



2023

Fizik Lab 2 Laboratuvar Kitapçığı

FİZİK BÖLÜMÜ tarafından hazırlanmıştır.

Deney Videoları için:

<https://www.youtube.com/@deufizikbolumu3245>

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

Ölçme, Ölçmede Temel Kavramlar ve Ölçmedeki Belirsizlikler

1. Ölçme

Genel olarak ölçme işlemi, bir büyüklüğü aynı nitelikli başka bir büyüklükle karşılaştırmak olarak tanımlayabiliriz. Yani, bir fiziksel niceliğin önceden belirlenmiş aynı nitelikli bir standarda göre miktarının (sayısal değerinin) belirlenmesi işine denir. Önceden belirlenmiş standarda ise **birim** adı verilir. Örneğin bir cismin kütlesinin 7 kilogram olduğu söylenirse, bu cismin kütlesinin 1 kilogram olarak tanımlanan birimin 7 katı olduğu söylenir. Başka bir deyişle bir niceliğin ölçülmesi demek, bu niceliğin birimi ve birimin kaç kere içerdiğinin belirlenmesi demektir.

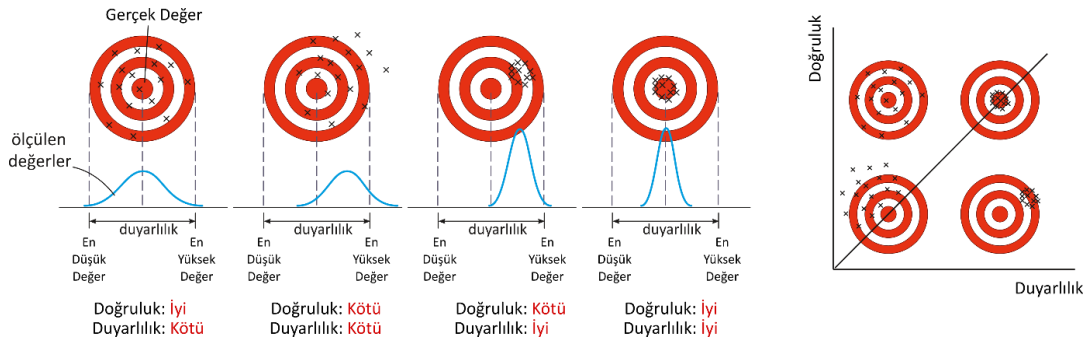
Ölçme işleminde kullanılan araca **ölçü aracı** denir. Ölçü araçları genel olarak analog (göstergeli) ve dijital (sayısal) olmak üzere iki gruba ayırabiliriz. Göstergeli ölçü araçları, ölçü birimi cinsinden bölmelendirilmiş bir cetvel şeklinde olup en yakın iki çizgi arasına **ölçek birimi** denir. Sayısal göstergeli bir ölçü aletinde ise genellikle son dijit ölçek birimi olarak alınabilir (bu durum her zaman böyle olmayabilir, üretici firmanın verdiği ölçümleme (kalibrasyon) değerlerinden belirlenmelidir).

Ölçme işlemini iki grupta inceleyebiliriz.

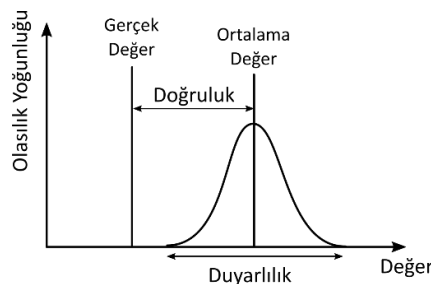
Direkt ölçme: Ölçü aletleriyle doğrudan yapılan ölçümlerdir. Örnek olarak; bir voltmetre kullanarak potansiyel farkın ölçülmesi, ampermetre ile akım değerinin ölçülmesi, sıcaklığın termometre ile ölçülmesi vb.

Dolaylı ölçme: Bir büyüklüğü, direkt ölçülebilen büyüklükler yardımıyla hesaplanarak yapılan ölçümlerdir. Örnek olarak; zıt yüklü iki paralel levha arasındaki bir noktada elektrik alan değerinin ölçülmesi (potansiyel fark ve levhalar arası mesafenin direkt ölçümleri yapılarak, potansiyel farkın mesafeye oranlanması).

Ölçme yaparken üzerinde durulması gereken iki önemli kavram **doğruluk** (accuracy) ve **duyarlılık** (hassasiyet (precision)). Doğruluk, fiziksel bir niceliğin bir ölçümünün gerçek değere ne kadar yakın olduğunu gösterir. Duyarlılık (hassasiyet), aynı büyüklüğün ölçülmesinden elde edilen iki değer birbirine ne kadar yakın olduğunu gösterir. Şekil 1.1 ve Şekil 1.2’de doğruluk ve duyarlılık kavramlarının anlamı ve karşılaştırması verilmektedir.



Şekil 1.1 Doğruluk ve duyarlılık kavramları arasındaki ilişki.



Şekil 1.2 Doğruluk ve duyarlılık kavramları arasındaki ilişki.

1.1 Hata (Belirsizlik, Uncertainty)

Ölçülen herhangi bir fiziksel büyüklüğün değeri ile gerçek değeri arasındaki farka hata denir. Burada hatadan kasıt, “yanlış” ya da “kusur” değil, “**belirsizlik**” tir. Kullanılan ölçüm aletinin duyarlılığı ve ölçmede izlenen deneysel metoda bağlı olarak yapılan ölçmenin sonucu, belirli bir aralık içerisinde olacaktır. Yani ölçüm sonuçları ifade edilirken hataları ile birlikte verilmesi durumunda anlamlı olacaktır. Örneğin, bir cisme ilişkin fiziksel bir niteliğin (uzunluk, zaman, gerilim, elektrik akımı, ... vb.) niceliğinin ölçümünü x_1 olarak yapalım. x_1 ölçümün sonucu x gerçek değerine belli bir yakınlıkta olacaktır. İkinci bir x_2 ölçümü yaparsak, bu sonucun x_1 ölçüm sonucundan biraz farklı olduğunu görürüz. Çok sayıda ölçüm yaparsak her bir ölçüm için farklı değer elde ederiz. Buna göre, x gerçek değerini tam olarak belirlemek mümkün değildir. Bu nedenle yapılan ölçüm sonuçlarının nasıl bir dağılım gösterdiği ve hangi değer etrafında dağıldığına bakabiliriz. Bu bilgileri içerecek şekilde aşağıdaki gibi

$$Sonuç = \underbrace{en\ muhtemel\ değer}_{ortalama\ değer} \pm \underbrace{Duyarlılık}_{hata\ veya\ belirsizlik} \quad 1.1$$

ölçüm sonucunu ifade ederiz. Burada en muhtemel değer, ölçümlerin etrafında dağılım gösterdiği değerdir ki gerçek değere en yakın olduğu tahmin edilen değerdir.

Mutlak Hata: Ölçülen bir fiziksel büyüklüğün gerçek değeri x ile, ölçülen x_0 değeri arasındaki farka mutlak hatası denir.

$$\Delta x = |x - x_0| \rightarrow Sonuç = x \pm \Delta x \quad 1.2$$

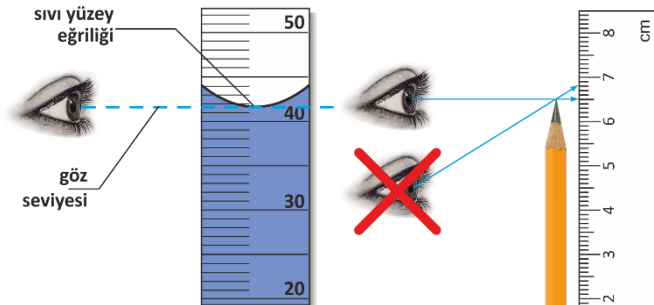
Gerçek değer bilinmediğinden mutlak hatada bilinemez. Fakat yaklaşık değeri bazı yöntemlerle belirlenebilir.

Bağıl Hata: Ölçmede oluşan mutlak hatanın gerçek değere oranı olarak tanımlanır.

$$Bağıl\ Hata = \frac{\Delta x}{x}, \quad Yüzde\ Bağıl\ Hata = \frac{\Delta x}{x} 100 \quad 1.3$$

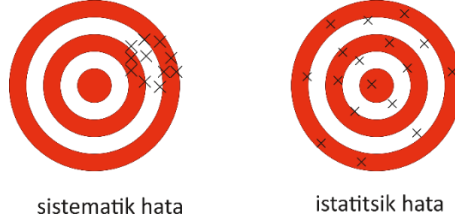
1.2 Hata Kaynakları

Sistemik Hatalar: Kullanılan ölçüm aletlerinden, deneyde izlenen metottan ve dış etkilere kaynaklanır. Bu hatalar sonucu tek yönü etkiler. Sistemik hataları, deney yöntemini değiştirerek, daha hassas ölçü aletleri kullanarak ya da deney sonunda gerekli düzeltmeleri yaparak ortadan kaldırmak mümkündür. Şekil 1.3'te sistemik hataya örnek verilmektedir. Doğruluk, ölçülen değer gerçek değere yakınlığına, doğruluk, ölçülen değer gerçek değere yakınlığına, doğruluk, ölçülen değer gerçek değere yakınlığına (Şekil 1.3).



Şekil 1.3 Sistematik hata.

İstatistiksel (Rastgele) Hatalar: Ölçülen fiziksel büyüklüğün doğal davranışından kaynaklanan hatalardır. Bu hatalar sonucu çift yönlü etkiler. Ölçüm sayısını arttırarak istatistiksel hataları azaltabiliriz ve bunların ölçülen büyüklüğün doğruluğu üzerindeki etkisi istatistik analizle hesaplanabilir. Örnek olarak, sıcaklık, elektriksel voltaj, gaz basıncı gibi ölçülen fiziksel niceliklerdeki dalgalanmalar istatistik hatalara sebep olur. Şekil 1.4’te sistematik hata ve istatistik hata karşılaştırması verilmektedir.



Şekil 1.4 Sistematik hatalar ve istatistiksel hatalar

Genel olarak ölçüm sonuçları aşağıdaki şekillerde gösterilebilir.

$$t = (34.5 \pm 0.7) \times 10^{-3} s$$

$$t = 34.510^{-3}s \pm 2\%$$

$$x = 10.3^{+0.7}_{-0.3} cm$$

$$m_e = (0.51099906 \pm 0.000000 15) MeV/c^2$$

$$m_e = 0.51099906 (15) MeV/c^2$$

$$n = 9.109 \times 10^4 mol \pm 0.3 ppm$$

* ppm:part per million

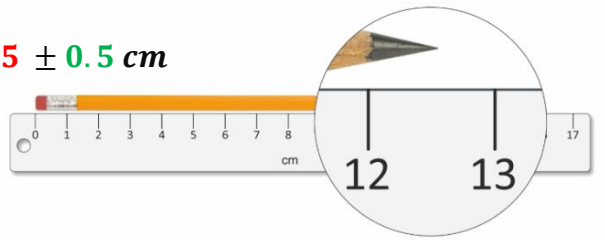
1.3 Anlamlı Rakamlar (Significant Figures)

Bir ölçüm sonucunu belirtmek üzere yazılan, doğru olduğu kesin olarak bilinen ve sonuncusu tahmine dayanan rakamlar anlamlı rakamlardır.

Örnek 1.1

Anlamlı rakamları bir kalemin boyunu ölçmek istediğimizi düşünelim. İlk olarak cm ölçekli bir cetvel kullanalım.

$$L = 12.5 \pm 0.5 cm$$

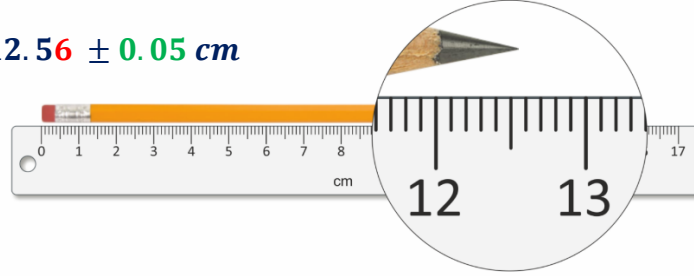


Bu kalemin boyu 12 cm ile 13 cm arasındadır. 12 kesin olarak bilinen bir sayıdır anlamlıdır. Virgülden sonraki 5 sayısı net olmamakla (4 te olabilir 7 de olabilir vb.) birlikte kalemin boyu hakkında bilgi

içerdiği için anlamlıdır. Eğer sonucu şöyle ifade etseydik 12.57, son basamakta kullanılan 7 rakamının bir anlamı olamaz. 5 rakamı belirsizlik içerirken son rakam olan 7'nin belirlenebilmesi mümkün değildir. Bu nedenle bu ölçme sonucu 3 anlamlı rakamla ifade edilebilir. Bu işlemdeki belirsizliğin maksimum değeri, ölçek birimi cm olduğu için bunun yarısı olacaktır. Yani 0.5 cm'dir.

Şimdide aynı ölçmeyi mm ölçekli bir cetvelle yaptığımızı varsayalım.

$$L = 12.56 \pm 0.05 \text{ cm}$$



Bu kalemin boyu 12.5 cm ile 12.6 cm arasındadır. 12.5 kesin olarak bilinen bir sayıdır anlamlıdır. Virgülden sonraki 6 rakamı net olmamakla (4'te olabilir 7'de olabilir vb.) birlikte kalemin boyu hakkında bilgi içerdiği için anlamlıdır. Eğer sonucu şöyle ifade etseydik 12.564, son basamakta kullanılan 4 rakamının bir anlamı olamaz. 6 rakamı belirsizlik içerirken son rakam olan 4'nin belirlenebilmesi mümkün değildir. Bu nedenle bu ölçme sonucu 4 anlamlı rakamla ifade edilebilir. Bu işlemdeki belirsizliğin maksimum değeri, ölçek birimi mm olduğu için bunun yarısı olacaktır. Yani 0.05 cm'dir.

