşturulmuş bir düzendir. Bir kondansatörde depolanan Q yükü, levhalar arasındaki potansiyel farkı ile doğru orantılıdır. Q ve V arasındaki orantı katsayısına kondansatörün sığası denir ve C ile gösterilir.

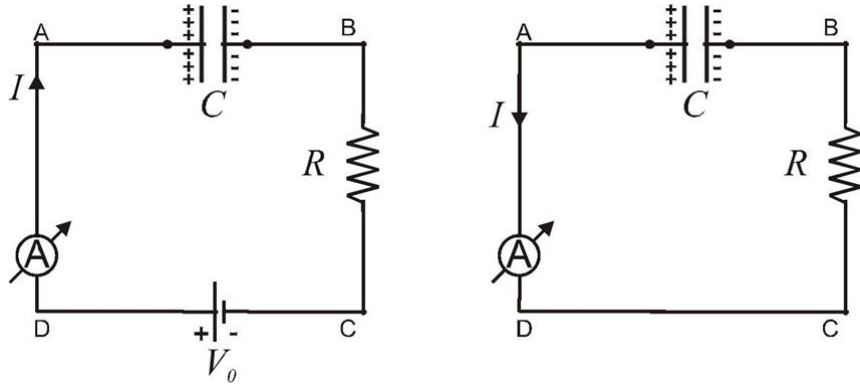
$$Q = CV \quad (6.1)$$

SI sisteminde sığanın birimine farad (F) denir ve yaygın kullanılan as katları şunlardır; 1 mikrofard ($1\mu F$)= 10^{-6} F 1 pikofard ($1pF$)= 10^{-12} F

Sığası C olan bir kondansatör, sabit bir V_0 gerilimi altında doldurulurken kondansatör üzerindeki V gerilimi bir zıt elektromotor kuvveti gibi davranacağından Kirchhoff yasalarına göre,

$$V_0 - V - IR = 0 \quad (6.2)$$

yazılabilir. Burada V_0 üretcinin sabit elektromotor kuvveti, V kondansatörün uçları arasındaki potansiyel farkı, IR ise direncin uçları arasındaki potansiyel farkıdır.



Şekil 6.1. Deney düzeneği.

Diğer yandan;

$$V = \frac{Q}{C} \quad (6.3)$$

olduğundan

$$V_0 = \frac{Q}{C} + IR \quad (6.4)$$

şeklinde yazılabilir. Bu denklemde V_0 , C ve R sabitlerdir. Q ve I ise zamana bağlı değişen niceliklerdir. Devreden geçen akım, aşağıdaki bağıntı ile verilir.

$$I = \frac{dQ}{dt} \quad (6.5)$$

Buradaki I değeri yerine yazılarak;

$$V_0 = \frac{Q}{C} + \frac{dQ}{dt} R \quad (6.6)$$

bulunur. Bu denklem C kondansatörünün R direnci üzerinden yüklenmesine ait bir diferansiyel denklemdir. Sabit V_0 gerilimi veren üreteç devreden çıkartılarak A ve D uçları bir iletkenle birleştirilecek olursa kondansatör direnç üzerinden boşalmaya ve zıt yönde bir akım geçmeye başlar. $V_0 = 0$ yazılarak elde edilen,

$$\frac{Q}{C} + \frac{dQ}{dt} R = 0 \quad (6.7)$$

denklemini, yüklü bir kondansatörün R direnci üzerinden **boşalmasına ait** bir diferansiyel denklemdir.

$$\frac{dQ}{Q} = -\frac{1}{RC} dt \quad (6.8)$$

şeklinde yazılabilir. Her iki tarafın integrali alınırsa

$$\ln Q = -\frac{1}{RC} t + k \quad (6.9)$$

Çözümü elde edilir. $t = 0$ anında, yani kondansatör boşalmaya başladığı andaki yük miktarı Q_0 ise yukarıdaki denklemde $t = 0$ konularak, $k = \ln Q_0$ bulunur, k değeri yerine yazılırsa; kondansatör, R direnci üzerinden boşalırken herhangi bir andaki Q yükünü gösteren aşağıdaki bağıntı bulunur (e^{ax} üstel fonksiyonu $\exp(ax)$ şeklinde de ifade edilir);

