



FİZ 1102 FİZİK 2 DERSİ LABORATUAR KİTAPÇIĞI

DEÜ Fen Fakültesi Fizik Bölümü tarafından hazırlanmıştır.

2025

<https://fizik.deu.edu.tr>

Deney Videoları:

<https://www.youtube.com/@deufizikbolumu>

Laboratuvar Ölçü Aletleri ve Kullanımı

Amaç

- Analog ve dijital ölçü aletlerinin kullanımının öğrenilmesi
- Elektronik board kullanımının öğrenilmesi
- Dirençlerin renk kodlarıyla değerlerinin tespit edilmesi

Elektriksel Büyüklüklerin Sembol ve Birimleri

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

Tablo 1. Temel elektrostatik kavramlar, sembol ve birimleri.

Fiziksel Büyüklük	Sembolü	SI Sistemi	Birim Kısaltmaları
Elektriksel Alan	E	Volt/metre	–
Elektriksel Potansiyel	V	Volt	V
Elektrik Yük	Q,q	Coulomb	C
Elektrik Akımı	I,i	Amper	A
Güç	P	Watt	W
Akım Yoğunluğu	J	Amper/metre ²	–
Manyetik Alan	B	Tesla	T
Direnç	R	Ohm	Ω
Sığa (Kapasitör)	C	Farad	F
İndüktör	L	Henry	H

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

Tablo 2. Ön-ekler.

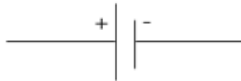




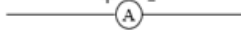
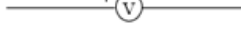


Önek	İşareti	Çarpan	Önek	İşareti	Çarpan
desi	d	10^{-1}	tera	T	10^{12}
santi	c	10^{-2}	giga	G	10^9
mili	m	10^{-3}	mega	M	10^6
mikro	μ	10^{-6}	kilo	k	10^3
nano	n	10^{-9}	hekto	h	10^2
piko	p	10^{-12}	deka	D	10^1
femto	f	10^{-15}			
atto	a	10^{-18}			

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

$1\text{k}\Omega = 10^3 \Omega$

Elektrik devrelerinde, devre elemanları belirli semboller ile belirtilir.

Bazı Devre Elemanlarının Sembolleri

Güç Kaynağı	
Sabit Direnç	
Değişken Direnç	
İndüktör	
Kapasitör	
Ampermetre	
Voltmetre	
Galvanometre	
Anahtar	

1. Analog ve Dijital (Sayısal) Ölçü Aletleri

Analog ölçü aletleri ölçtüğü değeri skala bölüntüleri üzerinde ibre ile gösteren ölçü aletleridir. Bu tür ölçü aletlerinin yapısı basit gibi görünse de daha hassas ölçüm yapmak mümkündür.



Şekil 1.1 Laboratuvarda kullanılan analog ölçü aletleri; miliampermetre, mikroampermetre, elektrometre ve güç kaynakları.

Dijital (sayısal) ölçü aletlerinde ise ölçülen fiziksel değer bir gösterge ekranında sayılarla gösterilir. Analog ölçü aletlerine oranla daha fazla özelliğe sahip olan dijital ölçü aletlerinin yapısı daha karmaşıktır. Birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları olan bu ölçme aletlerinden analog ölçü aletlerinde özellikle küçük değerlerde kademe küçültülerek daha hassas ölçüm yapma olanağı vardır. Ancak bu tür ölçü aletlerinde okuma hatası yapmak ta daha olasıdır. Dijital ölçü aletlerinde ise ölçme hataları daha azdır, ölçüm değerini cihaz doğrudan sayısal olarak verir. Laboratuvarda yapacağımız deneylerde hem analog hem de dijital ölçü aletlerini sıkça kullanacağız.



Şekil 1.2 Laboratuvarımızda kullanılan dijital ölçü aletleri; dijital multimetre ve güç kaynakları.

1.1 Analog ve Dijital Güç Kaynakları

Güç, birim zamanda harcanan enerji miktarı olarak bilinir. Elektriksel güç ise bir devreye birim zamanda verilen akımın devrede oluşan potansiyel fark ile çarpımıdır ($P = I \cdot V$). Elektriksel gücün birimi Watt'tır. Çevremizde çok çeşitli elektriksel güç kaynakları görebiliriz. En çok aşına olduğumuz güç kaynakları bataryalar ve jeneratördür. Güç kaynaklarını alternatif akım kaynakları (AC) ve doğru akım kaynakları (DC) olmak üzere iki sınıfa ayrılabilir. Eğer akım zaman karşı sabit ve daima pozitif yönde ise bu tür akımlara *doğru akım* diyoruz. Bu tür akımları direkt olarak çevremizdeki çeşitli bataryalardan elde edebiliriz. *Alternatif akım* ise doğru akımın aksine düzgün zaman aralıklarıyla zamanla değişir ve ters yönde de akar. Bu düzgün zaman aralıkları alternatif akımın frekansını verir. Alternatif akımla beslenen cihazlar beslendiği akımın frekansıyla uyumlu olmak zorundadır. Bu tür akımlar genellikle jeneratörler sayesinde sağlanır. Şehir elektriği de genellikle jeneratörler sayesinde üretildiğinden alternatif akıma sahiptir. Laboratuvarımızda hem analog hem de dijital güç kaynakları bulunmaktadır.

1.2 Dijital Multimetre (Avometre)

Dijital multimetreler, akım (AC/DC), gerilim (AC/DC) ve direnç ölçümünde kullanılırlar. Bu özellikleri nedeniyle AVOMETRE (A=amper, V=volt, O=ohm) olarak ta isimlendirilirler. Dijital multimetreler ile herhangi bir niceliği ölçmek için iki adet kabloya gereksinim vardır. Bunlardan biri ölçülecek nicelik ne olursa olsun ortak uç olan 'COM' ucuna takılır (COM=common), diğer kablo ise hedeflenen ölçüme göre ilgili uca takılmalıdır. Benzer şekilde, ilgili nicelik için multimetre üzerinde belirlenen uygun skala seçilmelidir.



Şekil 1.3 Dijital multimetrenin kullanımı

Dijital Multimetre ile Akım Ölçme

Akım ölçümü yapabilmek için cihazın ölçüm skalası $A-$ (DC) veya $A\sim$ (AC) ölçeklerinden birine ayarlanır. Eğer ölçülecek olan akım değeri bilinmiyorsa (A veya mA mertebesinde olabilir) en büyük kademedan başlanarak ölçüm yapılmalıdır. Ölçüm skalası ayarlandıktan sonra siyah kablo COM (common: ortak) bağlantısına, kırmızı kablo ise A (veya ölçülecek akım değerine göre mA) bağlantısına takılır. Kabloların diğer uçları ise akımı ölçülecek olan devre elemanına **seri** olarak bağlanır. Bu durumda ampermetrenin iç direnci seri bağlı olduğu devrenin direncine eklenir. Bunun sonucunda da hem ölçülecek olan akım azalır hem de Ampermetre üzerinde bir voltaj düşüşü olur. Bu etkiyi en aza indirmek amacıyla ampermetreler iç dirençleri çok küçük olacak şekilde tasarlanırlar. Eğer ölçüm sonucu akım değeri eksi işaretli olarak görünüyorsa, bağlantı yapılırken kırmızı uç gerilimin düşük olduğu tarafa takılmış demektir.

Dijital Multimetre ile Gerilim Ölçme

Gerilim ölçümü yapabilmek için cihazın ölçüm skalası $V-$ (DC) veya $V\sim$ (AC) ölçeklerinden birine ayarlanır. Eğer ölçülecek olan gerilim değerinin yaklaşık değeri bilinmiyorsa en büyük kademedan başlanarak ölçüm yapılmalıdır. Ölçüm skalası ayarlandıktan sonra siyah kablo COM (common: ortak) bağlantısına, kırmızı kablo ise V bağlantısına takılır. Kabloların diğer uçları ise gerilimi ölçülecek olan devre elemanının uçlarına bağlanır. Eğer ölçüm sonucu voltaj değeri eksi işaretli olarak görünüyorsa, bağlantı yapılırken kırmızı uç gerilimin düşük olduğu tarafa takılmış demektir. Bir elektrik devresinde gerilim ölçülürken, multimetre devreye **paralel** bağlanır, çünkü paralel kollardaki voltaj değerleri

eşittir. Voltmetrenin iç direncinin, üzerindeki potansiyel farkı ölçtüğünüz dirençten geçen akımı değiştirmemesi gerekir. Bu nedenle voltmetrelerin iç direnci ideal olarak sonsuzdur, pratikte ise çok büyüktür. Bir voltmetrenin iç direnci ne kadar büyük olursa ölçüm hatası da o oranda az olur.

Dirençlerin Renk Kodları ve Okunması

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



A: Birinci renk (sayı) B: İkinci renk (sayı) C: Üçüncü renk (üst çarpan) D: Dördüncü renk (tolerans)

Direnç üzerindeki renkler sola dayalı olarak okunur. İlk üç renk bandı direncin büyüklüğünü belirler. Dirençlerin değerleri kusurlarından dolayı çok küçük değişimler gösterebilir. Bu duruma direncin toleransı denir. **D** bandı yüzde olarak toleransı ifade eder. Buna göre direncin değeri şu şekilde okunur;

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

(İfadede **AB**'nin çarpım durumunda değil iki basamaklı bir sayı olduğuna dikkat ediniz!)