Virgülün yerinin anlamlı rakamlar için hiçbir önemi yoktur. 0.0565 m 56.5 mm olarak ifade edin anlamlı rakamların sayısı 3 olacaktır. Buradaki sıfırların bir anlamı yoktur, sadece büyüklük mertebesini gösterir. Bir ölçme sonucu verilirken yazılan sıfırların hepsi anlamlı olmayabilir. Şekil 1.5'te hangi sıfırların anlamlı hangilerinin anlamsız olduğu belirtilmiştir.

Diğer sayılardan önce yerleştirilen
sıfırlar anlamlı değildir.

Diğer sayılar arasına yerleştirilen
sıfırlar daima anlamlıdır

0.0082002

0.008200

Diğer sayılardan sonra gelen
sıfırlar anlamlı olabilir

82000

Şekil 1.5 Anlamlı rakamlar

Yani bir sayının sonunda sıfırlar yalnızca ondalık noktanın arkasında olursa önemlidir. Aksi takdirde, anlamlı olduklarını söylemek zordur. Örneğin 8200 ölçüm sonucunda, sıfırların anlamlı olup olmadığı açık değildir. 8200 de anlamlı basamakların sayısı en az iki, üç veya dört olabilir. Belirsizliği önlemek için, ondalık işaretin yeri belirtilmelidir veya aşağıda gösterildiği gibi bilimsel gösterim kullanılmalıdır.

8.200×10^3 dört anlamlı sayı

8.20×10^3 üç anlamlı sayı

8.2×10^3 iki anlamlı sayı

1.3.1 Anlamlı Rakamlar ve Aritmetik İşlemler

Toplama ve Çıkarma İşlemleri

Ölçülen nicelikleri toplarken veya çıkarırken cevabın duyarlılığı, toplam veya farktaki en az duyarlılığa sahip olan terimin duyarlılığı kadar olur. Bu duyarlılık sınırına kadar olan bütün rakamlar anlamlıdır.

Örnek 1.2

1/10 cm yakınlıkla verilen **11.67 cm**, 1/100 cm yakınlıkla verilen **0.25 mm** ve 1/10 cm yakınlıkla verilen **7.4 cm**'yi toplayalım.

$$\begin{array}{r} 11.67 \\ 0.025 \\ + 7.4 \\ \hline 19.095 \end{array}$$

Verilen sayılar içinde şüpheli rakamı en büyük basamak olan sayı 7.4 cm'dir. Bu nedenle işlem sonucu mm yakınlıkla verilmelidir. Yuvarlama işlemi yapılır.

Sonuç: **19.1 cm** (üç anlamlı rakam vardır)

Ölçülen değerler	En büyük	En küçük	Ölçüm sonucu
11.67 ± 0.05	11.72	11.62	$19.650 > l > 18.540$
0.025 ± 0.005	0.030	0.020	
7.4 ± 0.5	+ 7.9	+ 6.9	bu aralıkta olmalıdır.
	19.650	18.540	

$$\text{En olası değer } x_{ort.} = \frac{19.650 + 18.540}{2} = 19.095 \text{ cm}$$

$$\text{Toplama işlemindeki belirsizlik } \Delta x = \frac{19.650 - 18.540}{2} = 1.11 \text{ olur.}$$

Bu örnekte üçüncü anlamlı rakam bile sorgulanabilir.

Ölçme sonucu $x = x_{ort.} \pm \Delta x = 19.1 \pm 1.1 \text{ cm}$ şeklinde gösterilir.

Çarpma ve Bölme İşlemleri

In multiplication operation, the numbers of significant figures (in some cases one more) of least sensitive measured multiplier is preserved in the result.

Örnek 1.3

Duyarlılıkları farklı ölçü aletleri ile ölçülen bir kasanın kenar uzunlukları **25.32 cm**, **30.5 cm** ve **10.123 cm** olduğuna göre hacmi nedir?

$$\text{Hacim} = (25.32 \text{ cm}) \times (30.5 \text{ cm}) \times (10.123 \text{ cm}) = 7817.588 \text{ cm}^3$$

Çarpanlar içerisinde en küçük anlamlı rakama sahip olan çarpan 30.5 cm olandır. Buradaki anlamlı rakam sayısı 3 tür. Bu nedenle hacim 3 (veya 4) anlamlı rakamla belirtilmelidir.

$$\text{Hacim} = 7.82 \times 10^3 \text{ cm}^3 = 7.82 \text{ dm}^3$$

Ölçülen değerler	En büyük	En küçük	Ölçüm sonucu $7965.368 > V > 7670.456$ bu aralıkta olmalıdır.
25.32 ± 0.05	25.37	25.27	
10.123 ± 0.005	10.128	10.118	
30.5 ± 0.5	x 31.0	x 30.0	
	7965.368	7670.456	

En olası değer $V_{ort.} = \frac{7965.368 + 7670.456}{2} = 7817.912 \text{ cm}^3$

İşlem sonundaki kesin olan iki rakam vardır. (7... rakamları) bundan sonra gelen rakamlar belirsizdir. Ama $7.82 \times 10^3 \text{ cm}^3$ almakla, ortalama bir değer almış oluruz.

Çarpma işlemindeki belirsizlik $\Delta V = \frac{7965.368 - 7670.456}{2} = 147.456 \text{ cm}^3$ olur. Bu örnekte üçüncü anlamlı rakam bile sorgulanabilir. Ölçme sonucu $V = V_{ort.} \pm \Delta V = 7.82 \pm 0.15 \text{ dm}^3$ şeklinde gösterilir.

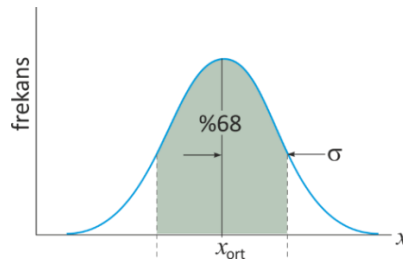
1.4 Hataların Belirlenmesi ve Hata Yayıllımı (Error Propagation)

Fiziksel bir büyüklüğün değeri direkt ve tek bir ölçüm olarak yapılmak durumunda iseniz, en olası değer okunan ve sonuncusu tahmine dayalı sayı ile verilen değer olup, ölçmedeki hatanın (belirsizliğin) en büyük değeri ölçü cihazının ölçek birimin (ölçü cihazındaki en yakın iki çizgi arası) yarısı olarak alınabilir. Fakat genel tercih ölçümün tekrarlanması yönünde olmalıdır. Tekrarlanan ölçümler, gerçek değer hakkında daha iyi bir fikir edinmenizi sağlamakla kalmaz aynı zamanda ölçüm belirsizliğini karakterize etmenizi de sağlar. Çoğu zaman laboratuvar ortamında ölçüm tekrar sayısı küçüktür, genellikle 5 ila 10'dur.

$N < 10$ olması durumunda aşağıda belirtilen şekilde en olası değer ve ölçmedeki belirsizlik bulunabilir.

Ortalama değer (\bar{x})	Ölçülen değerlerin ortalamasıdır ("en olası değer")	$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$
Aralık (R)	Ölçülen değerlerin dağılım aralığını gösterir. En yüksek değer ile en düşük değer arasındaki farktır.	$R = x_{\text{mak.}} - x_{\text{min.}}$
Belirsizlik (Δx)	Ölçüm işlemindeki belirsizlik; ölçüm sonuçlarının en yüksek değeri ile en düşük değeri arasındaki farkın yarısıdır.	$\Delta x = \frac{R}{2} = \frac{x_{\text{mak.}} - x_{\text{min.}}}{2}$
Ortalama Değerdeki Belirsizlik	x gerçek değeri, x_{ort} çevresindeki bir aralık içinde olacaktır. Ölçüm sayısı N arttıkça da bu aralık yavaş ($1/\sqrt{N}$) bir şekilde azalır.	$\Delta \bar{x} = \frac{\Delta x}{\sqrt{N}} = \frac{R}{2\sqrt{N}}$
Ölçüm sonucu	x ölçüm sonucu, hem ortalama değeri hem de ortalamadaki belirsizliği içerecek şekilde gösterilmelidir.	$x = \bar{x} \pm \Delta \bar{x}$

Eğer rastgele hataların ölçüm üzerindeki etkisi baskın ise ölçüm sayısı artırılarak ($N \rightarrow \infty$), ölçümlerin normal dağıldığı matematiksel olarak gösterilebilir. Ölçülen niceliğin en olası değeri x_{ort} ve gerçek değer %68 olasılıkla $\bar{x} \pm \sigma_{\bar{x}}$ değerleri arasındadır (Şekil 1.6). Eğer belirsizlik %95 güven aralığında verilmesi istenirse $\Delta x = 1.79\sigma_{\bar{x}}$ alınmalıdır.



Şekil 1.6 Gauss dağılımına uyan hatalar.

$N \gg 10$ ($10 - 10^2$) olması durumunda aşağıda belirtilen şekilde hesaplamalar yapılması daha doğru bir yaklaşım olacaktır.

Ortalama değer (\bar{x})	Ölçülen değerlerin ortalamasıdır ("en olası değer")	$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$
Belirsizlik (Δx)	Ölçüm işlemindeki belirsizlik; dağılımın standart sapmasıdır.	$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$
Ortalama Belirsizlik	x gerçek değeri, x_{ort} çevresindeki bir aralık içinde olacaktır. Ölçüm sayısı N arttıkça da bu aralık yavaş ($1/\sqrt{N}$) bir şekilde azalır. (Ortalama belirsizlik)	$\Delta \bar{x} = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$
Ölçüm sonucu	x ölçüm sonucu, hem ortalama değeri hem de ortalamadaki belirsizliği içerecek şekilde gösterilmelidir.	$x = \bar{x} \pm \Delta \bar{x}$

Örnek 1.4

Bir elektrik devresindeki R direncinin değeri dört kez ölçülmüş ve aşağıdaki değerler elde edilmiştir.

$$R_1 = 50.1 \, \Omega, R_2 = 49.7 \, \Omega, R_3 = 49.6 \, \Omega, R_4 = 50.2 \, \Omega$$

Ortalama Değer:

$$\bar{R} = \frac{50.1 + 49.7 + 49.6 + 50.2}{4} = 49.9 \, \Omega$$

Ortalama Sapma:

$$\Delta \bar{R} = \frac{|50.1 - 49.9| + |49.7 - 49.9| + |49.6 - 49.9| + |50.2 - 49.9|}{4}$$

$$= 0.25 \, \Omega$$

$$R = \bar{R} \pm \Delta \bar{R} \rightarrow R = 49.9 \pm 0.25 \, \Omega$$

Hata için basit olması açısından ortalama sapma kullanılabilir. Fakat ölçüm sayısının artmasıyla ortalamanın gerçek değere yaklaşmasını iyi bir şekilde ifade edememektedir. Bu nedenle aşağıdaki yöntemi kullanarak yapılan hesaplamaların ölçüm sonucunu iyi bir şekilde ifade ettiğini söyleyebiliriz. Veya $N > 10$ için belirsizlik için

standart sapmayı almak uygun olacaktır. Direnç olan R ile karıştırılmaması adına ölçülen değerlerin dağılım aralığı "Range" olarak yazılmıştır.

$$Range = 50.2 - 49.6 = 0.6$$

$$\Delta Range = Range/2 = 0.30$$

$$\Delta \bar{R} = \frac{Range}{\sqrt{N}} = \frac{0.30}{\sqrt{4}} = 0.15 \Omega$$

$$\Delta \bar{R} = \frac{\sigma}{\sqrt{4}} = \frac{0.3}{\sqrt{4}} = 0.15 \Omega$$

$$R = 49.9 \pm 0.15 \Omega$$

Hata Yayılmı (Error Propagation)

Direkt olarak ölçülebilen fiziksel büyüklüklerin en olası değerini ve belirsizliğinin nasıl bulunabileceğini ayrıntılı bir biçimde yukarıda inceledik. Şimdi eğer ölçülmek istenen fiziksel büyüklük direkt ölçülemeyen bir büyüklüğü (cismin yoğunluğu, bir cismin hızı, bir üçgenin çevre uzunluğu) bulmak istediğimizi düşünelim. Direkt ölçülebilen x, y, z, \dots fiziksel büyüklüklerinin ortalamaları $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}, \dots$ ve belirsizlikleri $\Delta x, \Delta y, \Delta z, \dots$ olsun. q 'nın ortalaması ve belirsizliği aşağıdaki bağıntıyla bulunabilir.

$$q = f(x, y, z, \dots), \quad \Delta q = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x} \Delta x\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \Delta y\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z} \Delta z\right)^2 \dots}, \quad q = \bar{q} \pm \Delta q$$

Örnek 1.5

Bir elektrik devresinde R direncinin uçları arasındaki potansiyel fark V olarak ölçülmektedir. R direncinde birim zamanda harcanan enerji yani R direncinin gücü $P = V^2/R$ bağıntısıyla verilmektedir. P gücünün ölçülmesinde ortaya çıkan belirsizlik nedir? (R ve V 'deki belirsizlikler %1 olarak verilmektedir).

$$\frac{\partial P}{\partial V} = \frac{2V}{R}, \quad \frac{\partial P}{\partial R} = -\frac{V^2}{R^2}$$

$$\Delta P = \sqrt{\left[\left(\frac{2V}{R}\right)^2 \Delta V^2 + \left(-\frac{V^2}{R^2}\right)^2 \Delta R^2\right]}$$

Tüm terimler $P = V^2/R$ ile bölünürse;

$$\frac{\Delta P}{P} = \sqrt{\left[4\left(\frac{\Delta V}{V}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R}{R}\right)^2\right]} = \sqrt{[4(0.01)^2 + (0.01)^2]}$$

= %2.236 olarak bulunur.