$$Q = Q_0 \exp\left(-\frac{t}{RC}\right) \quad (6.10)$$

diferansiyel denkleminin çözümünden, kondansatörün bir R direnci üzerinden yüklenmesi sırasında yük miktarının zamana göre değişimi için,

$$Q = Q_0 \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{RC}\right)\right] \quad (6.11)$$

bulunur. Burada Q , V_0 potansiyeli altında kondansatörün alabileceği maksimum yük miktarıdır. Denkleminin her iki tarafı C ile bölünür ve

$$V_{AB} = \frac{Q}{C} \quad V_0 = \frac{Q_0}{C} \quad I = \frac{dQ}{dt} \quad (6.12)$$

olduğu hatırlanırsa, kondansatörün yüklenmesi sırasında potansiyel ve akım şiddetlerinin değişimleri için

$$V_{AB} = V_0 \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{RC}\right)\right] \quad (6.13)$$

$$I = I_0 \left[\exp\left(-\frac{t}{RC}\right)\right] \quad (6.14)$$

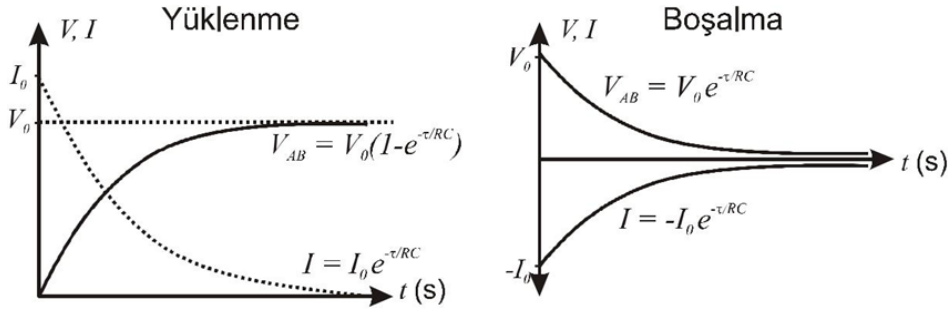
bağıntıları bulunur. Bu bağıntıda $I_0 = \frac{Q_0}{RC}$; yani $t = 0$ anındaki akım şiddetidir.

Kondansatörün yüklenmesi sırasında V_{AB} ve I 'nın zamana göre değişim eğrileri Şekil 6.2'de verilmiştir. Kondansatörün bir direnç üzerinden boşalmasına ait denklemin çözümü, benzer işlemler yapılarak, boşalma sırasında potansiyel ve akım şiddeti için,

$$V_{AB} = V_0 \left[\exp \left(-\frac{t}{RC} \right) \right] \quad (6.15)$$

$$I = -I_0 \left[\exp \left(-\frac{t}{RC} \right) \right] \quad (6.16)$$

bağıntıları bulunur. Kondansatörün bir direnç üzerinden boşalması sırasında V_{AB} ve I 'nın zamana göre değişim eğrileri Şekil 6.2' de verilmiştir.



Şekil 6.2. Kondansatör yüklenme ve boşalma grafiği.

Kondansatörün bir direnç üzerinden boşalmasına ait bağıntılar; Q , V_{AB} ve I 'nın zamana bağlı olarak üstel bir şekilde küçüldüklerini göstermektedir. Zamana bağlı olarak üstel bir şekilde küçülen niceliklerde, değişme hızını belirtmek üzere zaman sabiti kavramı tanımlanır. Üstel olarak değişen niceliğin herhangi bir andaki değerinin e ' de birine düşmesi için geçen zamana “zaman sabiti” denir ve ‘ τ ’ ile gösterilir.

Örneğin;

$$V_{AB} = V_0 \left[\exp \left(-\frac{t}{RC} \right) \right] \quad (6.17)$$

bağıntısında $t = RC$ seçilirse, $V_{AB} = V_0 e^{-1} = V_0/e$ bulunur. O halde R ve C 'nin değerleri bilindiğinde RC bağıntısından zaman sabiti bulunur. Zaman sabitini iki şekilde tayin etmek mümkündür.