Tablo 3. Direnç renk tablosu

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

Örnek: Aşağıda verilen renk kodlarına göre direncin değerini bulalım;

A: Sarı B: Mor C: Kırmızı D: Gümüş

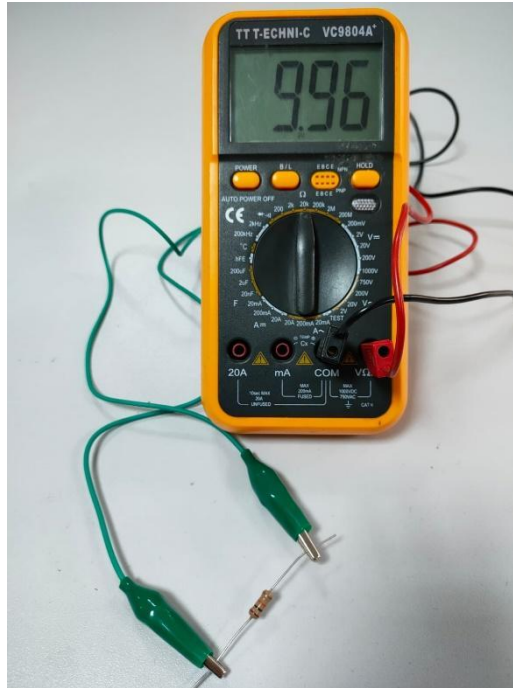
Direnç renk tablosuna göre; $R = AB \cdot 10^C \pm D \rightarrow R = 47 \cdot 10^2 \pm \%10$

$$R = (4700 \pm 470)\Omega$$

$$\left. \begin{array}{l} 4700 - 470 = 4230 \Omega \\ 4700 + 470 = 5170 \Omega \end{array} \right\} \text{Direncin gerç k değeri aralığında olabilir.}$$

Dijital Multimetre ile Direnç Ölçme

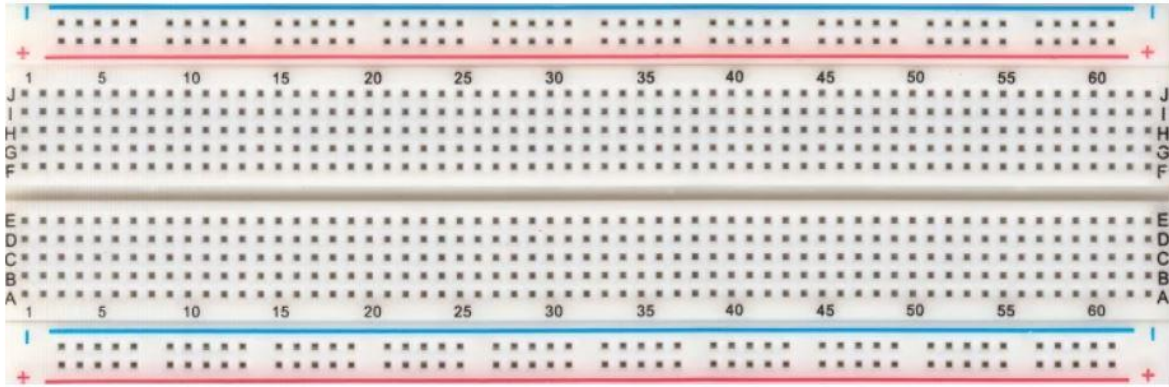
Direnç ölçümü yapabilmek için cihazın ölçüm skalası Ω ölçeğine ayarlanır. Mega-ohm (M Ω) mertebesindeki dirençlerin ölçümü için ölçeğin **M** kademesi, kilo-ohm (k Ω) mertebesindeki dirençlerin ölçümü için ölçeğin **k** kademelerinden biri kullanılır. Eğer ölçülecek olan direnç değerinin yaklaşık değeri bilinmiyorsa en büyük kademedan başlanarak ölçüm yapılmalıdır. Ölçüm skalası ayarlandıktan sonra siyah kablo COM (common: ortak) bağlantısına, kırmızı kablo ise Ω bağlantısına takılır. Kabloların diğer uçları ise değeri ölçülecek olan direncin uçlarına bağlanır ve multimetrenin göstergesinden direnç değeri okunur. Multimetreden okunan değer, renk kodlarından okunan direnç değeriyle aynı olmayabilir. Ancak yukarıdaki örnekte olduğu gibi tolerans yüzdesi sınırları içerisinde bir değer verecektir.



Şekil 1.4 Dijital multimetre ile direnç ölçümü

1.3 Elektronik Board (Breadboard)

Elektronik board üzerinde bir sürü küçük delik bulunan dikdörtgen bir plastik levhadır. Bu delikler, elektronik bileşenlerin prototipe kolayca yerleştirilmesine olanak sağlar. Deliklerin altında yer alan iletken şeritler, elektronik devre elemanlarını birbirine bağlayarak, lehimlemeye gerek kalmadan bir devre oluşturur. Elektronik board iç yapısı dik ve yatay şekilde birbirlerine bağlı halde konumlanmış metal kısaçlardan oluşur. Board üzerinde her iki tarafta da görünen kırmızı ve mavi kısımlar breadboardun satır kısımlarıdır (Şekil 1.5). Bu kısımlar boydan boya bir satır şeklinde iletim halindedir. Breadboardun ortada kalan kısımları ise sütun boyunca yerleştirilmiş iletkenlerden oluşur. Tüm bu iletkenlerin üst kısmı elektronik bileşenlerin ayaklarını yerleştirmemiz için açılmış deliklerden oluşan bir plastik ile kapalıdır.



Şekil 1.5 Elektronik board

Elektronik boardda devre kurarken dikkat edilmesi gerekenler;

- Aynı devre elemanın bacaklarını aynı sütun üzerine takmayınız. Böyle bir durumda elemanın bacakları arasında kısa devre meydana gelir.
- Herhangi iki devre elemanının bacaklarını elektronik board üzerinde aynı deliğe takmayınız. Her deliğe bir devre elemanı bacağı yerleşecek şekilde devrenizi kurunuz.
- Birden fazla devre elemanı ile karmaşık bir devre kuruyorsanız, devre elemanlarının bacaklarının birbirleriyle temas etmemesine dikkat ediniz.
- Kondansatör gibi kutuplu elemanlar ile çalışırken kutupları board üzerine ters bağlamadığınıza emin olunuz.

Kaynaklar

1. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Fakültesi Fizik Bölümü, Fizik II Laboratuvar Föyü, 2016
2. Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Fizik Mühendisliği Bölümü, Elektrik Laboratuvarı El Kitabı, 2017
3. Çukurova Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Elektrik ve Manyetizma Laboratuvarı, 2009.

DENEY 1: PARALEL PLAKALI KONDANSATÖRDE YÜK, POTANSİYEL FARK VE SIĞA İLİŞKİSİ

Amaç

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

2.1 Kondansatör ve Sığa Kavramı

Eşit büyüklükte ve zıt işaretli yük taşıyan ve küçük potansiyel farklar altında büyük yükler depolayabilen sistemlere **kondansatör** (kapasitör, sığaç) denir. Aralarında yalıtkan bir madde veya boşluk içeren paralel iki iletken levha bir kondansatör oluşturur. Bunlara “*paralel plakalı kondansatör*” denir. Levhalar arasındaki yalıtkana da “*dielektrik madde*” denir. Bir kondansatör üzerindeki Q yükünün miktarı, iletkenler arasındaki potansiyel fark ile doğru orantılıdır ($Q \propto \Delta V$). Kondansatörlerin üzerlerinde depolayabilecekleri en büyük elektrik yükü miktarı;

$$Q = C \Delta V \quad 2.1$$

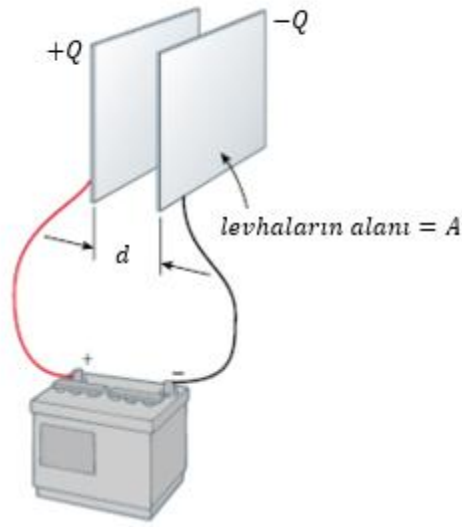
eşitliği ile ifade edilir. İletkenlerden biri üzerindeki yükün büyüklüğünün, bunlar arasındaki potansiyel farkının büyüklüğüne oranı kondansatörün **sığası** olarak tanımlanır. Kondansatörde biriken yük arttıkça potansiyel fark ta artacağından, kondansatör için $Q/\Delta V$ oranı sabittir. SI birim sisteminde sığa Volt başına Coulomb’tur (Coulomb/Volt) ve Michael Faraday’ın onuruna **farad** (F) olarak belirlenmiştir. Farad çok büyük bir sığa birimidir. Bu nedenle pratikte birçok aygıtın sığası mikroyarad (10^{-6}) ile pikofarad (10^{-12}) arasında değer alır.