Çok kullanılan bazı fonksiyonlara ilişkin hataların hesaplanması

İşlem	Mutlak Hata (Belirsizlik)
$y = a + b$ veya $y = a - b$	$\Delta y = \sqrt{\Delta a^2 + \Delta b^2}$
$y = ab$ veya $y = a/b$	$\frac{\Delta y}{y} = \sqrt{\left(\frac{\Delta a}{a}\right)^2 + \left(\frac{\Delta b}{b}\right)^2}$
$y = \lambda a^n$	$\frac{\Delta y}{y} = n \frac{\Delta a}{a}$
$y = \lambda \ln \mu a$	$\Delta y = \lambda \frac{\Delta a}{a}$

Kaynaklar

1. "An Introduction to Error Analysis", J.R. Taylor, Second edition, University Science Books, 1997
2. "Fiziksel   l  meler ve Değerlendirilmesi",   . E  me, Marmara Üniversitesi Yayınları, No:539, 1993.
3. "  l  me,   l  me hataları, belirsizlik", S. Çalışkan, S.   evik, Hitit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Lab., 30.09.2018



Deneye Hazırlık 2

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.

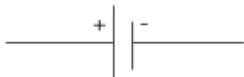


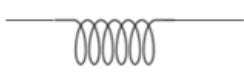

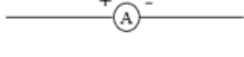
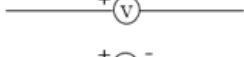


Önek	İşareti	Çarpan	Önek	İşareti	Çarpan
desi	d	10^{-1}	tera	T	10^{12}
santi	c	10^{-2}	giga	G	10^9
mili	m	10^{-3}	mega	M	10^6
mikro	μ	10^{-6}	kilo	k	10^3

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.

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 ($P = I.V$). 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~ (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~ (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 olanlarıdır. Bunlar 0.25-2 Watt arasında değişen güce sahiptirler. Bu güç, direncin deforme olmadan dayanabileceği maksimum gücü ifade eder. Bu dirençler küçük yapıda olduklarından üzerine özelliklerini ve değerlerini yazmak 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;

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

(İfade **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

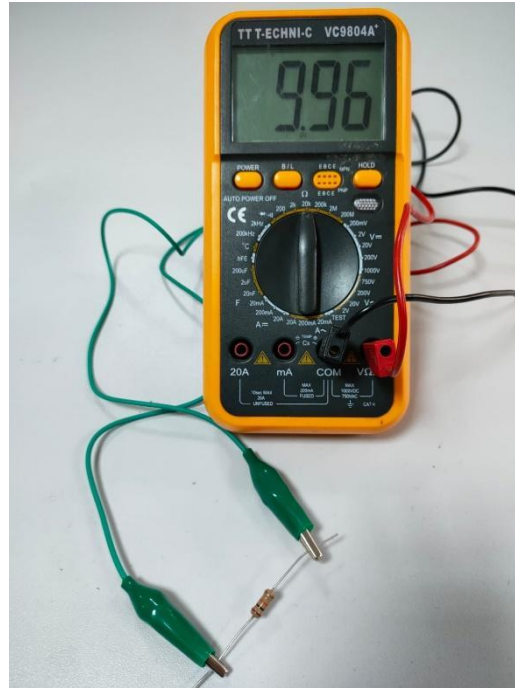
Direnç renk tablosuna göre; $R = AB.10^C \pm D \rightarrow R = 47.10^2 \pm \%10$

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

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

Dijital Multimetre ile Direnç Ölçme

Direnç ölçümü yapabilmek için cihazın ölçüm skalası Ω ölçeğine ayarlanır. Mega-ohm ($M\Omega$) mertebesindeki dirençlerin ölçümü için ölçeğin **M** kademesi, kilo-ohm ($k\Omega$) 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.

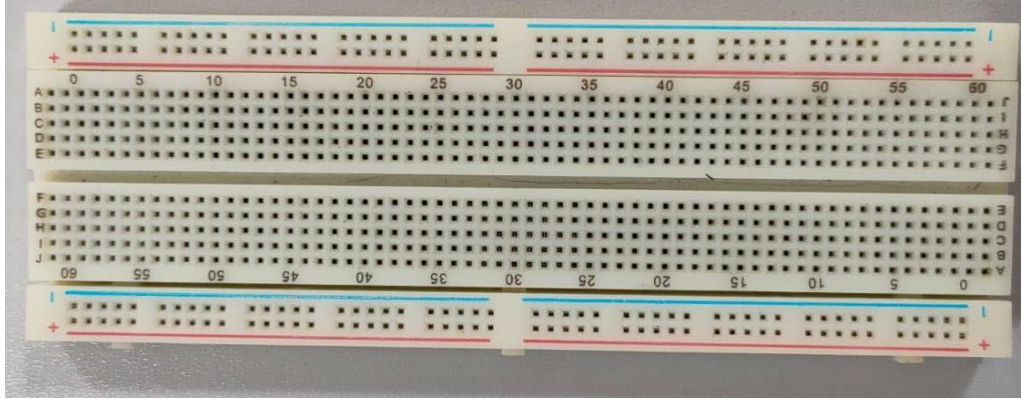


Şekil 1.4 Dijital multimetre ile direnç ölçümü

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

EŞ POTANSİYEL ÇİZGİLER ve ELEKTRİK ALAN ÇİZGİLERİ

Amaç

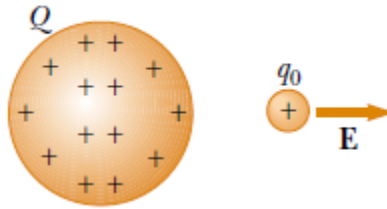
- Zıt yüklü düzlemsel ve dairesel iki iletkenin eş potansiyel çizgilerinin haritasını oluşturmak
- Eş potansiyel çizgileri kullanarak elektrik alan çizgilerini elde etmek

1.1 Deneye Hazırlık Soruları

- 1) Elektrik alan ve elektriksel potansiyel kavramlarını tanımlayınız.
- 2) Eş potansiyel yüzey nedir? Açıklayınız.

1.2 Elektrik Alan ve Elektriksel Potansiyel

Uzayda bir noktadaki g kütleçekim alanının, m kütlesine etkiyen F_g kütleçekim kuvvetinin, deneme kütlesine bölümüne eşit olduğu bilinmektedir ($g = \frac{F_g}{m}$). Benzer bir yaklaşım Michael Faraday tarafından elektrik kuvvetlerine yapılmıştır. Bu yaklaşıma göre elektrik yüklü bir cismi saran uzay bölgesinde elektrik alanının bulunduğu söylenir. Bu alana başka bir yüklü cisim girdiğinde, bu cisme bir elektrik kuvveti etkir. Örneğin, küçük bir $+q_0$ deneme yükünün daha büyük artı yük taşıyan ikinci bir cismin yakınında bulunduğunu varsayalım (Şekil 1.1). Deneme yükünün konumundaki elektrik alanın şiddeti (büyüklüğü) birim yük başına elektrik kuvveti olarak tanımlanır.



Şekil 1.1 Daha büyük Q yükü taşıyan bir cismin yakınına konulmuş küçük bir q_0 deneme yüküne gösterilen doğrultuda bir E elektrik alan etkir.

$$E = \frac{F_e}{q} \quad 1.1$$

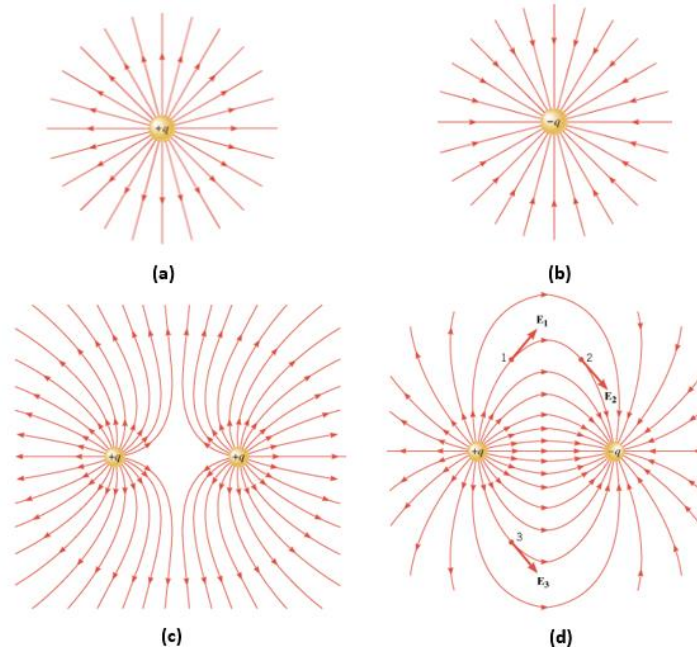
Vektörel bir büyüklük olan elektrik alanın yönü, o noktadaki pozitif yüke etkiyen kuvvet yönündedir. Kuvvet birimi Newton (N), yük birimi Coulomb (C) ise elektrik alan birimi Newton/Coulomb (N/C) olur.

Noktasal bir $+Q$ yükünden r kadar uzaktaki bir noktada bulunan $+q_0$ deneme yüküne etkiyen kuvvet, Coulomb yasasına göre $F_e = kQq/r^2$ dir. Buna göre noktasal bir Q yükünden r kadar uzakta bulunan bir noktadaki elektrik alanın şiddeti;

$$E = \frac{F_e}{q} = \frac{kQq/r^2}{q} = k \frac{Q}{r^2} \quad 1.2$$

olur.

Pozitif bir yükün elektrik alan çizgileri yükten dışa doğru, negatif bir yükün alan çizgileri ise yüke doğru yönelirler. Elektrik alan çizgilerinin sayısı yük ile doğru orantılıdır, elektrik yükü ne kadar büyükse etrafında o kadar çok (sık, birbirine yakın) elektrik alan çizgisi bulunur. Elektrik alan çizgilerinin birbirlerinden uzaklaşması alan şiddetinin zayıfladığını gösterir. Şekil 1.2’de noktasal yüklerin etrafında oluşan elektrik alan çizgileri görülmektedir.

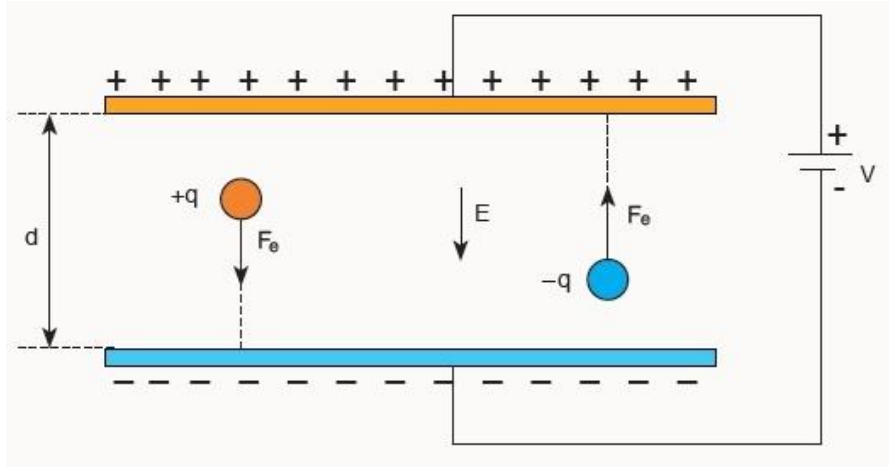


Şekil 1.2 Noktasal elektrik yükleri etrafında oluşan elektrik alan çizgileri. **(a)** noktasal pozitif yük, **(b)** noktasal negatif yük, **(c)** aynı büyüklükte iki pozitif yük, **(d)** aynı büyüklükte pozitif ve negatif iki yük.

Aynı miktarda farklı yükler bulunduran paralel iki düzlem levha arasındaki elektrik alanı, levhanın uç kısımları dışında düzdür. Böyle düzgün olan bir elektrik alanı içindeki q yüküne etkiyen kuvvet, alan doğrultusunda olup büyüklüğü elektrik alanın tanımından;

$$\vec{F}_e = q\vec{E} \quad 1.3$$

ile verilir. q yükü pozitif ise kuvvet alan ile aynı yönlü, negatif ise kuvvet alan ile ters yönlüdür (Şekil 1.3).

