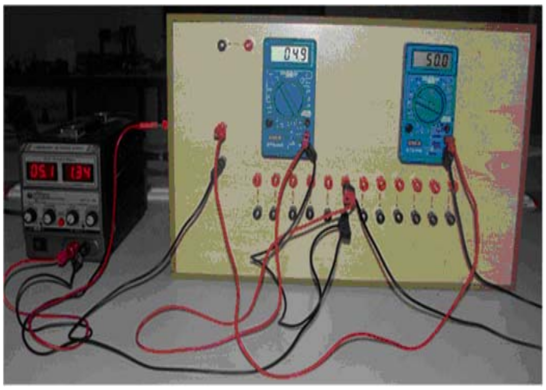
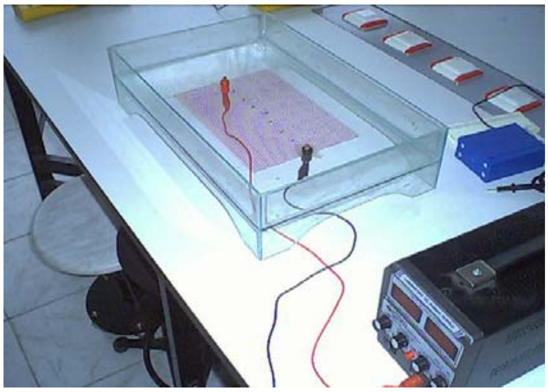
FİZ 104 FİZİK II

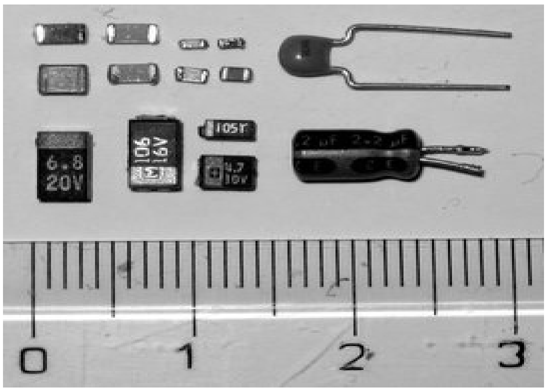
ELEKTRİK VE MANYETİZMA LABORATUARI



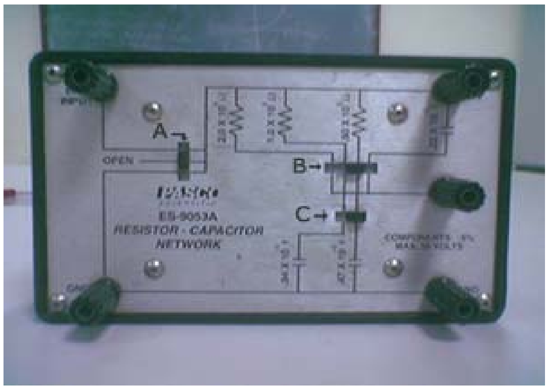
1. Deney: Ohm Yasası Uygulamaları



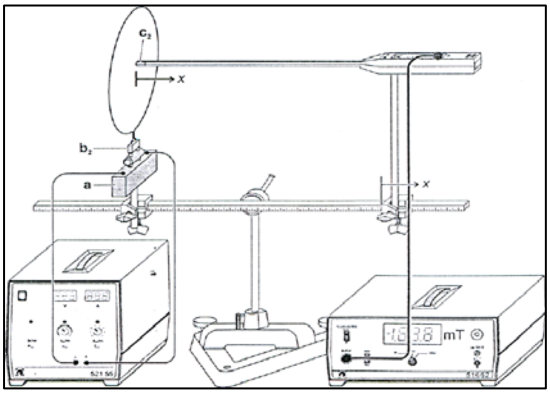
2. Deney: Eşpotansiyel Yüzeyler



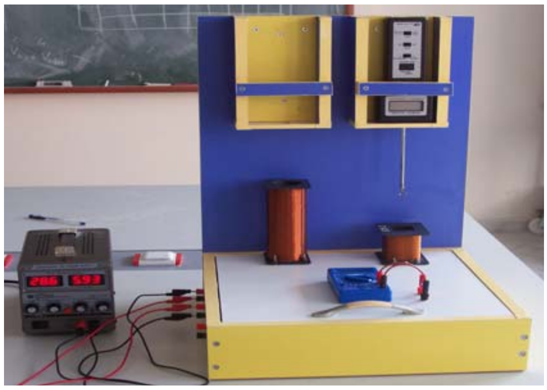
3. Deney: Kapasitörlerin Bağlanması



4. Deney: Direnç Kapasitör Ağı



5. Deney: Biot-Savart Yasası



6. Deney: Manyetik Kuvvet Ölçümü

RAPOR NASIL YAZILIR

Bir rapor temelde aşağıdaki öğeleri içermelidir.