2.1.1 Paralel Plakalı Kondansatörün Sığası

Şekil 2.1’deki gibi aralarında boşluk veya hava bulunan iki paralel levhadan oluşan bir kondansatörün sığası aşağıdaki bağıntı ile verilir;

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d} \quad 2.2$$

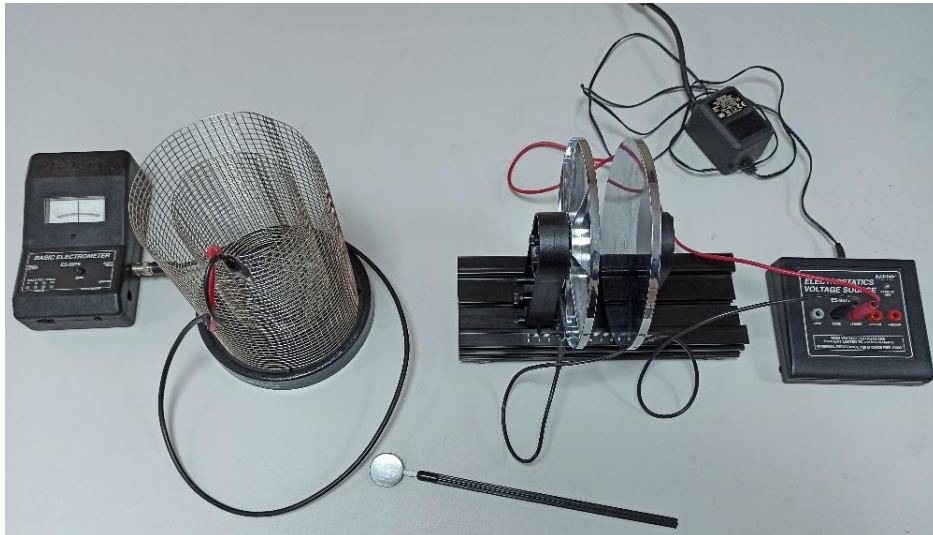
İfadede A paralel levhalardan (plaka) birinin alanı, d iki plaka arasındaki mesafe ve ϵ_0 boşluğun dielektrik sabitidir ($\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ farad/metre veya $C^2/N m^2$).



Şekil 2.1 İki paralel plakadan oluşan kondansatör

2.2 Deneyde Kullanılacak Araçlar

- Faraday kafesi
- Elektrometre
- Paralel plakalı kondansatör
- Elektrostatik voltaj kaynağı
- Taşıyıcı çubuklar
- Bağlantı kabloları, adaptör, cetvel



Şekil 2.2 Deney düzeneği

Paralel Plakalı Kondansatör

Şekil 2.3'te görüldüğü üzere paralel plakalı kondansatör $R = 18 \text{ cm}$ çapında iki dairesel plakadan oluşmaktadır. Plakalar, cm cinsinden ölçeklendirilmiş bir kızak üzerinde hareket edebilecek şekilde monte edilmişlerdir. Plakaların arkasında bulunan vidalar sayesinde, bir ucu voltaj kaynağının ilgili girişlerinden çıkan kablolar kondansatöre bağlanıp, kondansatörün yüklenmesi sağlanır.



Şekil 2.3 Paralel plakalı kondansatör

Elektrometre

Doğrudan voltaj ölçümünün yanı sıra dolaylı olarak akım ve yük ölçümü için de kullanılan bir voltmetredir (Şekil 2.4). Yüksek öz direncinden dolayı özellikle elektrostatik deneylerinde yük ölçümü için uygundur. Standart bir altın yapraklı elektroskoptan yaklaşık 1000 kat fazla duyarlılığa sahiptir, merkez sıfır göstergesi yük kutupluluğunu doğrudan gösterir ve yükü 10^{-11} Coulomb'a kadar ölçer.



Şekil 2.4 Elektrometre

Elektrostatik Voltaj Kaynağı

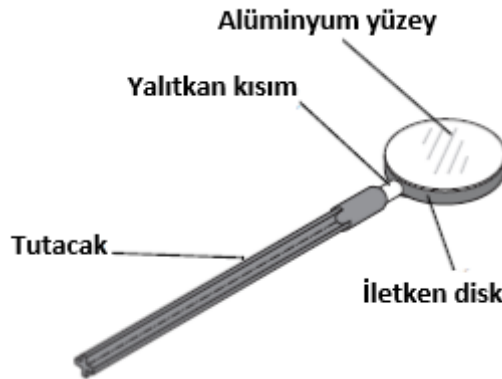
Sadece elektrostatik deneyleri için düzenlenen yüksek voltajlı, düşük akımlı güç kaynağıdır (Şekil 2.5). Kapasitör plaka deneyleri için 30 volt DC çıkışı vardır. Faraday kafesi ve iletken küre deneyleri için 1000V, 2000V ve 3000V çıkışları vardır. 30 volt dışındaki bütün voltaj çıkışları, uygun kısa devre çıkış akımını 8.3 μ A civarında sınırlandıran voltaj çıkış değerleri ile ilgili seri dirence sahiptir. 30 volt çıkışı düzenlenmiştir (regüle edilmiştir).



Şekil 2.5 Elektrostatik voltaj kaynağı

Yük Taşıyıcı Çubuk

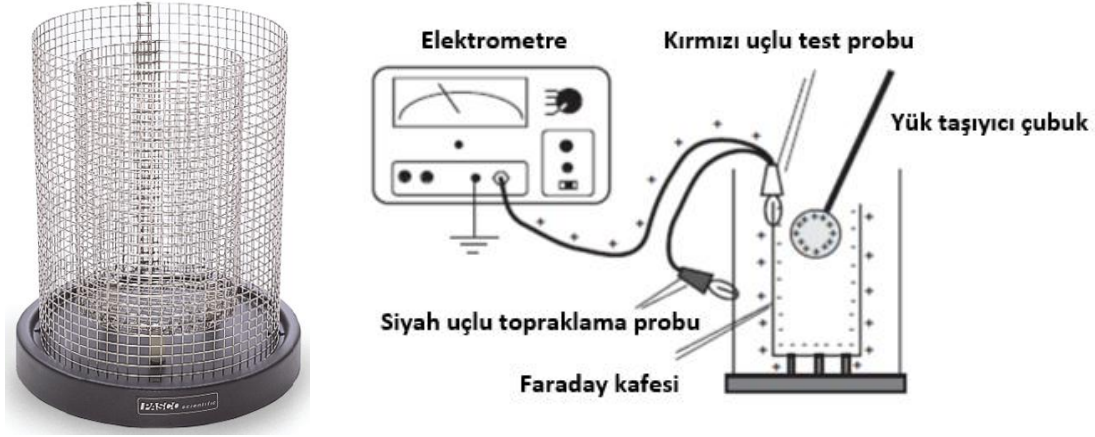
Alüminyum kaplı iletken bir disk ile buna tutturulmuş bir yalıtkan tutucudan oluşur (Şekil 2.6). Yüklü iletken yüzeylerdeki yük yoğunluğunu ölçmek için kullanılır. Çubuktaki yük yoğunluğunu ölçmek için Faraday kafesi kullanılır.



Şekil 2.6 Yük taşıyıcı çubuk

Faraday Kafesi

Yalıtkan bir tablanın üzerine iç içe geçmiş iki iletken kafesin oturtulmasıyla elde edilir. Ölçüm yaparken içteki silindire kırmızı uçlu test probu, dıştaki silindire ise siyah uçlu topraklama probu bağlanır (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 Faraday kafesi

2.3 Deneyin Yapılışı

- Şekil 2.8'deki deney düzeneğini kurunuz. Bunun için, kondansatörün plakalarının arkasında yer alan vidalara, kondansatörü yükleyecek olan kabloları takarak sıkıştırınız. Kabloların diğer uçlarını, siyah uç COM girişine, kırmızı uç ise 1000 V girişine takılı olacak şekilde elektrostatik voltaj kaynağına bağlayınız.
- Eşitlik 2.1'de verilen bağıntıyı kullanarak kondansatörün sığasını bulabilmek için öncelikle kondansatörde depolanan yük miktarının belirlenmesi gerekmektedir.
- 1000 V gerilim uygulayarak kondansatörü yükleyiniz. Kondansatörün plakalarında depolanan yükü bulmak için yük taşıyıcı çubuk ve Faraday kafesinden yararlanınız.
- Yük taşıyıcı çubuğun başlangıçta yüksüz olduğundan emin olunuz. Çubuktaki yükü nötrlemek için duvara veya yere (sürtmeden) dokundurabilirsiniz.
- Kondansatörün plakaları arasındaki mesafeyi bir cetvel yardımıyla veya kondansatör üzerinde bulunan cm ölçeğinden okuyarak ölçtüğünüz değeri Tablo 2.2'ye kaydediniz.
- Yüksüz hale getirdiğiniz çubuğu kondansatörün plakalarından birinin merkezine yakın bir noktasına dokundurarak kısa bir süre bekleyiniz (Taşıyıcı çubuğu plakaya sürterek yüklemeye çalışmayınız, dokundurmanız yeterlidir).
- *Dokunmayla elektriklelenme* sonucunda taşıyıcı çubuk yüklenmiştir. Ardından, vakit kaybetmeden çubuğu Şekil 2.7'deki gibi Faraday kafesinin içindeki silindire dokundurmadan yaklaşınız.

Bu durumda, Faraday kafesinin içteki silindirin iç kısmı taşıyıcı çubukla aynı miktarda yüklenmiştir. Fakat işareti taşıyıcı çubuğun yük işareti ile zıt olmaktadır.