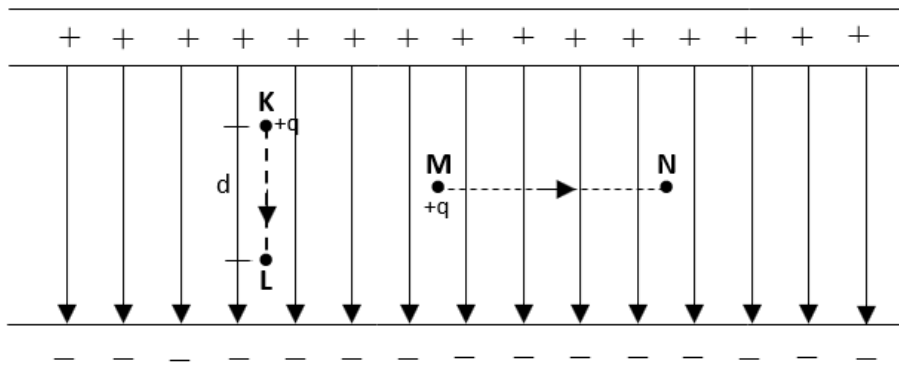


Şekil 1.3 Yüklü paralel iki levha arasındaki elektrik alan

Şekil 1.4'te yüklü paralel levhalar arasında kalan bölgedeki K ve L noktaları arasındaki potansiyel farkı, +1 birim yükü K'dan L'ye götürmekle yapılan işe eşittir ve değeri;

$$V_{KL} = Ed \quad 1.4$$

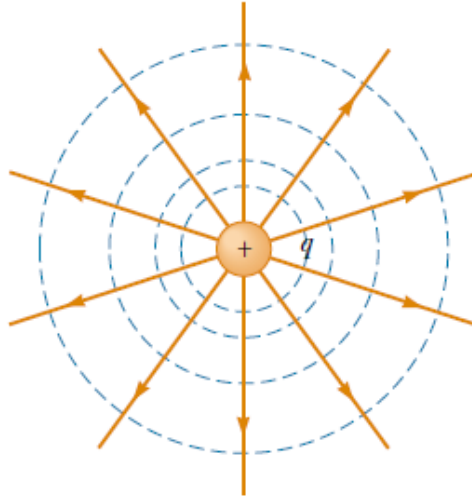
ile verilir. Çünkü bir q deneme yükünü K'dan L'ye götürürken yerdeğiştirme doğrultusunda bir kuvvet vardır. Diğer yandan, q yükünü M noktasından N noktasına götürürken elektriksel kuvvetler yerdeğiştirme doğrultusuna dik olduğundan bu kuvvetler bir iş yapmayacaktır. +1 birim yükü M'den N'ye götürmekle elektriksel kuvvetlerin bir iş yapmamış olması, bu iki nokta arasındaki potansiyel farkının sıfır olduğunu gösterir. Gerçekte, M ve N noktalarının üzerinde bulunduğu kesikli çizgi üzerindeki bütün noktaların potansiyelleri aynıdır. Bu çizgiye eş potansiyel çizgisi denir. Ayrıca aynı potansiyeldeki noktaları içine alan yüzeylere de *eş potansiyel yüzeyler* denir.



Şekil 1.4 K ve L noktaları arasındaki potansiyel farkı $V_{KL} = Ed$, M ve N noktaları arasındaki potansiyel farkı $V_{MN} = 0$. Şekildeki kesikli çizgiler eş potansiyelli yüzeyleri, sürekli çizgiler ise elektrik alan çizgilerini göstermektedir.

Şekil 1.5'te bir $+q$ yükünün çevresindeki eş potansiyel çizgileri ve elektrik alan çizgileri gösterilmiştir.

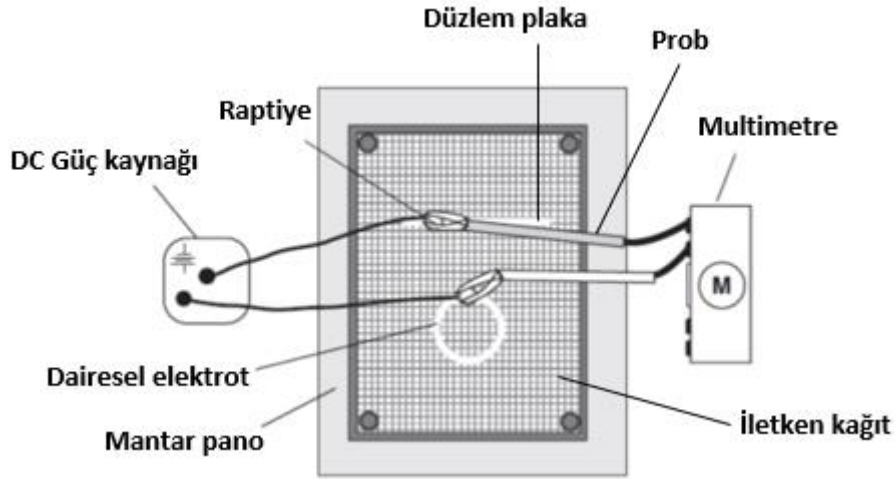
Alan çizgileri daima o noktadaki eş potansiyel çizgisine diktir.



Şekil 1.5 Bir $+q$ yükü için eş potansiyelli yüzeyler (kesikli mavi çizgiler) ve elektrik alan çizgileri (sürekli turuncu çizgiler). Eş potansiyel çizgileri her noktada elektrik alan çizgilerine diktir.

1.3 Deneyde Kullanılacak Araçlar

- İletken kağıt, mantar pano ve çizim kağıdı
- Düzlem plakalar ve dairesel elektrotlar
- Bağlantı kabloları, probalar ve raptiyeler
- Multimetre
- DC Güç Kaynağı



Şekil 1.6 Deney Düzenegi. Şekilde düzlem plaka ve dairesel elektrotlar birlikte gösterilmiştir.

1.4 Deneyin Yapılışı

- Mantar pano üzerine iletken kağıdı raptiyelerle yerleştirin. Ardından, iletken kağıt üzerine, iki düzlem plakayı 3 cm aralıkla birbirlerine paralel olacak şekilde raptiyeler yardımıyla sabitleyin. Benzer şekilde çizim kağıdınıza da 3 cm aralıklı iki paralel plaka çizin.
- Bağlantı kablolarını raptiyeler ile düzlem plakalar arasına sıkıştırın. Kabloların diğer uçları güç kaynağının DC girişlerine takılacaktır.
- Güç kaynağından plakalara 5V'luk potansiyel fark uygulayın. Böylece plakalardan biri (+) yüklenirken diğeri (–) yük ile yüklenmiş olur.
- Yüklü paralel plakaların potansiyel farkını multimetreden okumak için; multimetrenizi voltmetre olacak şekilde ayarlayın (skala V– 'de ve problardan biri COM diğeri V girişine takılı olacak şekilde). Ardından bir probu (+) diğeri probu da (–) yüklenmiş düzlem plakaya dokundurup sabit şekilde tutunuz. Multimetreden okuduğunuz voltaj değeri güç kaynağında okuduğunuz voltaj değeriyle tam olarak aynı olmayabilir. Multimetreden okuduğunuz değeri ölçümleminizde kullanınız.
- Yüklü paralel plakaların tam orta noktasında oluşan potansiyel farkını ölçmek için multimetredeki bir probu (+) veya (–) yüklü plakanın üzerinde sabit tutun, diğeri probu da plakaların tam orta noktasına değdirin ve multimetredeki potansiyel fark değerini okuyun. Probu dokundurduğunuz noktayı çizim kağıdınızda da işaretleyin ve üzerine multimetreden okuduğunuz değeri yazın.

- Daha sonra plakaların tam orta noktasındaki probu iletken kağıt üzerindeki farklı noktalarda gezdirerek aynı potansiyel fark değerini multimetreden okumaya çalışın. Belirlediğiniz her noktayı çizim kağıdınızda da işaretleyin ve üzerine multimetreden okuduğunuz potansiyel fark değerlerinizi yazın.
- Probu orta noktadan uzaklaştırarak, iki plaka arasındaki (hatta plakaların dışına da çıkarak) herhangi bir noktada potansiyel fark değerini belirleyin, ardından aynı potansiyel değerini bulacağınız başka noktalar arayın. Tek bir potansiyel fark değeri için en az üç nokta tespit edin ve bu noktaları çizim kağıdında birleştirin.
- Paralel düzlem plakalar için potansiyel farkları elde ettikten sonra aynı işlemi yüklü dairesel elektrotlar için tekrarlayın.
- Çizim kağıdınızda birleştirdiğiniz bu çizgiler eş potansiyel çizgileridir. Bu çizgilerden yola çıkarak elektrik alan çizgilerini ve bunların yönlerini belirlemeye çalışın.

1.5 Ölçümler ve Sonuçlar

3 cm aralıkla yerleştirilmiş iki düzlem plaka arasındaki potansiyel farkı dikkate alarak ve Eşitlik 1.4'ü kullanarak plakalar arasındaki elektrik alanın büyüklüğünü hesaplayınız. Elektrik alan sonucundaki belirsizliği hesaplamak için $\delta E = E \left(\left| \frac{\delta V}{V} \right| + \left| \frac{\delta d}{d} \right| \right)$ formülünü kullanabilirsiniz.

Plakalar arasındaki elektrikse potansiyel

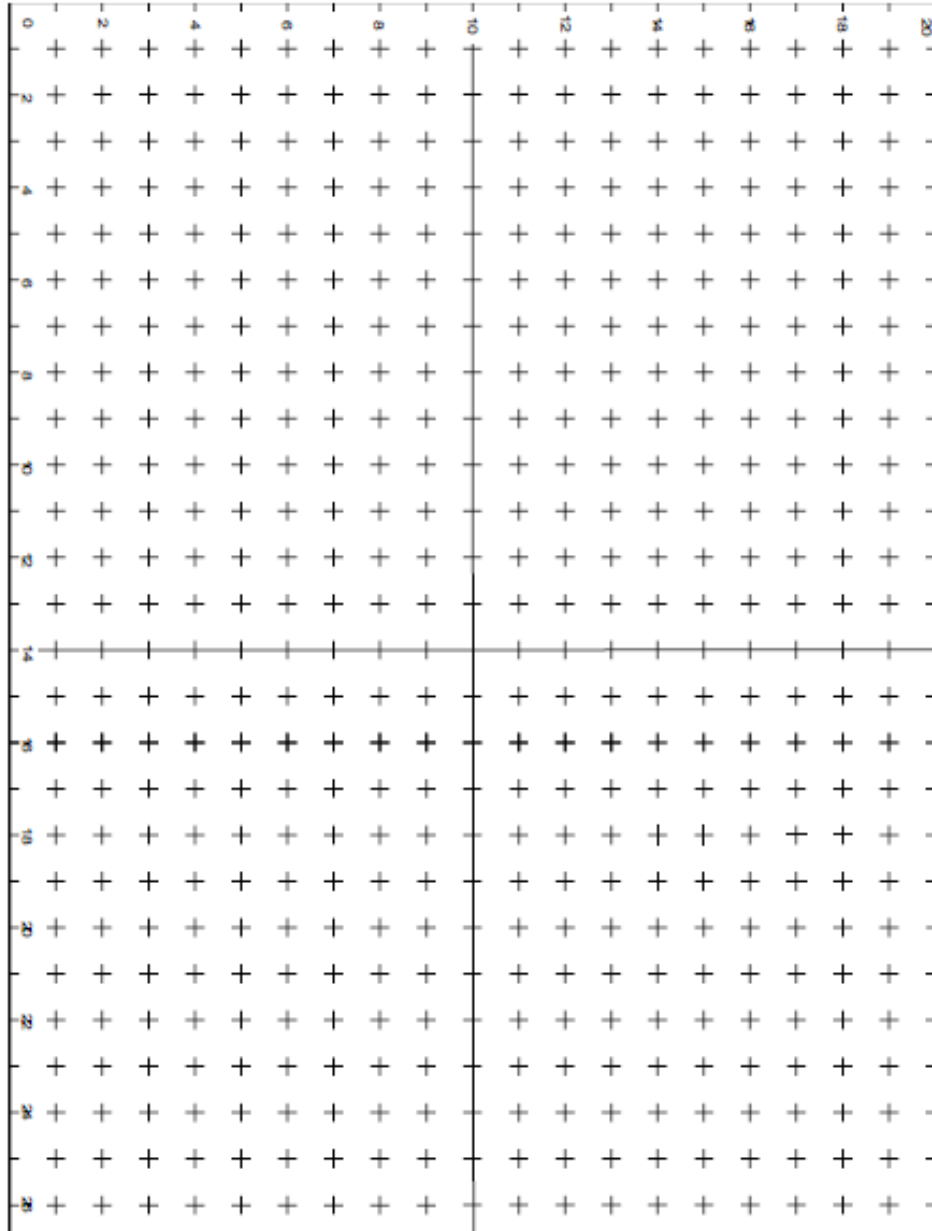
Plakalar arasındaki uzaklık

$$V \pm \delta V = \dots\dots\dots$$

$$d \pm \delta d = \dots\dots\dots$$

Elektrik alanın büyüklüğü

$$E \pm \delta E = \dots\dots\dots$$



1.6 Deney Sonu Soruları

- 1) Bir $+Q$ yükünün, r kadar uzağında bulunan bir A noktasında meydana getirdiği elektriksel potansiyeli hesaplayınız.
- 2) 2×10^7 ve 5×10^7 Coulomb'luk iki yük birbirinden 60 cm uzaklıktadır. İki yükün tam orta noktasında meydana gelen elektriksel potansiyeli ve elektrik alan şiddetini bulunuz.
- 3) Düzgün bir elektrik alan yönünde negatif bir yük hareket etmektedir. Bu yükün potansiyel enerjisi azalır mı yoksa artar mı?

Kaynaklar

1. PASCO Charge Equipotential and Field Mapper, Model No. ES-9060.
2. PASCO Conductive Paper PK-9025B.
3. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Fakültesi Fizik Bölümü, Fizik II Laboratuvar Föyü, 2016.
4. John D. Cutnell, Kenneth W. Johnson, Physics, 8th Edition, John & Wiley Sons, Inc. 2009.
5. Raymond A. Serway, Robert J. Beichner, Fen ve Mühendislik için Fizik 2, 5. Baskı, 2000.