1. Kondansatör boşalmaya başlamadan önce $V_{AB}=V_0$ ölçülür. Örneğin $V_0=10$ Volt olsun. Kondansatör boşalmaya başlayınca bir kronometre çalıştırılır ve bir voltmetre ile V_{AB} potansiyel farkı sürekli olarak gözlenir. Buradan,

$$V_{AB} = \frac{V_0}{e} = \frac{10}{2,72} = 3,68V \quad (6.18)$$

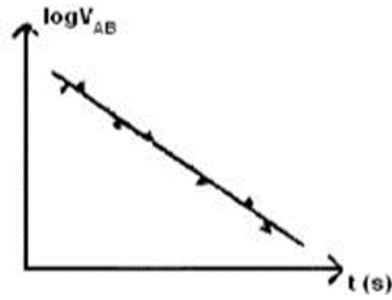
olana kadar geçen süre ölçülerek, τ zaman sabiti bulunur.

2. Kondansatör boşalırken değişik zamanlar da V_{AB} gerilimleri ölçülür ve bir tabloya kaydedilir. Ölçülen V_{AB} gerilimlerinin logaritmaları alınır. Logaritmik olarak,

$$\log V_{AB} = \log V - \frac{t}{RC} \log e$$

$$\log V_{AB} = \log V_0 - \left(\frac{\log e}{RC} \right) t \quad (6.19)$$

şeklinde yazılabileceğinden, $\log V_{AB}$ 'nin zamana göre değişim grafiği Şekil 6.3'teki gibi bir doğru olur.



Şekil 6.3. Logaritmik boşalma grafiği.

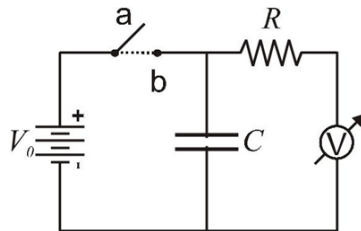
Bu doğrunun eğimi,

$$m = -\frac{\log e}{RC} = \frac{-0,43}{\tau} \quad (6.20)$$

olduğundan zaman sabitinin değeri grafikten $\tau = 0,43/m$ eşitliği kullanılarak hesaplanır.

Deneyin Yapılışı:

- ✓ Aşağıda görülen Şekil 6.4'teki devreyi kurunuz. Güç kaynağının A ucunu sürekli açık tutunuz ve kondansatörü doldurmak istediğiniz zaman B ucunu temas ettiriniz.



Şekil 6.4. Deney düzeneği.

- ✓ Güç kaynağını 10 Volt'a ayarlayınız.
- ✓ $R = 470\text{ k}\Omega$ ve $C = 100\mu F$ olarak devreyi kurunuz.
- ✓ A ve B uçlarını birleştiriniz ve voltmetreden okuduğunuz V_0 değerini kaydediniz.
- ✓ A ucunu ayırırken aynı anda kronometreye basınız ve voltmetreden gerilimin düşüşünü gözleyiniz.
- ✓ Gerilim $V_0/2,72 = 3,68\text{ Volt}$ değerine düştüğü anda kronometreyi durdurarak geçen zamanı okuyunuz.
- ✓ Bu süre size zaman sabiti τ 'yu verecektir.
- ✓ Bu ölçümü 10 kez tekrarlayarak ortalama zaman sabitini hesaplayınız.
- ✓ Bulduğunuz bu ortalama $\tau_{ölçüm}$ değeri ile teorik olarak hesaplayacağınız τ_{teorik} değerini karşılaştırınız.
- ✓ Kondansatörü tekrar doldurunuz ve boşalma esnasında gerilimin aldığı değerleri uygun aralıklarla kaydederek gerilimin zamana göre değişen grafiğini çiziniz.
- ✓ Bu grafik exponansiyel değişim göstereceği için $\log V$ 'nin t 'ye karşı grafiğini çizerek grafiğin eğiminden zaman sabiti τ 'yu bulunuz ve τ_{teorik} ile karşılaştırınız.

Hesaplamalar:

Elde ettiğiniz verilerle Tablo 6.1 ve 6.2'yi doldurunuz.

Tablo 6.1. $\tau_{ölçüm}$ değerleri.

$\tau_{ölçüm}$	$\tau_{ortalama}$
τ_1	
τ_2	
τ_3	
τ_4	
τ_5	
τ_6	
τ_7	
τ_8	
τ_9	
τ_{10}	

Tablo 6.2. Logaritmik değerler

$\log V$	logaritmik değer
$\log 9$	
$\log 8$	
$\log 7$	
$\log 6$	
$\log 5$	
$\log 4$	
$\log 3$	
$\log 2$	
$\log 1$	