- Taşıyıcı çubuğu Faraday kafesinin içine yaklaştırdığınız anda elektrometrede bir voltaj sapması gözlemleyeceksiniz. Bu voltaj değerini Tablo 2.1'deki ilgili kısma kaydediniz ($V_{\text{çubuk}}$). Taşıyıcı çubuk üzerindeki yük her zaman elektrometrenin okuduğu voltaj değeriyle orantılıdır.
- Elektrometrede bir iç kondansatör bulunmaktadır ve sığası yaklaşık olarak $C_{\text{elektrometre}} = 27 \text{ pF'dir}$. Bu sığa değerini ve elektrometreden okuduğunuz potansiyel fark değerini ($V_{\text{çubuk}}$) Eşitlik 2.1'de kullanarak çubuğun üzerinde toplanan yük miktarını $Q_{\text{çubuk}}$ hesaplayınız.
- Dokunma ile elektriklenmede yükler yüzey alanlarıyla (A) doğru orantılı olarak paylaşılır. Bu nedenle kondansatör üzerinde depolanmış olan yükü belirlemek için çubuğun ve kondansatörün plakasının alanı hesaplanmalıdır. Böylelikle, çubuğun alanı ($A_{\text{çubuk}}$) ve kondansatörün plakalarından birinin alanı ($A_{\text{kondansatör}}$) arasında kurulacak doğru orantı ile kondansatörün yükü $Q_{\text{kondansatör}}$ hesaplanabilir.
- Başlangıçta elektrostatik voltaj kaynağından kondansatörü yüklemek için 1000 V potansiyel fark uygulamıştınız ($V_{\text{kondansatör}}$). Bu voltaj değeri ve hesapladığınız kondansatörün yük miktarını ($Q_{\text{kondansatör}}$) kullanarak Eşitlik 2.1'den kondansatörün sığası olan $C_{\text{kondansatör}}$ değerini hesaplayınız.
- Tüm verileri ve hesapladığınız sonuçları ilgili Tablolara yerleştiriniz.
- Paralel plakalı kondansatörün sığasını Eşitlik 2.2 yardımıyla da hesaplayarak, bulduğunuz sonucu deneysel sonucunuzla karşılaştırınız.
- Deneyinizi 2000 V ve 3000 V için tekrarlayarak elde ettiğiniz sonuçları yorumlayınız.

2.4 Ölçümler ve Sonuçlar

$$\text{Elektrometrenin sığası } C_{\text{elektrometre}} = 27 \text{ pF} = 27 \times 10^{-12} \text{ F} \quad \epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N m}^2$$

$$\text{Yük taşıyıcı çubuğun yarıçapı } r_{\text{çubuk}} = \dots\dots\dots \text{ m}$$

$$\text{Kondansatörün plaka yarıçapı } r_{\text{plaka}} = \dots\dots\dots \text{ m}$$

$$\text{Yük taşıyıcı çubuğun alanı } A_{\text{çubuk}} = \dots\dots\dots \text{ m}^2$$

$$\text{Kondansatörün plaka alanı } A_{\text{plaka}} = \dots\dots\dots \text{ m}^2$$

Tablo 2.1. Paralel plakalı kondansatörün şıgasının $Q = C \cdot \Delta V$ eşitliği kullanılarak bulunması.

	$V_{kondansatör}$ (V)	$V_{çubuk}$ (V)	$Q_{çubuk}$ (C)	$Q_{kondansatör}$ (C)	$C_{kondansatör}$ (pF)
Deney 1	1000				
Deney 2	2000				
Deney 3	3000				

Tablo 2.2 Paralel plakalı kondansatörün şıgasının $C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$ eşitliği kullanılarak bulunması.

	$V_{kondansatör}$ (V)	$d_{kondansatör}$ (m)	$C_{kondansatör}$ (pF)
Deney 1	1000		
Deney 2	2000		
Deney 3	3000		

Kaynaklar

1. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Fakültesi Fizik Bölümü, Fizik II Laboratuvar Föyü, 2016.
2. John D. Cutnell, Kenneth W. Johnson, Physics, 8th Edition, John & Wiley Sons, Inc. 2009.
3. Raymond A. Serway, Robert J. Beichner, Fen ve Mühendislik için Fizik 2, 5. Baskı, 2000.

DENEY 2: OHM YASASI ve VOLTMETRE-AMPERMETRE YÖNTEMİ ile DİRENÇ ÖLÇÜMLERİ-SERİ BAĞLI DEVRELER

Amaç

- Ohm yasasının doğrulanması
- Değerleri bilinmeyen üç farklı direncin voltmetre-ampermetre yöntemi ile ölçülmesi
- Bu dirençleri seri bağlayarak elde edilen deneysel sonuçların teorik sonuçlarla karşılaştırılması

3.1 Teori

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

$$E = \frac{\Delta V}{l}$$

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

$$I = \frac{dq}{dt}$$

Eğer tel iyi bir şekilde izole edilmişse elektrik yüklerinin korunumundan dolayı iletken içindeki tüm noktalarda akımın değeri aynıdır. Akımın SI birim sistemindeki birimi Ampere (A) olup bunu,

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

şeklinde ifade ederiz.

Metalik bir iletkende yük taşıyıcıları elektronlardır ancak genel kabulden dolayı akımın yönü pozitif yük taşıyıcıları yönündedir. Bazı durumlarda iletken içinde herhangi bir noktadaki yük taşıyıcılarının hareketi ile ilgileniriz. Böyle bir durum için *akım yoğunluğu*'nu tanımlarız. Bu, iletkenin belli bir A kesitinden geçen akım miktarıdır ve

$$j = \frac{I}{A}$$

ile verilir.

Metalik bir iletken çok fazla sayıda serbest elektron içerir. Örneğin bakır için bu değer birim hacim başına 8×10^{22} serbest elektrondur. Bu elektronlar bir gaz yapısındadır ve metalin tüm hacmini doldurur. Elektriksel olarak nötr bir iletken serbest elektronların negatif yükleri, iyonların pozitif yükleri ile dengelenir ki bu durum metalin kristal örgüsünü oluşturur. Böyle bir metalik iletken akım basit olarak elektron gazının bir akışıdır ve bu akış sırasında iyonlar hareketsizdir. Bir teldeki E-alan, elektron gazını tel boyunca iter fakat bu elektron gazı ivmelenmez bunun nedeni elektron gazının hareketinin sabit hızda olmasıdır çünkü hareket sırasında elektron gazı ile tel arasındaki sürtünme harekete ters yönde olup sürtünme kuvveti E-alanın uyguladığı kuvvetle dengelenmektedir. Elektron gazı tel içinde düşük bir hızla (10^{-2} m/s gibi) hareket etse de her bir elektron bireysel olarak daha yüksek hızlara sahiptir (Bir metaldeki elektronların rastgele hareketlerinin hızı 10^6 m/s civarındadır ve bu yüksek hız kuantum mekaniksel etkilerden kaynaklanmaktadır). Tel ile elektron gazının arasındaki sürtünme telin kristal örgüsündeki iyonlar ve elektronlar arasındaki çarpışmalar ile oluşur (Örneğin bir bakır tel içindeki elektron hareketi sırasında bir saniyede iyonlarla 10^{14} çarpışma yapar). Her bir çarpışma elektronu yavaşlatır. Böylece yavaşlayan elektron önce durur sonra ters yönde hareket eder. Bu şekilde, çarpışmaların olumsuz etkileri yüzünden elektron ivmelenen hızı asla E-alandan elde edemez. Sürüklenme hızı veya ortalama hız E-alan ile orantılıdır.

$$v \propto E$$

Teldeki akım ise elektronların ortalama hızıyla orantılıdır.

$$I \propto v \propto E$$

Akım ayrıca telin kesit alanıyla da orantılı olduğundan

$$I \propto AE$$

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

$$I \propto \frac{A}{l} \Delta V$$

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

$$I = \frac{1}{\rho} \frac{A}{l} \Delta V$$

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

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

şeklinde tanımlanır. Böylece bu ifade bilinen haliyle

$$I = \frac{\Delta V}{R}$$

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

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

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

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

Elektrik devreleri çeşitli devre elemanlarına sahiptir. Dirençler de bu devre elemanlarından biridir. Devre diyagramlarında direnç sembolü zigzag çizgidir ve dirençler seri ve paralel bağlama olmak üzere iki şekilde bağlanabilir. İki direncin seri bağlandığı durumu ele alalım. (Şekil 3.1) Bu devrede her bir direncin potansiyel farkı sırasıyla ΔV_1 ve ΔV_2 olmak üzere devrenin net potansiyel farkı

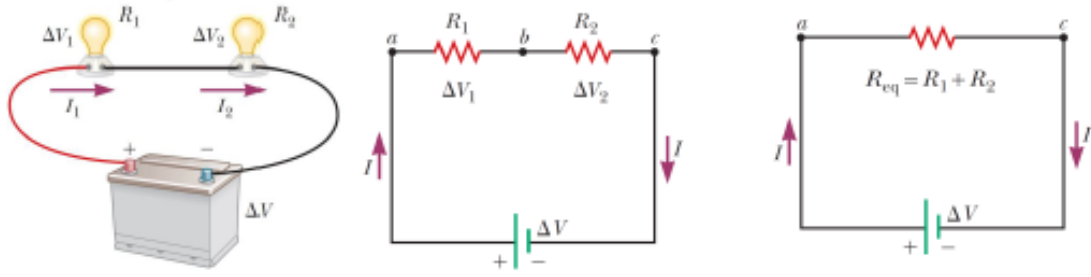
$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2$$

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

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

yazılabilir. Buradan seri bağlı devrede net direncin veya eşdeğer direncin $R_{eş} = R_1 + R_2$ olduğu görülür.