Deney 2

PARALEL PLAKALI KONDANSATÖRDE YÜK, POTANSİYEL FARK VE SİĞA İLİŞKİSİ

DEÜ Fen Fakültesi

Fizik Bölümü

Amaç

- Paralel plakalı bir kondansatörün sığasının bulunması,
- Kondansatördeki yük değ iş iminin incelenmesi
- Kondansatör üzerindeki yük, uygulanan potansiyel fark ve kondansatörün sığ ası arasındaki iliş kilerin belirlenmesi

2.1 Deneye Hazırlık Soruları

- 1) Kondansatör nedir, yapısını ve hangi alanlarda kullanıldığını kısaca açıklayınız.
- 2) Sığa kavramını açıklayınız.
- 3) Yüklü bir kondansatörün levhaları arasına bir dielektrik yerleştirildiğinde, potansiyel farkı ve elektrik alanı nasıl değ iş ir?

2.2 Kondansatör ve Sığa Kavramı

Eş it 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;

$$Q = C \Delta V$$

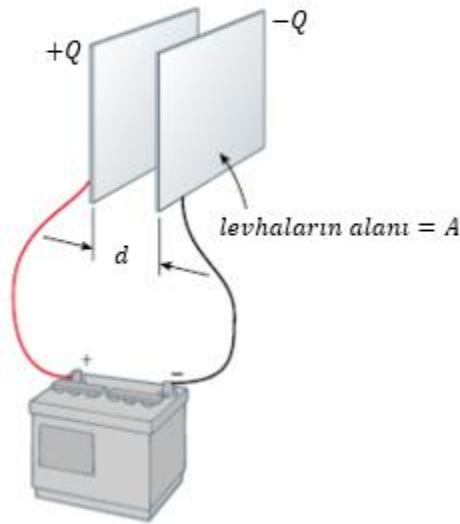
eşitliği ile ifade edilir. İletkenlerden biri üzerindeki yükün büyüklüğünün, bunlar arasındaki potansiyel farkının büyüklüğüne oranı kondansatörün **sığası** olarak tanımlanır. Kondansatörde biriken yük arttıkça potansiyel fark ta artacağından, kondansatör için $Q/\Delta V$ oranı sabittir. SI birim sisteminde 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 mikroyfarad (10^{-6}) ile pikofarad (10^{-12}) arasında değer alır.

2.2.1 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 $C^2/N m^2$).

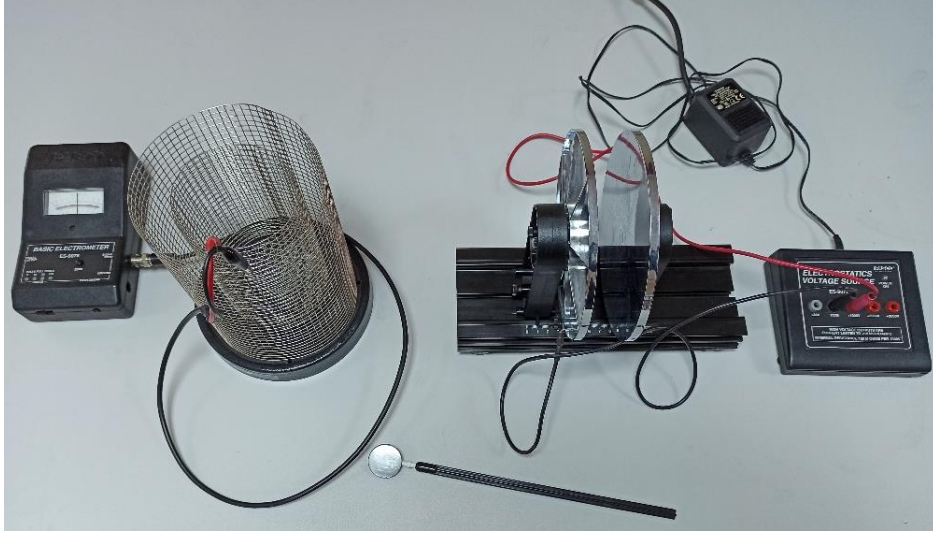


Şekil 2.1 İki paralel plakadan oluşan kondansatör

2.3 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

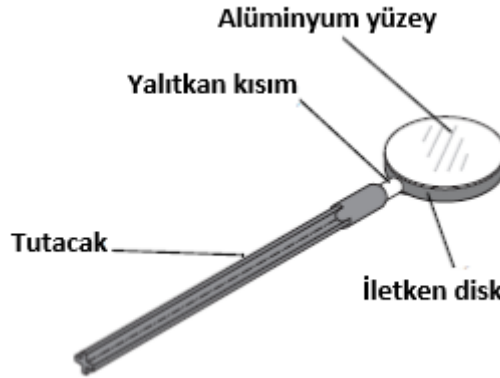
Sadece elektrostatik deneyleri için düzenlenen yüksek voltajlı, düşük akımlı güç kaynağıdır (Şekil 2.5). Kapasitör plaka deneyleri için 30 volt DC çıkışı vardır. Faraday kafesi ve iletken küre deneyleri için 1000V, 2000V ve 3000V çıkışları vardır. 30 volt dışındaki bütün voltaj çıkışları, uygun kısa devre çıkış akımını $8.3 \mu\text{A}$ 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

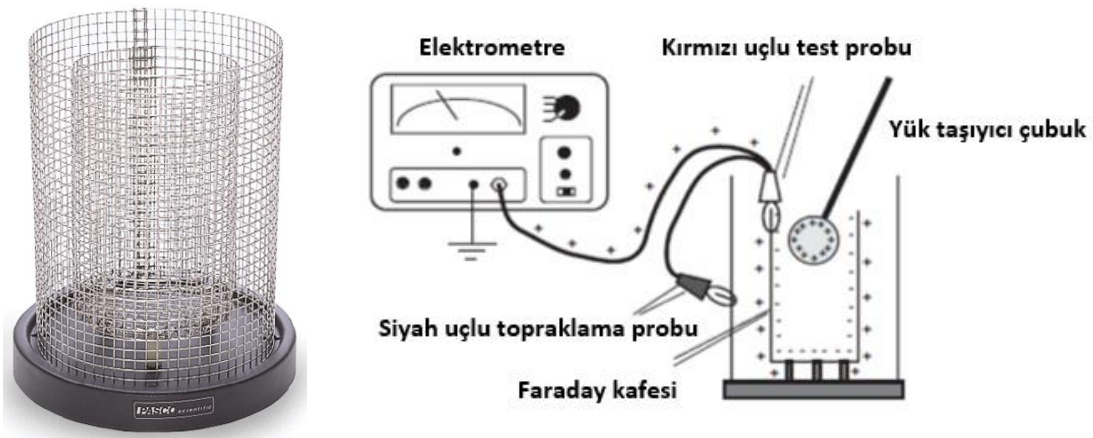
Alüminyum kaplı iletken bir disk ile buna tutturulmuş bir yalıtkan tutucudan oluşur (Şekil 2.6). Yüklü iletken yüzeylerdeki yük yoğunluğunu ölçmek için kullanılır. Çubuktaki yük yoğunluğunu ölçmek için Faraday kafesi kullanılır.



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

2.4 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 elektriklenme* sonucunda taşıyıcı çubuk yüklenmiştir. Ardından, vakit kaybetmeden çubuğu Şekil 2.7'deki gibi Faraday kafesinin içindeki silindire dokundurmadan yaklaştırınız. Bu durumda, Faraday kafesinin içteki silindirinin 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

($Q_{kondansatör}$) kullanarak Eşitlik 2.1'den kondansatörün sığası olan $C_{kondansatör}$ 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.

2.5 Ölçümler ve Sonuçlar

Elektrometrenin sığası $C_{elektrometre} = 27 \text{ pF} = 27 \times 10^{-12} \text{ F}$

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N m}^2$$

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

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

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

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

Tablo 2.1. Paralel plakalı kondansatörün sığasının $Q = C \cdot \Delta V$ 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 sığasının $C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$ eşitliği kullanılarak bulunması.

	$V_{kondansatör}$ (V)	$d_{kondansatör}$ (m)	$C_{kondansatör}$ (pF)
--	--------------------------	--------------------------	---------------------------

Deney 1	1000		
Deney 2	2000		
Deney 3	3000		

2.6 Deney Sonu Soruları

- 1) Elektrostatik voltaj kaynağından 1000 V, 2000 V ve 3000 V potansiyel fark uyguladığınızda paralel plakalı kondansatörün sığasında nasıl bir değişim gördünüz? Açıklayınız.
- 2) Paralel plakalı kondansatörün sığasını nasıl artırabilirsiniz?

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 3

**OHM YASASI ve VOLTMETRE-AMPERMETRE YÖNTEMİ
ile DİRENÇ ÖLÇÜMLERİ-SERİ BAĞLI DEVRELER**

DEÜ Fen Fakültesi**Fizik Bölümü****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 Deneye Hazırlık Soruları

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

3.2 Teori

Statik durumda bir iletkenin içinde elektrik alan (E-alan) bulunmaz. Zıt işaretli yükleri bir tel gibi uzun metalik bir iletkenin iki ucuna koyduğumuzu düşünelim. Böylece iletken artık elektrostatik dengede bulunmayacak ve uç kısımlardaki elektrik yüklerinden kaynaklanan bir E-alan iletkenin içinde oluşacaktır. Bu alan yükleri birbirine doğru sürükler ve yükler karşılaştığında sonlanır ve denge durumu

oluşur. Örneğin bakır gibi iyi bir iletken bu denge durumuna çok çabuk ulaşır. Ancak biz iletkenin uçlarına sürekli yükler koyarsak iletkeni bu şekilde denge dışında tutabiliriz. Bunun için gerekli olan telin iki ucunu bir elektrik kaynağına bağlamaktır. Böylece yükler bir akım oluşturacak şekilde bir uçtan diğerine akarlar. Böyle bir durumda tel içindeki E-alan çizgilerinin büyük bir kısmı elektrik kaynağı tarafından oluşturulurken az bir miktarı yüklerden kaynaklanmaktadır. Eğer iletken keskin köşelere sahip değilse E-alan çizgileri iletkenin kesit alanı boyunca düzgün bir şekilde dağılmıştır. Örneğin aynı kalınlıkta olabildiğince düzgün bir iletkenin içinde E-alan çizgileri sabit büyüklükte ve tele paralel doğrultuda olacaktır. Telin uzunluğu l ve iki ucu arasındaki potansiyel farkı ΔV ise telin içindeki E-alan

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

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,

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

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 iletkende serbest elektronların negatif yükleri, iyonların pozitif yükleri ile dengelenir ki bu durum metalin kristal örgüsünü oluşturur. Böyle bir metalik iletkende 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-alanının 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 ivmelenerek 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

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

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

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

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

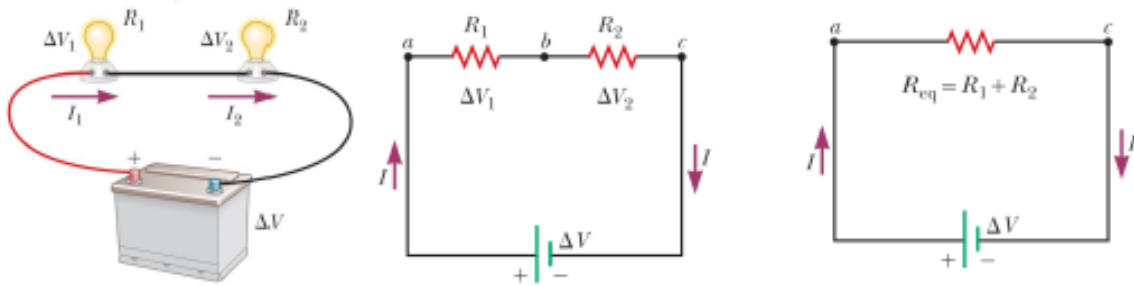
$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2$$

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 $R_{eq} = R_1 + R_2$ 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.

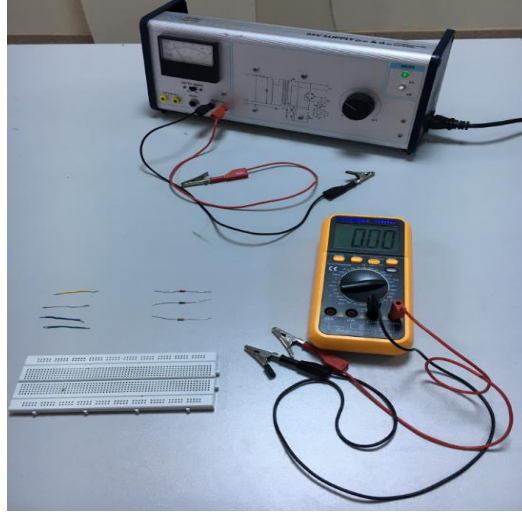


Şekil 3.1 Seri bağlı dirençler

3.3 Deneyde Kullanılacak Araçlar

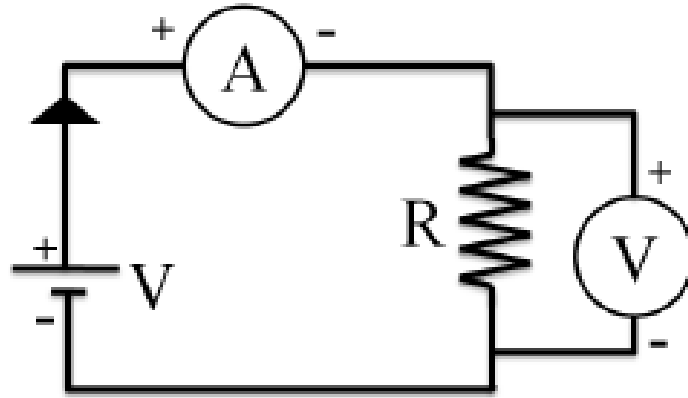
1. Üç farklı direnç
2. Board
3. Multimetre (Voltmetre, Ampermetre, Ohmmetre)

4. Güç kaynağı
5. Bağlantı kabloları



Şekil 3.2 Deney düzeneği

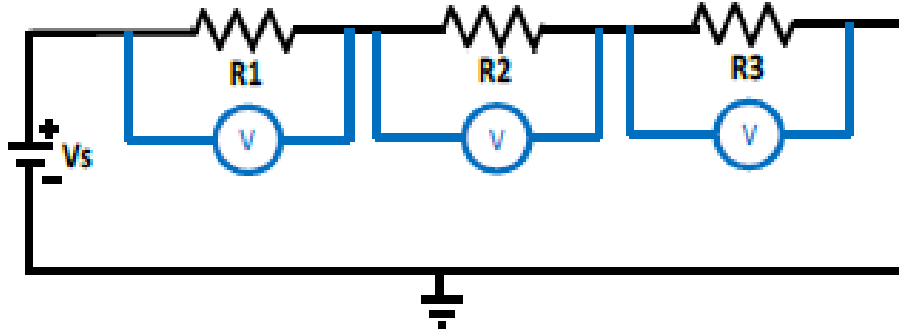
3.4 Deneyin Yapılışı



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.