- BAŞLIK
- DENEYİN AMACI
- İŞLEM BASAMAKLARI
- TABLOLAR
- HESAPLAMALAR
- YORUMLAR VE SONUÇLAR

1. BAŞLIK
   Bu bölüm, deneyin ana amacını birkaç kelimeyle anlatır.

2. DENEYİN AMACI
   Deneyi yapmaktaki amaç ve deneyde ulaşılması beklenen sonuçların yazıldığı bölümdür.

3. İŞLEM BASAMAKLARI
   Bu bölümde, deneyi düzeneğini kurarken rastladığınız ve önemli gördüğünüz noktaları yazmanız gerekir.

4. TABLOLAR
   Elde ettiğiniz bütün verilerin düzenli bir şekilde tabloya döküldüğü bölümdür. Bir tabloda bulunan bütün değerlerin birimleri, ilgili yerlere yazılmalıdır.

5. HESAPLAMALAR
   Bu bölüm bir raporun kalbidir. Burada DENEYİN AMACI bölümünde belirttiğiniz ifadelerin hepsi gerekli hesaplamalar yapılarak ispatlanmalıdır. İzlenmesi gereken yol aşağıdaki gibi olmalıdır.

- Hesap nasıl yapılır?

  İlk olarak hesapları yaparken kullandığınız formül ve bağıntıların yazılması (düzenli olması isteniyorsa hesapların başından itibaren numaralanmalıdır) gerekmektedir. Sonra hesaplamalara başlanmalıdır. Daha sonrasında hesaplanmış değerlerin birimleri yazılmalıdır. Birimler belirtilmemiş ise bunlarda gerekli formüller kullanılarak türetilmelidir. Ve sonunda bulduğunuz değeri bir "fizikçi" kafasıyla standart birim sistemine ilgili yere yazmanız gerekmektedir.

- Grafik nasıl çizilir?

  En başta uygun grafik kağıdının (logaritmik, lineer....) seçilmesi ile işe başlanmalıdır. Sonra hangi eksene hangi değişkenin yazılması gerektiğine karar verilmelidir. Genel bir kural olarak, bağlı değişkeni x-eksenine bağlı değişkenle değişen fonksiyonu y-eksenine yerleştirmek gerekir. Ek olarak eksenlerin ölçekleri de ayarlanmalıdır. Ölçeklerin ayarlanmasında en büyük veriden (data) en küçük veri (data) çıkarılır ve eksenin uzunluğuna bölünür. EN MANTIKLI ÖLÇEĞİ SEÇMEYİ UNUTMAYIN. Gerekiyorsa grafiğin eğimi hesaplayabilirsiniz. Son olarak, EKSENLERE BİRİM YAZMAYI UNUTMAYIN.

6. YORUMLAR VE SONUÇLAR

Bu kısımda teorik ve deneysel sonuçlar karşılaştırılmalıdır. Ayrıca karşılaşılan hatalarında yazılması gerekmektedir. Deneyi daha önce anlattığımız için, İŞLEM BASAMAKLARINI TEKRAR YAZMAYIN.

STANDART ONDALIK ÇARPANLAR

ÇARPAN	ADI	KISALTMASI
10^{12}	Tera	T
10^{9}	Giga	***G***
10^{6}	Mega	***M***
10^{3}	Kilo	***k***
10^{2}	Hekto	***h***
10^{1}	Deka	***da***
10^{-1}	Desi	***d***
10^{-2}	Santi	***c***
10^{-3}	Mili	***m***
10^{-6}	Mikro	***µ***
10^{-9}	Nano	***n***
10^{-12}	Piko	***p***
10^{-15}	Femto	***f***
10^{-18}	Atto	***a***

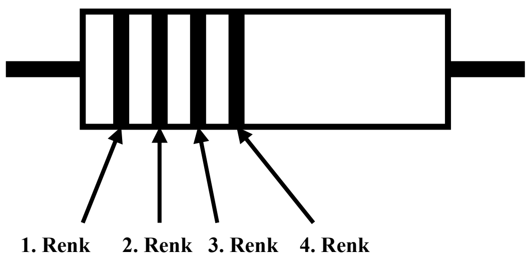
Tablo: Fizikte kullanılan standart ondalık çarpanlar

DİRENÇLERİN RENK KODLARI

Renk	Birinci Renk	İkinci Renk	Üçüncü Renk	Dördüncü Renk
Siyah	0	0	10^0	-
Kahverengi	1	1	10^1	-
Kırmızı	2	2	10^2	-
Turuncu	3	3	10^3	-
Sarı	4	4	10^4	-
Yeşil	5	5	10^5	-
Mavi	6	6	10^6	-
Mor	7	7	10^7	-
Gri	8	8	10^8	-
Beyaz	9	9	10^9	-
Altın	-	-	10^{-1}	±% 5
Gümüş	-	-	10^{-2}	±% 10
Renksiz (Renk Yok)	-	-	-	±% 20