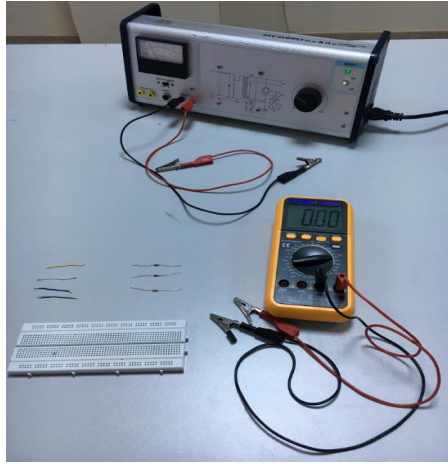
Not: Dirençlerin seri bağlandığı durumlarda, R_1 direnci üzerinden akan yük R_2 direnci üzerinden akan yüke eşit olduğundan, her iki direnç üzerinden geçen akımlar aynı olur.



Şekil 3.1 Seri bağlı dirençler

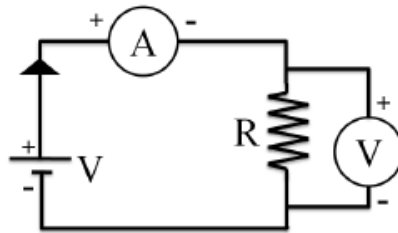
3.2 Denede Kullanılacak Araçlar

1. Üç farklı direnç
2. Board
3. Multimetre (Voltmetre, Ampermetre, Ohmmetre)
4. Güç kaynağı
5. Bağlantı kabloları



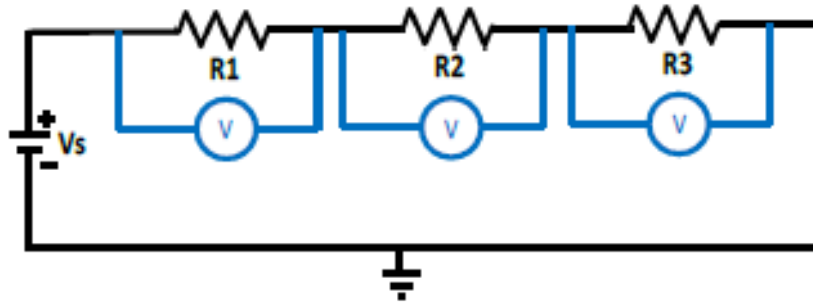
Şekil 3.2 Dene düzeni

3.3 Denedin Yapılışı



Şekil 3.3 Akım ile voltaj arasındaki ilişkiyi incelemek için kurulacak devre.

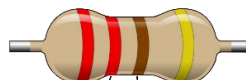
- Size verilmiş olan üç direncin değerini üzerindeki renk kodlarını kullanarak belirleyiniz.
- Daha sonra her üç direnç için şekil 3.3'teki devreyi board üzerinde kurunuz ve farklı potansiyel farkları uygulayıp I-V değerlerini belirleyerek tablo 3.1'i doldurunuz.
- Elde ettiğiniz veriler yardımıyla üç direnç için de I-V grafiği çizin (Şekil 3.5) ve grafikten Ohm yasası yardımıyla R direnç değerlerini elde ediniz.
- Değerini belirlediğiniz üç direnç yardımıyla şekil 3.4'te görülen seri bağlı devreyi kurunuz.
- Önce her üç direnç için potansiyel farkı ve akım şiddetini ölçün.
- Sonra seri bağlı tüm devre için potansiyel farkı ve akım şiddetini ölçün ve Ohm yasası yardımıyla tüm devrenin eş değer direncini bulun sonuçları Tablo 3.2' ye yazın ve % bağıl hatayı hesaplayın.



Şekil 3.4 Belirlediğiniz üç direnç ile oluşturulan seri bağlı devre şeması.

3.4 Ölçümler ve Sonuçlar

Renk Kodları									
Siyah	Kahverengi	Kırmızı	Turuncu	Sarı	Yeşil	Mavi	Mor	Gri	Beyaz
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9



Tolerans		
Altın	Gümüş	Renksiz
5%	10%	20%

$$22 \times 10^1 \pm 5\% = 220 \pm 11 \Omega$$

Renk kodları ile belirlenen direnç değerleri:

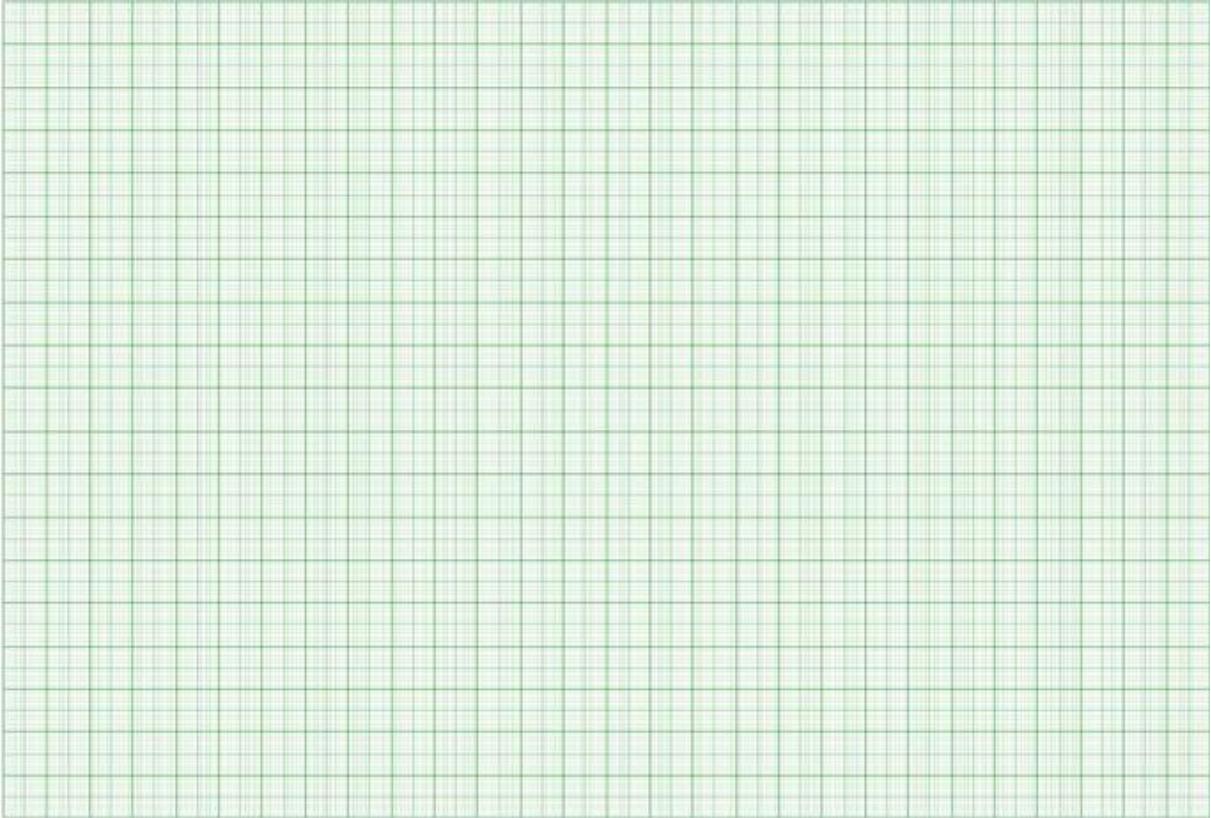
$$R_1 = \dots \pm \dots \Omega$$

$$R_2 = \dots \pm \dots \Omega$$

$$R_3 = \dots \pm \dots \Omega$$

Tablo 3.1 $R_1 - R_2 - R_3$ direnci için akım ve gerilim değerleri

Ölçüm	R_1		R_2		R_3	
	Gerilim(V)	Akım(mA)	Gerilim(V)	Akım(mA)	Gerilim(V)	Akım(mA)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						



Şekil 3.5 Gerilim - akım grafiği için grafik kağıdı

Grafikten elde edilen direnç değerleri:

$R_1 = \dots\dots\dots k\Omega$

$R_2 = \dots\dots\dots k\Omega$

$R_3 = \dots\dots\dots k\Omega$

Tablo 3.2 Seri bağlı devrede akım, gerilim ve hesaplanan direnç değerleri

Direnç	Akım (mA)	Gerilim (Volt)	Direnç $R=V/I$ (k Ω)	R_{grafik} (k Ω)	%Bağıl Hata
R_1					
R_2					
R_3					
$R_{eş}$					

Kaynaklar

4. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Fakültesi Fizik Bölümü, Fizik II Laboratuvar Föyü, 2016.
5. Raymond A. Serway, Robert J. Beichner, Fen ve Mühendislik için Fizik 2, 5. Baskı, 2000.

DENEY 3: OHM YASASI-PARALEL BAĞLI DEVRELER

Amaç

Ohm yasasının paralel bağlı dirençlerden oluşan devre için doğrulanması.