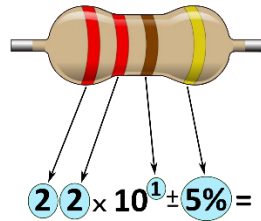
- Sonra seri bağlı tüm devre için potansiyel farkı ve akım şiddetini ölçün ve Ohm yasası yardımıyla tüm devrenin eş değer direncini bulun sonuçları Tablo 3.2' ye yazın ve % bağıl hatayı hesaplayın.



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

3.5 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%

Renk kodları ile belirlenen direnç değerleri:

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

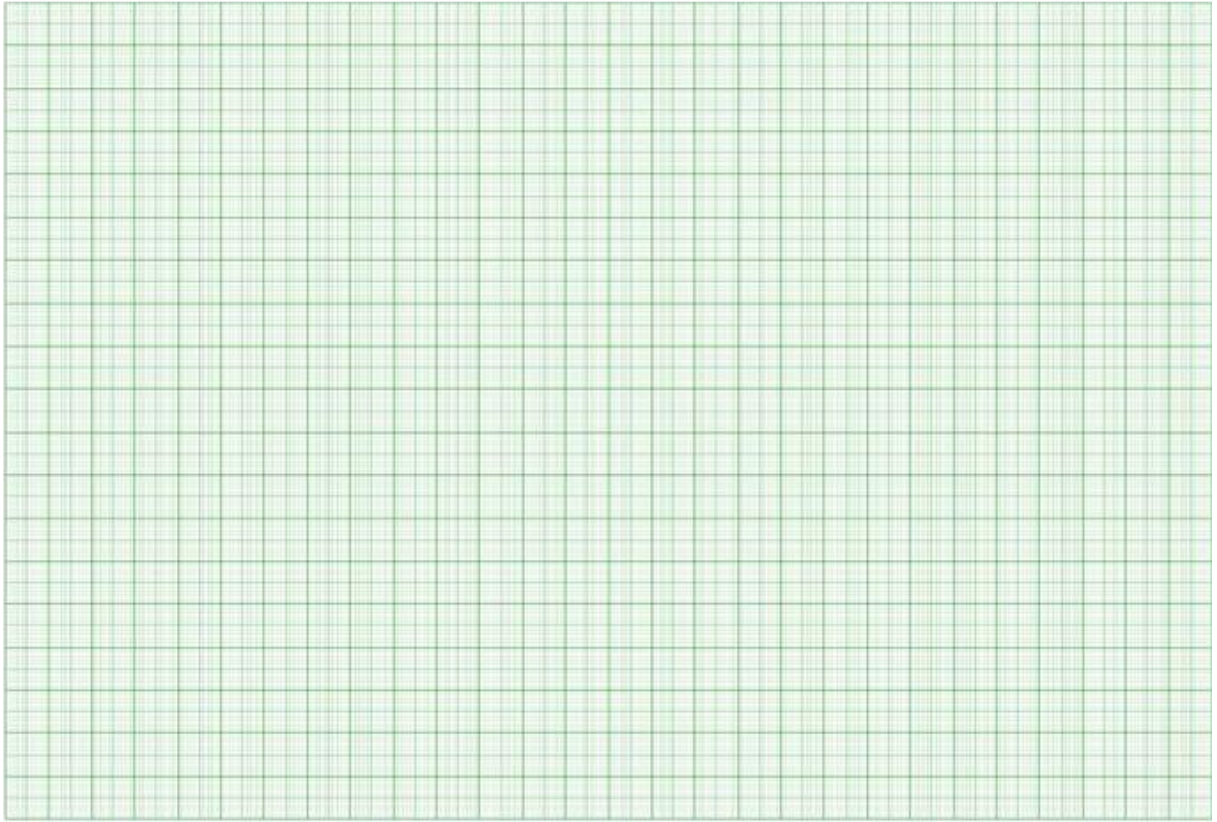
$$R_2 = \dots \pm \dots \Omega$$

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

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 3.1 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					
$R_{eş}$					

3.6 Deney Sonu Soruları

1. Akım ileten tüm malzemeler Ohm Yasasına uyar mı? Örnek veriniz.
2. Bir bataryadan geçen akımın yönü her zaman negatif uçtan pozitif uca doğru mudur? Açıklayınız.
3. Eşdeğer direncin, bu dirençleri oluşturan her bir dirençten daha büyük olması için dirençler nasıl bağlanmalıdır? Üç dirençli bir örnek veriniz.
4. Bir bataryanın iç direncinin değeri nasıl bulunur?

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 4

OHM YASASI

PARALEL BAĞLI DEVRELER

DEÜ Fen Fakültesi

Fizik Bölümü

Amaç

Ohm yasasının paralel bağlı dirençlerden oluşan devre için doğrulanması.

4.1 Deneye Hazırlık Soruları

- 1) Ohm yasası nedir? Kısaca anlatınız.
- 2) Dirençlerin paralel olarak bağlı olduğu devrelerde akım ve gerilim durumlarını kısaca belirtiniz.

4.2 Teori

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

$$\vec{J} = \frac{I}{A} = nq\vec{v}_s$$

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 nicelikdir ve aşağıdaki gibi ifade edilebilir,

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

Bir iletkenin uçları arasına 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,

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

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, her bir direnç üzerinden geçen akım **Ohm yasası** ile belirlenebilir. Kaynak gerilimi V , devredeki paralel direnç uçlarında aynı olacağından;

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

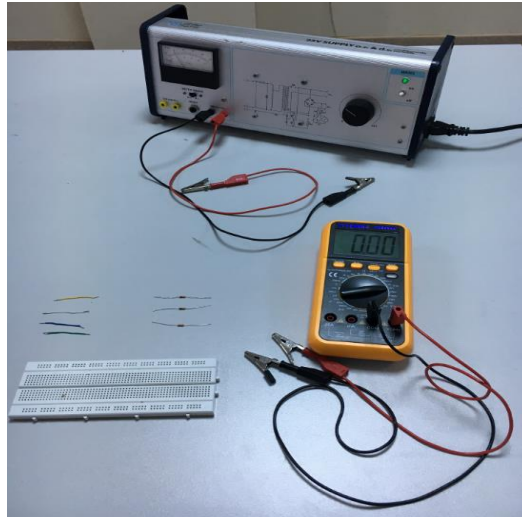
Böylece devrenin eşdeğer direnci

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

şeklinde verilir.

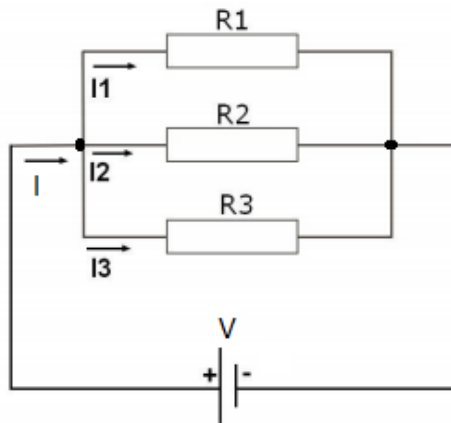
4.3 Deneyde Kullanılacak Araçlar

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



Şekil 4.1 Deney Düzeneği

4.4 Deneyin Yapılışı

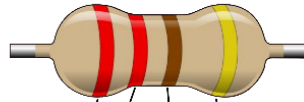


Şekil 4.2 Paralel bağlı devre

- Verilen üç direnci renk kodları yardımıyla belirleyiniz.
- Bu üç direncin değerini ohmmetre ile ölçerek değerlerini kaydediniz.
- Değerlerini belirlediğiniz bu üç direnç yardımıyla Şekil 1’de 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 1’e yazınız. Elde edilen bu veriler ve Ohm yasası yardımıyla tüm devrenin eş değer direncini bulunuz.

4.5 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 $R = V/I$ (kΩ)	R _{ohmmetre} (kΩ)	%Bağıl Hata
R_1					
R_2					
R_3					
$R_{eş}$					

4.6 Deney Sonu Soruları

- 1) Bu deneyde ölçtüğünüz ve hesapladığınız eşdeğer dirençler birbirine ne kadar yakın?
- 2) Ölçtüğünüz ve hesapladığınız değerler arasında bir fark varsa bu farkın sebebi ne olabilir?
- 3) Bu deneydeki hata kaynakları nelerdir?

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.



Deney 5

WHEATSTONE KÖPRÜSÜ

DEÜ Fen Fakültesi**Fizik Bölümü****Amaç**

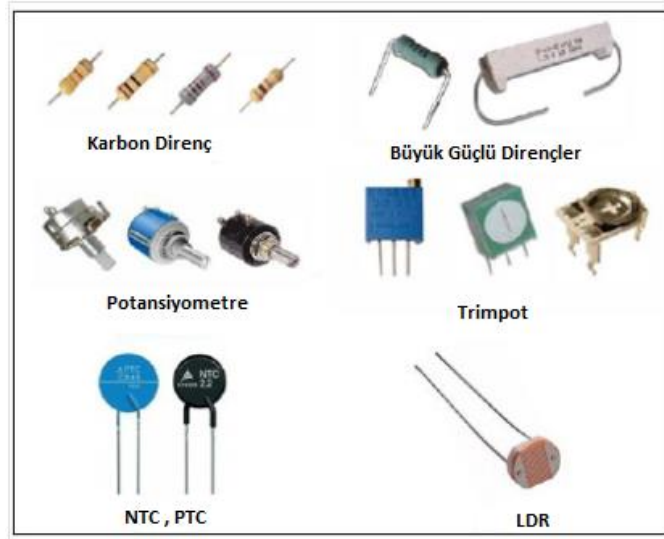
Wheatstone köprüsü yardımı ile direnç ölçülmesinin yapılması.

5.1 Deneye Hazırlık Soruları

- 1) Wheatstone köprülerinin kullanım yerlerini açıklayınız.
- 2) Bir iletkenin direnci nelere bağlıdır açıklayınız.

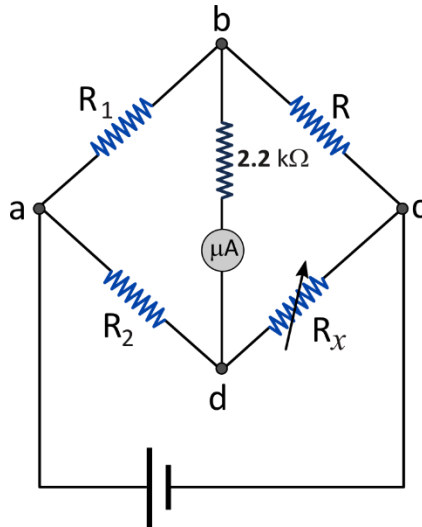
5.2 Teori

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.

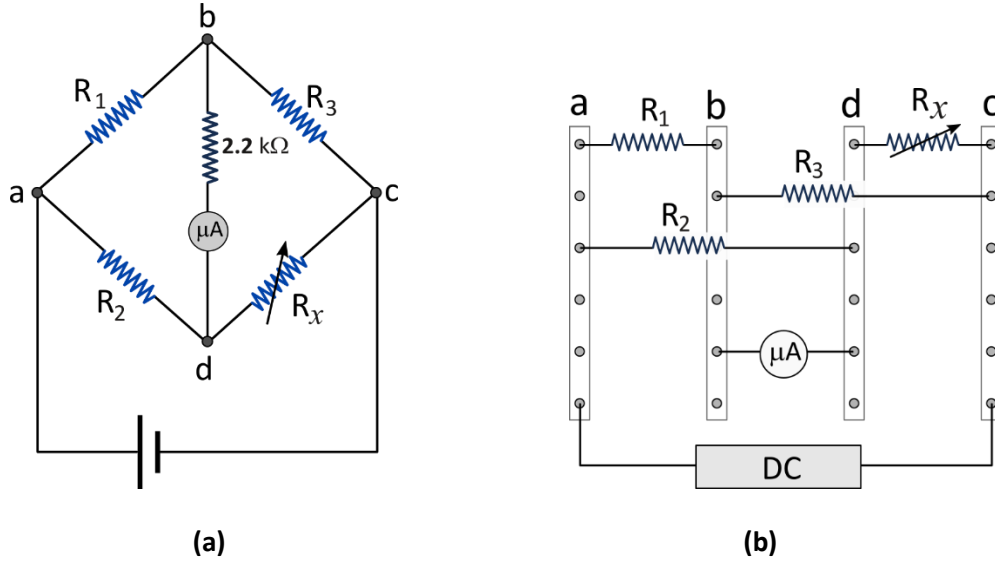
Görüldüğü gibi köprü dengede olduğu zaman karşılıklı kenarların çarpımı ($R_x R_1 = R R_2$) birbirine eşittir.