4.1 Teori

Bir iletken içinde akım üretmek üzere yükler, iletken içindeki elektrik alanının etkisi ile hareket ederler. Bu durumda, iletken içinde elektrik alan bulunmaktadır. A kesit alanlı ve I akımı taşıyan bir iletken için, iletken içindeki J akım yoğunluğu, birim alan başına düşen akım olarak tanımlanır. $I = nqv_s A$ olduğundan, akım yoğunluğu,

$$J = \frac{I}{A} = nqv_s$$

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

$$\mathbf{J} = nq\mathbf{v}_s$$

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

$$\mathbf{J} = \sigma \cdot \mathbf{E}$$

burada σ orantı katsayısı olup ilgili maddenin iletkenliği olarak tanımlanır. Denkleme, Georg Simon Ohm (1787-1854) anısına ithafen **Ohm Kanunu** denir ve bu yasaya uyan, yani E ile J arasında doğrusal bir ilişki gösteren, maddelere *ohmik maddeler* ve bu yasaya uymayan maddelere ise *ohmik olmayan maddeler* denir.

Herhangi bir devrede birden fazla direncin uçlarına aynı gerilim (V) uygulanmasıyla her birinden **ayrı** akım geçebilecek şekilde bağlanmasına **paralel bağlama** denir. Paralel bağlı devre elemanları Şekil 1'de gösterildiği gibi akım yollara ayrıldığı için dirençlerin üzerlerinden geçen akımlar farklı olur. Fakat paralel bağlı bu devre elemanlarının uçları arasında aynı V gerilimi vardır. Yani, dirençlerin paralel bağlanmasında kaynak gerilimine bağlanan bir direnç üzerindeki gerilim, o bağlanan kaynağın gerilimine (V) eşit olacaktır.

Devrede tek bir dirence gerilim kaynağı bağlanması durumunda bu direnç üzerinden kaynaktan çekilen I akımı geçer. Fakat devreye iki direnç (R_1 ve R_2) paralel bağlandığında kaynaktan çekilen

I akımı dirençlerin değerlerine göre bir kısmı (I_1), direnç R_1 üzerinden diğer kısmı (I_2), R_2 direnci üzerinden geçecektir. Dolayısıyla, dirençlerin bu tür paralel bağlanmasında dirençler üzerinden geçen akımların toplamı devrenin toplam akımına (I) eşit olacaktır. Paralel devrede, herbir direnç üzerinden geçen akım **Ohm yasası** ile belirlenebilir. Kaynak gerilimi V , devredeki paralel direnç uçlarında aynı olacağından;

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

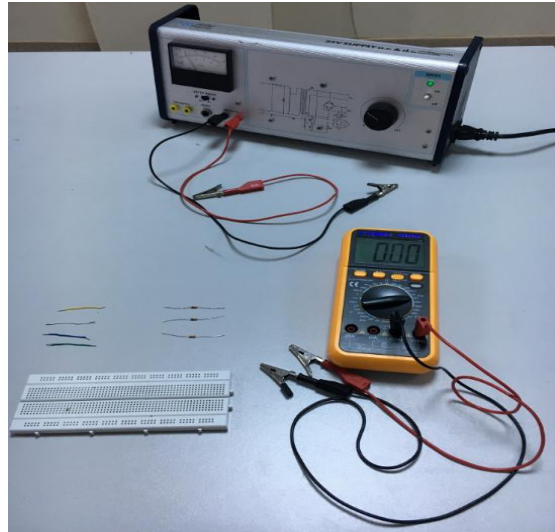
Böylece devrenin eşdeğer direnci

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

şeklinde verilir.

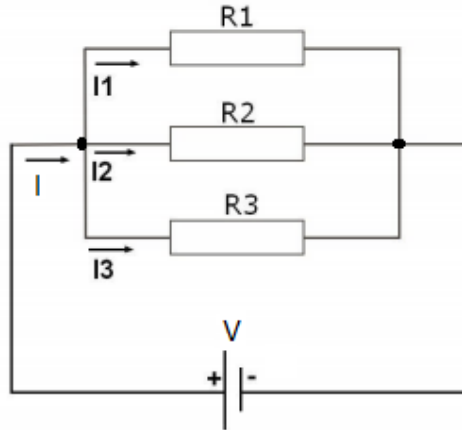
4.2 Deneyde Kullanılacak Araçlar

1. Üç farklı direnç
2. Board
3. Voltmetre
4. Ampermetre
5. Güç kaynağı



Şekil 4.1 Deney Düzenliği

4.3 Deneyin Yapılışı

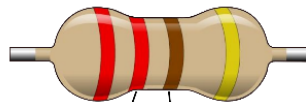


Şekil 4.2 Paralel bağlı devre

- Verilen üç direnci renk kodları yardımıyla belirleyiniz.
- Bu üç direncin değerini ohmmetre ile ölçerek değerlerini kaydediniz.
- Değerlerini belirlediğiniz bu üç direnç yardımıyla Şekilde görülen paralel bağlı devreyi kurunuz.
- Öncelikle, her üç direnç için potansiyel farklarını ve akım şiddetlerini ölçünüz, ardından paralel bağlı tüm devre için potansiyel farkı ve akım şiddetini ölçünüz.
- Sonuçları Tablo 4.1'e yazınız. Elde edilen bu veriler ve Ohm yasası yardımıyla tüm devrenin eş değer direncini bulunuz.

4.4 Ölçümler ve Sonuçlar

Renk Kodları									
Siyah	Kahverengi	Kırmızı	Turuncu	Sarı	Yeşil	Mavi	Mor	Gri	Beyaz
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9



Tolerans		
Altın	Gümüş	Renksiz
5%	10%	20%

$$22 \times 10^1 \pm 5\% = 220 \pm 11 \Omega$$

Renk kodları ile belirlenen direnç değerleri:

$$R_1 = \dots \pm \dots k\Omega \quad R_2 = \dots \pm \dots k\Omega \quad R_3 = \dots \pm \dots k\Omega$$

Ohmmetre kullanarak ölçülen direnç değerleri:

$$R_1 = \dots \pm \dots k\Omega \quad R_2 = \dots \pm \dots k\Omega \quad R_3 = \dots \pm \dots k\Omega$$

Tablo 4.1 Paralel bağlı devrede akım, gerilim ve hesaplanan direnç değerleri

Direnç	Akım (mA)	Gerilim ($Volt$)	Direnç $R = V/I$ ($k\Omega$)	$R_{ohmmetre}$ ($k\Omega$)	%Bağıl Hata
R_1					
R_2					
R_3					
$R_{eş}$					

Kaynaklar

6. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Fakültesi Fizik Bölümü, Fizik II Laboratuvar Föyü, 2016.
7. Raymond A. Serway, Robert J. Beichner, Fen ve Mühendislik için Fizik 2, 5. Baskı, 2000.

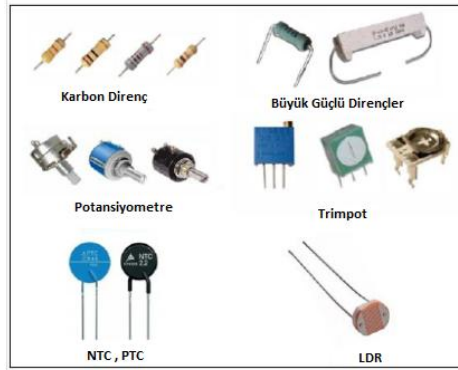
DENEY 4: WHEATSTONE KÖPRÜSÜ

Amaç

Wheatstone köprüsü yardımı ile direnç ölçülmesinin yapılması.

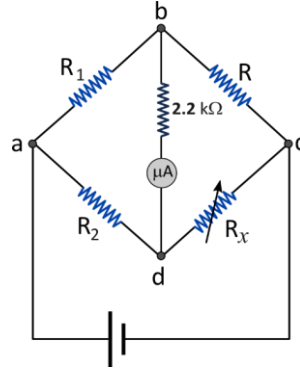
5.1 Teori

Direnç, elektrik devresinde bir iletken üzerinden geçen elektrik akımının karşılaştığı zorlanmadır, “R” ile gösterilir ve birimi Ohm(Ω)’dur. Dirençler, elektrik devrelerinde akımı sınırlayarak belirli bir değerde tutmaya yararlar. Ayrıca, hassas devre elemanlarının üzerinden yüksek akım geçmesini önlemek ve akımı bölmek için de kullanılırlar. Bir iletkenin direnci fazla ise geçen akım miktarı az, iletkenin direnci az ise geçen akım miktarı fazladır. Dirençler, seri ve paralel olmak üzere iki farklı şekilde bağlanabilirler ve sabit değerli (Telli Dirençler, Karbon Dirençler, Film Dirençler, Entegre Dirençler, Smd Dirençler) ve ayarlanabilir (trimpot, potansiyometre ve reosta) olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Bunların dışında, çeşitli fiziksel büyüklüklerden etkilenen ve bu etki sonucunda değeri değişen foto direnç (ışık duyarlı, LDR), termistör (ısı duyarlı, PTC veya NTC) ve VDR (gerilim duyarlı) gibi dirençler de bulunmaktadır.



Şekil 5.1 Direnç Türleri

Direnç ölçümünde kullanılan birçok yöntem vardır. En dolaysız ölçme yöntemi ampermetre - voltmetre yöntemidir. Bu yöntemle yapılan ölçümlerin duyarlılığı için ampermetre ve voltmetrenin uygun ölçme aralıklarının olması ve ayrıca doğru okuma yapan bu aletlerden en az birinin iç direncinin bilinmesi gerekir. Hem karşılaştırma hem de sıfırlama yöntemi olduğu için Wheatstone köprü yönteminin ampermetre - voltmetre yöntemine göre açık bir üstünlüğü vardır. Bu devre yardımıyla bilinmeyen bir direncin değeri bulunabilir. Bunun için Şekil 5.2’ deki devre kullanılır ve bu devreye Wheatstone Köprüsü denilir. Wheatstone köprüsünde bilinmeyen bir R direnci, değişken bir R_x direnci ve iki R_1 , R_2 dirençleri, bir dörtgenin kenarlarını oluşturacak şekilde bağlanır. Bu dörtgenin köşelerinden biri üzerinde bir pil veya doğru akım kaynağı, diğeri üzerinde de büyük bir direnç ile birlikte bir mikroampermetre bulunur.



Şekil 5.2 Wheatstone köprüsünün devre şeması.

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

$$V_a - V_b = V_a - V_d$$

$$V_b - V_c = V_d - V_c$$

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

$$I_1 R_1 = I_2 \cdot R_2$$

$$I_1 R = I_2 \cdot R_x$$

şeklinde yazılabilir. Bu bağıntılardan

$$R = \frac{R_1}{R_2} R_x$$

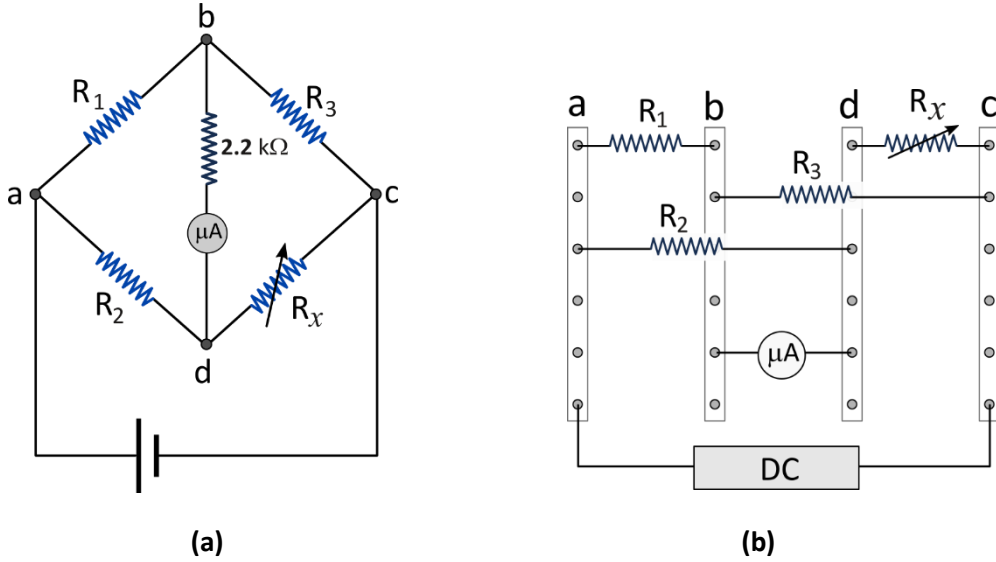
eşitliği elde edilir. Görüldüğü gibi köprü dengede olduğu zaman karşılıklı kenarların çarpımı ($R_x \cdot R_1 = R \cdot R_2$) birbirine eşittir.

5.2 Deneyde Kullanılacak Araçlar

- Farklı büyüklükte dirençler
- 10 kΩ'luk Reosta
- Board
- Mikroampermetre
- Güç Kaynağı
- İletken tel, bağlantı kabloları

5.4 Deneyin Yapılışı

Farklı büyüklükteki dirençler ve R_x yerine Reosta kullanılarak dirençler Şekil 5.3 (a)'daki devre şeması yardımıyla boarda bağlanır. Wheatstone köprüsüne ait bu devre Şekil 5.3(b)'deki gibi basitleştirilebilir.



Şekil 5.3 Wheatstone köprüsü devresi

- ✓ Doğru akım kaynağı çalıştırılarak a-c noktaları arasında birkaç volt gerilim uygulanır ve uygulanan voltaj artırılırken mikroampermetrenin sapması gözlenir.
- ✓ Wheatstone köprüsü devresinin dengelenmesi için R_x değişken direnci olarak kullanılan reosta ayarlanarak mikroampermetreden geçen akımın SIFIR olması sağlanır. Reostanın uygun direnç değerinde b-d arasından akım geçmeyecektir.
- ✓ Ampermetreden geçen akımın sıfır olduğu durum için Reosta devreen çıkartılarak uçları multimetreye bağlanır. Multimetre direnç okuyacak şekilde ayarlanarak R_x direncinin değeri deneysel olarak ($R_x(\text{deneysel})$) belirlenebilir. Farklı dirençler kullanılarak Tablo 5.1 doldurulur.
- ✓ Ampermetreden akım geçmediği durumda bilinmeyen R_x direncinin teorik değeri ($R_x(\text{teorik})$) gerekli bağıntı kullanılarak hesaplanır ve deneysel olarak bulunan değerle karşılaştırılır. Bu değerler karşılaştırılarak % bağıl hata hesaplanır ve tabloya kaydedilir.

5.5 Ölçümler ve Sonuçlar

Tablo 5.1 Wheatstone köprüsü devresi için ölçüm sonuçları

R_1 (k Ω)	R_2 (k Ω)	R_3 (k Ω)	R_x (deneysel) (k Ω)	R_x (teorik) (k Ω)	% Bağıl Hata

Kaynaklar

8. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Fakültesi Fizik Bölümü, Fizik II Laboratuvar Föyü, 2016.
9. Raymond A. Serway, Robert J. Beichner, Fen ve Mühendislik için Fizik 2, 5. Baskı, 2000.

DENEY 5: ELEKTRİK YÜKLERİNİN DEPOLANIŞI ve AKIŞI

Amaç

- Bir kondansatörün yüklenmesi ve bir direnç üzerinden boşalması sırasındaki akım gerilim ilişkilerinin incelenmesi.
- Zaman sabitinin (τ) bulunması.

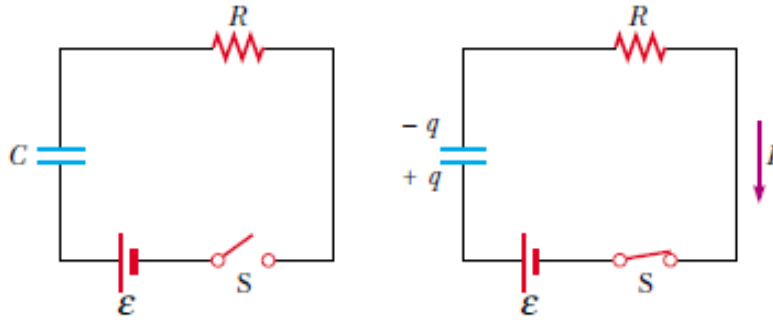
6.1 Teori

Kondansatörler miktarca eşit fakat zıt işaretli olacak şekilde yüklenmiş aralarında dielektrik bir ortam bulunan iki iletken levhadan oluşur. Bir kondansatörün levhaları üzerinde biriken Q yük miktarının, bu iletken levhalar arasındaki ΔV potansiyel farka oranı sabit olup kondansatörün sığası olarak adlandırılır ve genel olarak C ile gösterilir. Buna göre

$$C = \frac{Q}{\Delta V} \quad 6.1$$

yazılabilir.

6.1.1 Bir Kondansatörün Yüklenmesi



Şekil 6.1 Bir kondansatörün yüklenmesi (a) anahtar kapatılmadan önce (b) anahtar kapatıldıktan sonra devre diyagramı

Şekil 6.1a'daki devrede başlangıçta kondansatörün yüksüz olduğunu varsayalım. Anahtar açık iken akım yoktur. Anahtar $t = 0$ anında kapatılırsa, yük hareketi ile kondansatör yüklenmeye başlayacaktır (Şekil 6.1b). Anahtar kapatıldıktan sonraki durum için Kirchoff'un kuralını uygularsak

$$\mathcal{E} - \frac{q}{C} - IR = 0 \quad 6.2$$

yazılır. Burada IR direncin uçları ve q/C 'de kondansatörün uçları arasındaki potansiyel düşmesidir. Kondansatör için Kirchoff'un kuralına göre pozitif plakadan negatif plakaya doğru gidilmesi durumunda potansiyel azalacaktır. Buna göre eşitlik 6.2' de kondansatörün uçları arasındaki potansiyel farkın işareti negatif olur.