5.3 Deneyde Kullanılacak Araçlar

- Farklı büyüklükte dirençler
- 10 k Ω '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 arasına birkaç volt gerilim uygulanır ve uygulanan voltaj arttırılırken 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
---------------------	---------------------	---------------------	--------------------------------	------------------------------	--------------

5.6 Deney Sonu Soruları

- 1) b-d noktaları arasından geçen akımın sıfır olmasının anlamı nedir?
- 2) Alternatif akım kullanılarak bu deney yapılabilir mi?
- 3) Wheatstone köprüsü yardımıyla küçük dirençlerin değerleri bulunabilir mi? Ω mertebesinde direnç bulmak için deney düzeneğinde ne kullanılmalıdır?

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 6

Elektrik Yüklerinin Depolanışı ve Akışı

DEÜ Fen Fakültesi
Fizik Bölümü

Deneyin Amacı

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

6.1 Deneye Hazırlık Soruları

1. Sığa kavramlarını tanımlayıp birimini belirtiniz.
2. Kondansatörlerin kullanım alanlarına örnekler veriniz.
3. Zaman sabiti (τ) kavramını tanımlayınız.

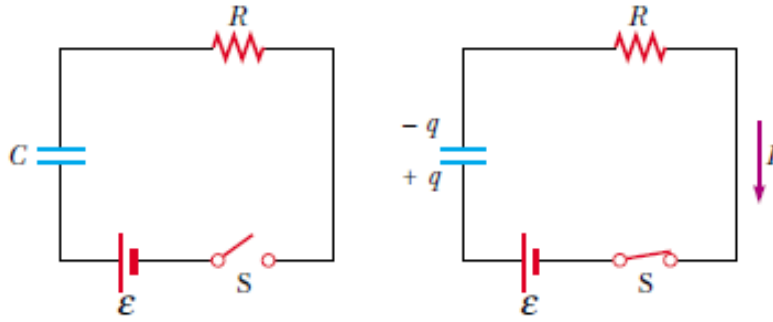
6.2 Kuram

Kondansatörler miktarca eşit fakat zıt işaretli olacak şekilde yüklenmiş aralarında dielektrik bir ortam bulunan iki iletken levhadan oluşur. Bir kondansatörün levhaları üzerinde biriken Q yük miktarının, bu iletken 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.

6.2.1 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

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

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.

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

denklemini dt ile çarpar 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.

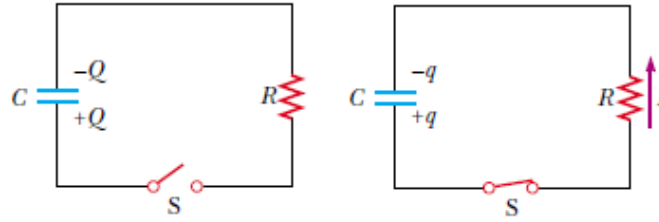
$$q(t) = C\varepsilon(1 - e^{-t/RC}) = Q(1 - e^{-t/RC}) \quad 6.10$$

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 alınır,

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

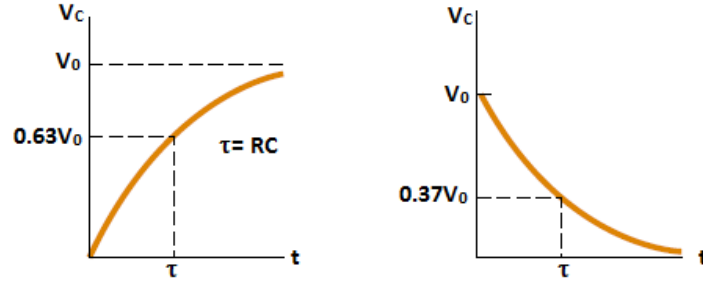
$$\ln\left(\frac{q}{Q}\right) = -\frac{t}{RC} \quad 6.16$$

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

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

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

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

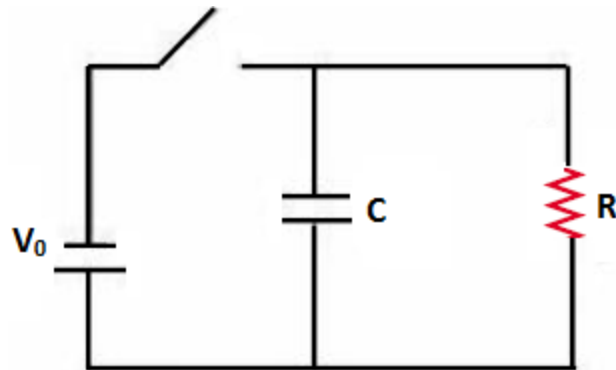


Şekil 6.3 Bir kondansatörün yüklenmesi ve boşalması sırasında üzerindeki gerilimin zamanla değişimi

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 Düzenegi**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	$\tau (s)$
1	
2	

3	
4	
5	

$$\tau = \dots \pm \dots \text{ s}$$

$$R_{i\check{c}} = \dots \pm \dots M\Omega$$

6.5.2 Zaman sabitinin bulunması

Tablo 6.2 Ölçülen ve hesaplanan τ değerleri

$\tau(s)$	$R_1 = 1 M\Omega$ 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}			

6.6 Deney Sonu Soruları

1. RC çarpımının zaman boyutunda olduğunu gösteriniz.
2. Voltmetrenin iç direncinin hesaplara dahil edilmemesi zaman sabitini nasıl etkiler? Açıklayınız.

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.

Deney 7

Manyetizma

Helmholtz Bobinlerinin Özellikleri

DEÜ Fen Fakültesi**Fizik Bölümü****Amaç**

Bir mıknatıs yakınındaki manyetik alanın büyüklüğünün, Helmholtz bobinlerinin ürettiği manyetik alan büyüklüğünden yararlanılarak belirlenmesi

7.1 Deneye Hazırlık Soruları

1. Manyetik alan kaynakları nelerdir?
2. Manyetik alan ve Elektrik alan arasındaki temel farklar nelerdir? Açıklayınız.
3. Helmholtz bobinin özellikleri nelerdir?

7.2 Biot-Savart Yasası

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

Biot-Savart yasası, bir telden kararlı bir I akımı geçerse, teldeki bir $Id\vec{s}$ akım elemanının P noktasında (Şekil 7.1) oluşturduğu $d\vec{B}$ manyetik alanının değerini

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Id\vec{s} \times \hat{r}}{r^2} \quad 7.1$$

bağıntısıyla ifade edilebileceğini belirtmektedir. P noktasında oluşan $d\vec{B}$ manyetik alanı şu özellikleri taşımaktadır: (serbest uzayın geçirgenliği: $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} T.m/A$)

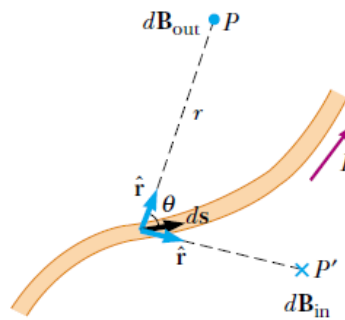
- $d\vec{B}$ vektörü hem $d\vec{s}$ 'ye (akım yönündedir) hem de $d\vec{s}$ elemanından P noktasına doğru yönelen \hat{r} birim vektörüne diktir.
- $d\vec{B}$ 'nin büyüklüğü r^2 ile ters orantılıdır. Burada r , $d\vec{s}$ elemanının P'ye uzaklığıdır.
- $d\vec{B}$ 'nin büyüklüğü akımla ve $d\vec{s}$ uzunluk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

Eşitlik 7.1' deki $d\vec{B}$ alanın, iletkenin yalnız küçük bir $d\vec{s}$ uzunluk elemanındaki akımın oluşturduğu alandır. Sonlu büyüklükteki bir akımın, bir noktada oluşturduğu \vec{B} toplam manyetik alanını bulmak için, tüm $Id\vec{s}$ akım elemanlarının ilgili noktada oluşturduğu manyetik alanların toplanması gerekir.

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{d\vec{s} \times \hat{r}}{r^2} \quad 7.2$$

Biot-Savart yasası ile Coulomb yasası arasında benzerlikler vardır. $Id\vec{s}$ akım elemanı manyetik alan oluştururken, elektrostatikte q nokta yükü elektrik alan oluşturur. Elektrik alanın şiddeti ve manyetik alanın şiddeti uzaklığın karesi ile ters orantılı olarak değişir. Ancak, iki alanın yönleri oldukça farklıdır. Nokta q yükün oluşturduğu elektrik alanı yükten çıkan doğrular boyuncadır. Fakat $Id\vec{s}$ akım elemanın oluşturduğu manyetik alan $d\vec{s}$ vektörü ile \hat{r} birim vektörünün oluşturduğu düzleme diktir. Bu yüzden, üzerinden I akımı geçen iletken kağıt düzleminde bulunuyorsa, $d\vec{B}$, P noktasında kağıt düzleminin dışı ve P' 'de içe doğru yönelmektedir (Şekil 7.1).

Elektrik ve manyetik alanlar arasındaki bir başka farklılık alanın kaynağı ile ilgilidir. Elektrik alanı yalıtılmış bir elektrik yükü tarafından oluşturulur. Biot-Savart yasası yalıtılmış bir akım elemanın bir noktada oluşturduğu manyetik alanı verir, fakat böyle bir yalıtılmış akım elemanı varlığı akımın fiziksel sürekliliğinden dolayı bulunamaz. Yani bir akım elemanı, sürekli bir akımın parçası olmak zorundadır. Bu nedenle elektrostatikte olduğu gibi monopol (noktasal tek bir yükün yarattığı) elektrik alanına benzeyen bir alan manyetizmada (manyetik monopol (tek kutup) alanı) olamaz.



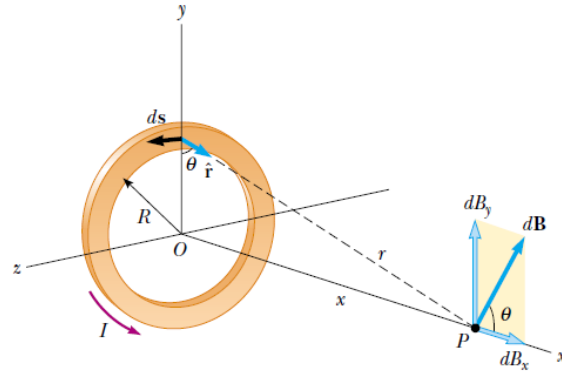
Şekil 7.1 Bir $d\vec{s}$ uzunluk elemanından geçen I akımının P noktasında oluşturduğu $d\vec{B}$ manyetik alanı.

P'deki manyetik alanın yönü sayfa düzleminin dışı ve P'deki ise içe doğrudur.

Sekil 7.2' de görüldüğü gibi kararlı bir I akımı taşıyan ve yz düzleminde bulunan R yarıçaplı bir çembersel teli göz önüne alalım. Bu çemberin ekseninde merkezden x uzaklıktaki bir P noktasında oluşturduğu manyetik alan Denklem 7.2'deki integralin alınmasıyla

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{d\vec{s} \times \hat{r}}{r^2} \Rightarrow B_x = \frac{\mu_0 I R^2}{2(x^2 + R^2)^{3/2}} \quad 7.3$$

elde edilebilir.

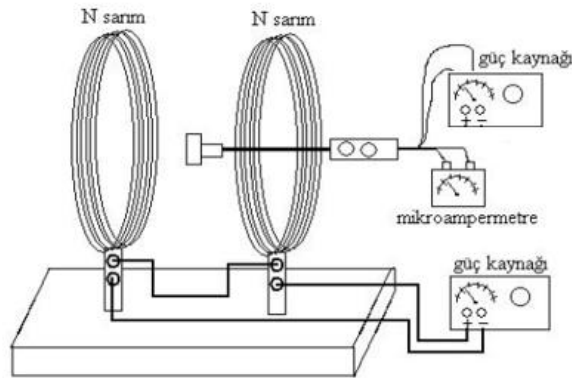


Şekil 7.2 Bir akım halkasının P noktasında oluşturduğu manyetik alan

7.3 Deneyde Kullanılacak Araçlar

- Helmholtz bobini
- Güç kaynağı
- Mikroampermetre
- Hall Probu
- Çubuk Mıknatıs

7.4 Deneyin Yapılışı



Şekil 7.3 Helmholtz bobinlerinin manyetik alanının belirlenmesi

- Şekil 7.3'deki devreyi kurunuz. Hall probunun kırmızı-siyah uçlarını güç kaynağına bağlayınız. Boşta kalan diğer iki ucu da bir mikroampermetreye bağlayınız ve Hall probunu kalibre ediniz.
- Bobinlerden aynı yönde akım geçmesini sağlayacak şekilde güç kaynağı bağlantısını yapınız.
- Bobinlerden geçen akımı ölçmek için devreye bir ampermetre bağlayınız.
- Bobinler arasındaki uzaklığı ölçerek not ediniz. Bu uzaklığın tam orta noktasına Hall probu yerleştiriniz. Probun konumunu sonraki deney aşamalarında da değiştirmemeye özen gösteriniz.
- Güç kaynağının voltajını ayarlayarak devreden akım geçmesini sağlayınız. Bu değeri Tablo 7. 1'e not ediniz.
- Hall probun bağlı olduğu mikroampermetredeki sapma miktarını not ediniz.
- Denklem 7.3'den yararlanarak bir Helmholtz bobinin ortasında oluşan manyetik alanı teorik olarak hesaplayınız ve Tablo 7.1'e not ediniz (sarım sayıları bobinlerin üzerinde yazmaktadır).
- Akım değerini arttırarak yukarıdaki işlemleri birkaç kez tekrarlayınız.
- Tablo 7.1'deki verileri kullanarak, sapma miktarı-hesaplanan manyetik alan şiddeti grafiğini çiziniz. Bu eğri kalibrasyon eğrisi olarak kullanılacaktır.
- Hall probunu mıknatısın kutuplarından birine temas etmeyecek şekilde yaklaştırınız.
- Hall probun bağlı olduğu mikroampermetredeki sapma miktarını not ediniz.
- Elde etmiş olduğunuz kalibrasyon eğrisinden yararlanarak, bulduğunuz sapma miktarına karşılık gelen manyetik alan şiddetini belirleyiniz.