Anahtar kapatıldığı anda, yani $t = 0$ anında, kondansatör üzerindeki yük sıfırdır ve 6.2 eşitliğinden, akımın I_0 başlangıç değeri maksimum ve

$$I_0 = \frac{\varepsilon}{R} \quad 6.3$$

olduğu görülür. Bu anda potansiyel düşmesi tümüyle direncin uçları arasında oluşur. Daha sonra kondansatör maksimum Q değerine kadar yüklendiğinde, yük akışı durur devredeki akım sıfır olur ve potansiyel düşmesi tümüyle kondansatörün uçları arasında oluşur. $I = 0$ 'ı eşitlik 6.2' de yerine yazarsak Q için maksimum değeri

$$Q = C\varepsilon \quad 6.4$$

elde ederiz. Seri devrelerin bütün kısımlarında akım aynı olmalıdır. O halde R direncindeki akım, kondansatör plakalarına giren ve çıkan akımla aynı olmalıdır. Bu akım kondansatör levhaları üzerindeki yükün zamana göre değişimine eşittir. Buna göre $I = \frac{dq}{dt}$ yi 6.2 eşitliğinde yerine yazar ve düzenlersek,

$$\frac{dq}{dt} = \frac{\varepsilon}{R} - \frac{q}{RC} \quad 6.5$$

eşitliğini elde ederiz.

$$\frac{dq}{dt} = -\frac{q - C\varepsilon}{RC} \quad 6.6$$

denklemleri dt ile çarpıp ve $q - C\varepsilon$ ile bölersek,

$$\frac{dq}{q - C\varepsilon} = -\frac{1}{RC} dt \quad 6.7$$

denklemini elde ederiz. Bu ifadenin integralini alırsak, ($t = 0, q = 0$)

$$\int_0^q \frac{dq}{q - C\varepsilon} = -\frac{1}{RC} \int_0^t dt \quad 6.8$$

$$\ln\left(\frac{q - C\varepsilon}{-C\varepsilon}\right) = -\frac{t}{RC} \quad 6.9$$

elde ederiz.

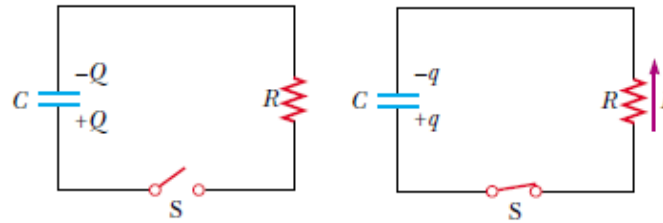
$$q(t) = C\varepsilon\left(1 - e^{-t/RC}\right) = Q\left(1 - e^{-t/RC}\right) \quad 6.10$$

şeklinde yazabiliriz. Eşitliğin zamana göre diferansiyelini alarak, yüklenme akımı için $I = \frac{dq}{dt}$ yi kullanarak,

$$I(t) = \frac{\varepsilon}{R} e^{-t/RC} \quad 6.11$$

buluruz. Bu eşitliklerden görüleceği gibi kondansatörün yüklenmesi üstel fonksiyonlarla betimlenmektedir. Bu üstel terimlerde ortaya çıkan RC niceliğine devrenin zaman sabiti denir. Zaman sabiti üstel ifadeyi boyutsuz kılan ve kendisi zaman boyutunda olan bir sabittir. RC değerine ilgili RC devresinin zaman sabiti olarak tanımlanır ve genel olarak τ ile gösterilir. Bu, akımın başlangıç değerinin $1/e$ katına düşmesi için geçen süreyi gösterir. Yani τ zamanında $I = \frac{I_0}{e} = 0.37I_0$ olması demektir.

6.2.2 Bir Kondansatörün Boşalması



Şekil 6.2 Bir kondansatörün boşalması (a) anahtar kapatılmadan önce (b) anahtar kapatıldıktan sonra devre diyagramı

Şekil 6.2(b)'deki gibi devrede anahtar kapatılır kapatılmaz, Q yükü ile dolu olan kondansatör hemen boşalmaz. Boşalması biraz zaman alır. Anahtar kapatıldığında, kondansatör direnç üzerinden boşalmaya başlar. Boşalma esnasındaki herhangi bir anda, devredeki akım I ve kondansatör üzerindeki yük q 'dur ve Kirchoff'un kuralını uygularsak

$$-\frac{q}{C} - IR = 0 \quad 6.12$$

$I = \frac{dq}{dt}$ yi de eşitlik 6.11'de yerine yazarsak

$$-R \frac{dq}{dt} = \frac{q}{C} \quad 6.13$$

$$\frac{dq}{q} = -\frac{1}{RC} dt \quad 6.14$$

yazılabilir. $t = 0$ 'da $q = Q$ başlangıç şartını kullanarak, bu ifadenin integrali alınırsa,

$$\int_Q^q \frac{dq}{q} = -\frac{1}{RC} \int_0^t dt \quad 6.15$$

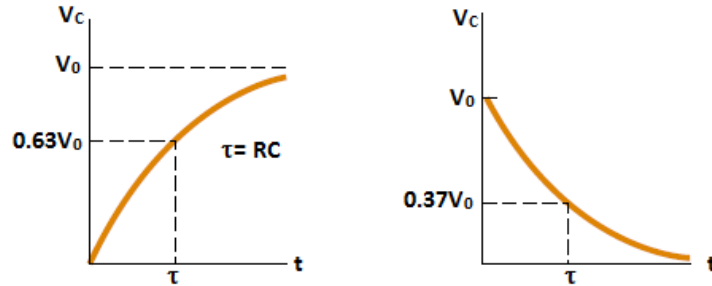
$$\ln\left(\frac{q}{Q}\right) = -\frac{t}{RC} \quad 6.16$$

$$q(t) = Qe^{-t/RC} \quad 6.17$$

bulunur. Bu ifadenin zamana göre türevini alarak, zamana bağlı akım ifadesi elde edilir.

$$I(t) = \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt}\left(Qe^{-t/RC}\right) = -\frac{Q}{RC}e^{-t/RC} \quad 6.18$$

Böylece kondansatör üzerindeki yük ve akım, $\tau = RC$ zaman sabiti ile belirlenen bir hızla üstel olarak değişir.

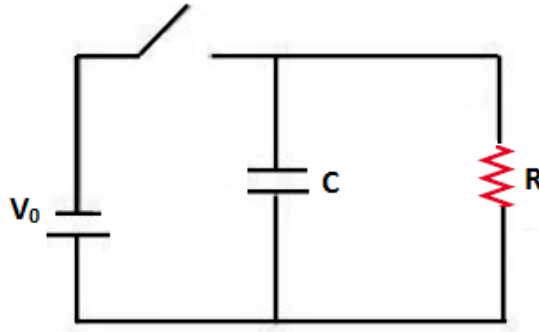


Şekil 6.3 Bir kondansatörün yüklenmesi ve boşalması sırasında üzerindeki gerilimin zamanla değişimi

6.3 Deneyde Kullanılacak Araçlar

- $R_1 = 1 M\Omega$, $R_2 = 2.2 M\Omega$ ve $R_3 = 0.1 M\Omega$ değerlerine sahip direnç
- $C_1 = 100 \mu F$, $C_2 = 10 \mu F$ ve $C_3 = 470 \mu F$ değerlerine sahip kondansatör
- Multimetre
- DC Güç Kaynağı
- Kronometre

6.4 Deneyin Yapılışı



Şekil 6.4 Deney Düzeneği

6.4.1 Voltmetrenin iç direncinin bulunması

- Şekil 6.4' deki devreyi R direnci olmadan $10 \mu F$ kondansatörü kullanarak kurunuz.
- Kondansatörün uçlarına bir voltmetre bağlayınız. (Bu durumda devredeki tek direnç voltmetrenin iç direnci olacaktır.)
- Devredeki anahtarı kapatarak kondansatörü doldurunuz.
- Bir süre bekledikten sonra voltmetreden gerilim değerini okuyunuz.
- Anahtarı açınız. Anahtarı açtığınız anda kronometreyi de çalıştırınız ve gerilimin azalmasını gözleyerek boşalan bir kondansatörün levhaları arasındaki gerilim farkının başlangıçtaki değerinin $1/e$ değerine düşmesi için geçen süreyi ölçünüz.
- $\tau = R_{iç}C$ bağıntısında yerine yazarak voltmetrenin iç direncini ($R_{iç}$) bulunuz.

6.4.2 Zaman sabitinin bulunması

- Şekil 6.4' deki devreyi $R_1 = 1 M\Omega$ direncini ve $C_1 = 100 \mu F$ kondansatörünü kullanarak kurunuz.
- Yukarıdaki anlatıldığı şekilde τ' yu ölçünüz (τ_{deney})
- $\tau = RC$ formülünde R ve C değerlerini yazarak zaman sabitini teorik olarak hesaplayınız (τ_{teori}).
- Deneyi $R_2 = 2.2 M\Omega$ direncini ve $C_2 = 10 \mu F$ kondansatörünü ve $R_2 = 0.1 M\Omega$ direncini ve $C_2 = 470 \mu F$ kondansatörünü kullanarak tekrarlayınız.
- Bu hesaplamalar sırasında kullandığınız voltmetrenin iç direncini de dikkate alınız.

6.5 Ölçümler ve Sonuçlar

6.5.1 Voltmetrenin iç direncinin bulunması

$$C = 10 \mu F$$

Tablo 6.1 Voltmetrenin iç direnci

Ölçüm	τ (s)
1	
2	
3	
4	
5	

$$\tau = \dots \pm \dots s \quad R_{iç} = \dots \pm \dots M\Omega$$

6.5.2 Zaman sabitinin bulunması

Tablo 6.2 Ölçülen ve hesaplanan τ değerleri

τ (s)	$R_1 = 1 M\Omega$ ve $C_1 = 100 \mu F$	$R_2 = 2.2 M\Omega$ ve $C_2 = 10 \mu F$	$R_3 = 0.1 M\Omega$ ve $C_3 = 470 \mu F$
τ_{deney}			
τ_{teori}			

Kaynaklar

1. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Fakültesi Fizik Bölümü, Fizik II Laboratuvar Föyü, 2016.
2. Raymond A. Serway, Robert J. Beichner, Fen ve Mühendislik için Fizik 2, 5. Baskı, 2000.