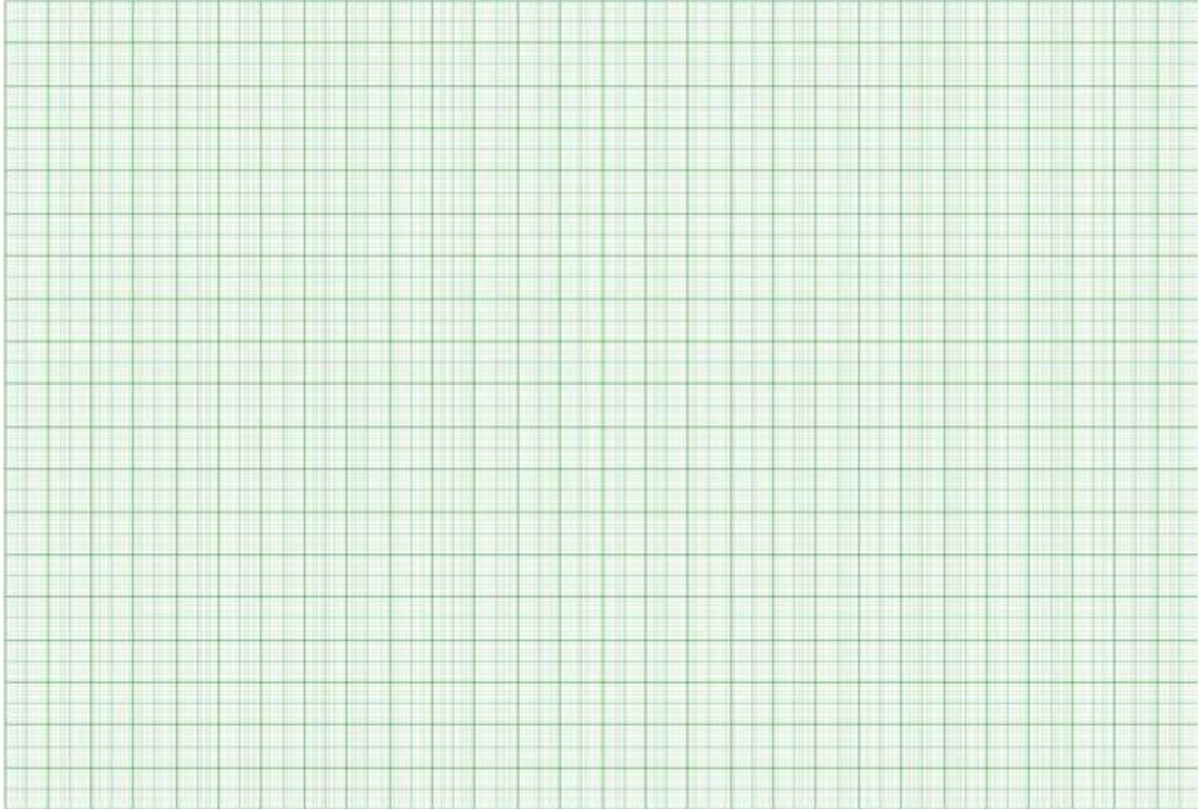
7.5 Ölçümler ve Sonuçlar

Tablo 7.1 Kalibrasyon eğrisi verileri

Ölçüm	Akım (A)	Sapma Miktarı (mA)	B (T)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

8			
9			
10			

Şekil 7.4 Sapma miktarı-hesaplanan manyetik alan şiddeti grafiği



7.6 Deney Sonu Soruları

1. Helmholtz bobini tarafından üretilen manyetik alanı arttırılabilmek için hangi koşullar sağlanmalıdır? Kısaca belirtiniz.
2. Akım taşıyan bir iletkenin, etrafında oluşturduğu manyetik alan Biot-Savart yasası kullanılarak hesaplanabilir. Akım, yükün akış hızı olarak tanımlandığına göre durgun yüklerden kaynaklanan manyetik alan hakkında ne sonuca varabilirsiniz? Hareketli yüklerden kaynaklanan hakkında ne diyebilirsiniz?

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.

Deney 8

Transformatörler

DEÜ Fen Fakültesi

Fizik Bölümü

Amaç

Transformatördeki bobinlerin sarım sayıları ile bu bobinlerdeki gerilim, akım arasındaki ilişkiyi doğrulamak.

8.1 Deneye Hazırlık Soruları

1. Transformatör Nedir? Kullanım amacına göre çeşitleri nelerdir, nerelerde kullanılır?
2. Transformatörlerin çalışma prensibi nedir?

8.2 Faraday Yasası

Faraday'ın indüksiyon yasası, bir devrede oluşan indüksiyon emk'nin devreden geçen manyetik akının zamana göre değişim hızı ile doğru orantılı olduğunu ifade eder:

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt} \quad 8.1$$

Burada $\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$ devreden geçen manyetik akıdır. Devre, aynı alana sahip N tane sarımdan oluşursa her bir sarımda oluşan emk seri olacağından devrenin (bobinin) uçları arasındaki emk denklem 8.2'deki gibi verilebilir.

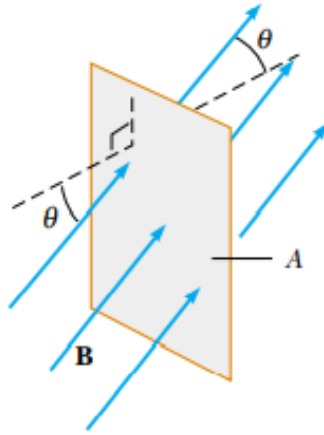
$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi_B}{dt} \quad 8.2$$

Şekil 8.1' deki gibi A alanına sahip, düzgün bir \vec{B} manyetik alanı içinde bulunan bir ilmekten geçen manyetik akı $BA \cos \theta$ ' ya eşittir. Buradan indüklenmiş emk;

$$\varepsilon = -\frac{d}{dt}(BA \cos \theta) \quad 8.3$$

Bu ifadeden, emk'nin devrede pek çok yolla indüklenebileceği görülmektedir.

- \vec{B} 'nin büyüklüğü zamanla değişebilir.
- İlmeğin çevrelediği alan zamanla değişebilir.
- \vec{B} ile ilmeğin normali arasındaki θ açısı zamanla değişebilir.



Şekil 8.1 Düzgün bir \vec{B} manyetik alanın var olduğu bir ortamda A alanın sahip olan iletken bir ilmek. \vec{B} ile ilmeğin arasındaki açı θ dır.

8.2.1 Transformatörler

Elektrik gücü uzak mesafelere iletildiği zaman, iletim hatlarındaki I^2R ısı kaybını en aza indirmek için yüksek voltaj ve düşük akım kullanmak gerekir. Bu hatların alıcı ucundaki cihaz alçak voltajdaki güce gereksinim duyar. Bu nedenle sağlanan güçte önemli bir değişmeye sebep olmadan voltajı ve akımı artıracak veya azaltacak bir cihaza ihtiyaç vardır. Transformatörler, alternatif akım devrelerinde akım (I) ya da gerilimi (V) istenilen değere getirmeye yarayan cihazlardır.

AC transformatörü şekil 8.2' de görüldüğü gibi bir demir çekirdek etrafına sarılan iki bobinden oluşmaktadır. AC giriş voltajına bağlı olan ve N_p sarımından oluşan bobine birincil (veya primer) denir. N_s sarımından oluşan bobine ise ikincil (sekonder) denir. Ortak demir çekirdeğin amacı ise manyetik akıyı artırmak ve içinde hemen hemen bütün akımın bir bobinden diğerine geçtiği bir ortam sağlamaktır.

Fraday Kanununa göre birincil bobinin uçları arasındaki voltaj

$$\Delta V_p = -N_p \frac{d\Phi_B}{dt} \quad 8.4$$

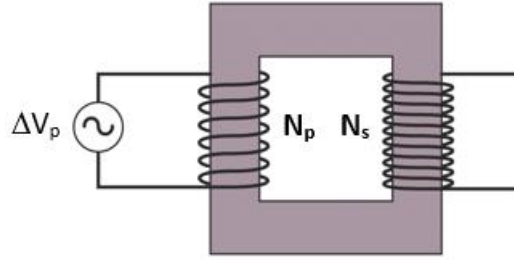
ile verilir. Burada Φ_B her bir sarımdan geçen manyetik akıdır. Demir çekirdekte bir akı kaçağı yoksa o zaman birincil bobinin her sarımından geçen akı, ikincil bobinin her sarımından geçen akıya eşit olur. Bu nedenle ikincil bobinin uçları arasındaki voltaj

$$\Delta V_s = -N_s \frac{d\Phi_B}{dt} \quad 8.5$$

ile verilir.

$$\Delta V_s = \frac{N_s}{N_p} \Delta V_p \quad 8.6$$

N_s , N_p ' den daha büyük olduğu zaman ΔV_s çıkış voltajı, ΔV_p giriş voltajından büyük olur ve yükseltici transformatör olarak bilinir. N_s , N_p ' den daha küçük ise çıkış voltajı giriş voltajından küçük olur ve düşürücü transformatör olarak bilinir.



Şekil 8.2 Demir çekirdeğe sarılmış iki bobinden oluşan Transformatör

İdeal bir transformatör elektrik enerjisini ısı enerjisine dönüştürmez. Bu durumda birincil kısımdaki $\Delta V_p I_p$ güç ikincil kısımdaki $\Delta V_s I_s$ gücüne eşit olacaktır. I_p , ΔV_p birincil kısımdaki akım ve gerilimin değeri, I_s , ΔV_s ikincil kısımdaki akım ve gerilimin değeri olmak üzere

$$\Delta V_p I_p = \Delta V_s I_s \quad 8.7$$

geçerlidir. N_p , N_s sırasıyla birincil ve ikincil kısımda yer alan bobinlerin sarım sayıları olmak üzere,

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{\Delta V_p}{\Delta V_s} = \frac{I_s}{I_p} \quad 8.8$$

bağıntısı geçerlidir. Ferromanyetik çekirdek olmaması durumunda da birincil sarımda oluşan manyetik alan çizgileri ikincil devreye aktarılacaktır ancak bu durumda büyük bir kayıp oluşacağından transformatör yeteri kadar verimli çalışmayacaktır. Verim, alınan gücün, verilen güce oranı olarak düşünülrse Şekil 8. 2' deki transformatör için verim

$$\frac{I_s \Delta V_s}{I_p \Delta V_p} \quad 8.9$$

ile verilir.

8.3 Deneyde Kullanılacak Araçlar

- Değişik sarım sayılarına sahip bobinler
- Demir çekirdek
- Multimetre
- AC güç kaynağı

8.4 Deneyin Yapılışı

- Değişik sarım sayısına sahip iki bobini şekil 8.2' deki gibi demir çekirdeği kullanmadan yan yana koyunuz.
- Her iki bobine de birer voltmetre bağlayınız. Primer kısma belirli bir gerilim değerinde alternatif akım uygulayınız.
- Primer ve sekonder kısımdaki gerilim değerleri arasındaki ilişkiyi gözleyiniz. Gözlem sonuçlarınızı yorumlayınız. Ölçüm sonuçlarınızı tablo 8.1'e yazınız.
- Her iki bobine de birer ampermetre bağlayınız. Primer ve sekonder kısımdaki akım değerleri arasındaki ilişkiyi gözleyiniz. Ölçüm sonuçlarınızı tablo 8.1'e yazınız.
- Demir çekirdeği kullanarak şekil 8.2' deki deney düzeneğini kurunuz.
- Her iki bobine de birer voltmetre bağlayınız. Primer kısma alternatif akım uygulayınız. Ölçüm sonuçlarınızı tablo 8.2'e kaydediniz.
- Her iki bobine de birer ampermetre bağlayınız. Ölçüm sonuçlarınızı tablo 8.2'e kaydediniz.
- Eşitlik 8.9' u kullanarak verimi hesaplayınız ve ilgili tablodaki yerlerine yazınız.
- Sonuçlarınızı yorumlayınız. Gözlem (ya da ölçüm) sonuçlarınızın arasındaki fark(lar)ın ne olduğunu ve nedenlerini tartışınız.

8.5 Ölçümler ve Sonuçlar

Tablo 8.1 Demir çekirdeği kullanmadan iki bobinden oluşan Transformatör

Ölçüm	N_p	N_s	$\Delta V_p (V)$	$\Delta V_s (V)$	$I_p (A)$	$I_s (A)$	Verim (%)
1							
2							

Tablo 8.2 Demir çekirdeğe sarılmış iki bobinden oluşan Transformatör

Ölçüm	N_p	N_s	$\Delta V_p (V)$	$\Delta V_s (V)$	$I_p (A)$	$I_s (A)$	Verim (%)
1							
2							

8.6 Deney Sonu Soruları

1. Eşitlik 8.8 ideal olmayan transformatörler için geçerli midir? Açıklayınız.
2. Deneyde ferromanyetik özellikli demir çekirdek kullanılmasının amacı nedir?
3. Bu deneyde, sisteme AC (alternatif akım) yerine DC (doğru akım) uygulamış olsaydınız ne gözlemlerdiniz, açıklayınız.