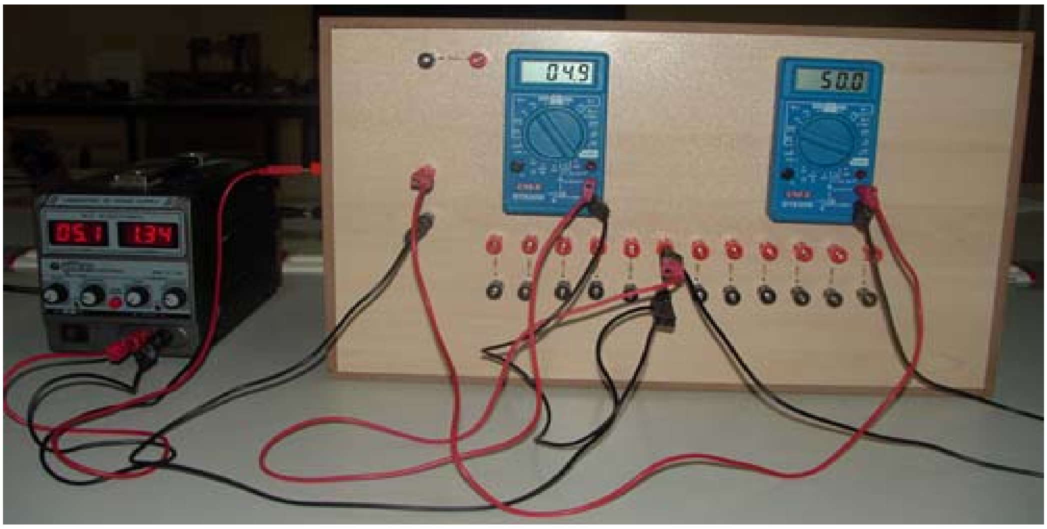
Tablo: Dirençlerin üzerlerindeki renklerin anlamları

Not: Aşağıdaki figürden de görüleceği gibi renklerin numaralandırılmasına renklerin yakın olduğu uçtan başlanır.



Şekil: Dirençlerin üzerindeki renklerin sıralanması

1. DENEY: OHM YASASI



Deneyin Amacı:

- Renk kodlarına göre dirençlerin teorik değerlerinin bulunması
- Ohm yasasında bulunan üç değişken arasındaki ilişkinin bulunması
- Voltmetre-ampermetrenin nasıl kullanıldığının öğrenilmesi.

Teorik Bilgi:

Elektrik tarihinde adı en çok geçen kişilerden biri Georg Simon Ohm (1787-1854)'dur. Ohm, iletkenlerden geçen elektrik akımına ilişkin çalışmalarına 1825 yılında başladı ve sonuçlarını 1827 yılında yayımladı. Fransız bilim adamı Fourier'in ısı akışı üzerine yaptığı çalışmalardan esinlenen Ohm, bir tele uygulanan gerilimin telden geçen akıma olan oranının değişmez olduğunu bulmuştu. Bugün Ohm yasası olarak bilinen ve de evrensel yazılımı $V= IR$ olan bu yasayı Ohm yayımladığında pek çok kimse bir şey anlamamıştı. Bilim dünyasından fazla bir ilgi görmeyen Ohm, istediği üniversite profesörlüğünü elde edemediği gibi lise hocalığından da olmuştu. Özlemini çektiği anlayışı ve ünü Almanya dışına çıktıktan sonra fazlası ile elde eden Ohm, yaşamının ancak son beş yılını Münih Üniversitesi'nde profesörlüğe atanarak huzur içinde geçirebildi. Ünlü yasası dışında Ohm'un elektriğe başka önemli bir katkısı olmamıştır**.**

Bir iletken içinde akım üretmek üzere, yükler, iletken içindeki elektrik alanın etkisiyle hareke ederler. Bu durumda iletken içinde elektrik alan mevcuttur.

Akım tanım olarak, birim zamanda geçen yük miktarıdır.

$$I=\frac{dq}{dt}=\frac{d}{dt}(q\,A\,l\,n)=q\,A\,n\frac{dl}{dt}=q\,A\,n\,V_s$$

V_S sürüklenme hızını, q elektriksel yükü, n yük yoğunluğunu, A iletkenin kesit alanını ve l iletkenin boyunu göstermekledir. A kesit alanlı I akımı taşıyan iletkenin içindeki J akım yoğunluğu, birim alan başına düşen akım olarak tanımlanır. $I= n\ q\ V_s\ A$ olduğundan, akım yoğunluğu,

$$J=\frac{I}{A}=n\,q\,V_s \tag{1}$$

ile verilir. Burada ***J***, SI da A/m^2 birimindedir. Bu ifade sadece, akım yoğunluğunun düzgün ve yüzeyin akım yönüne dik olması halinde geçerlidir. Akım yoğunluğu vektörel bir niceliktir. Yani;

$$\vec{J} = nq\overrightarrow{V_S} \qquad (2)$$

dir. Bu tanımdan bir daha anlıyoruz ki; akım yoğunluğu da, akım gibi pozitif yük taşıyıcılar söz konusu iken yüklerin hareketi yönünde, negatif yük taşıyıcılar söz konusu iken yüklerin hareketinin aksi yönündedir.

Bir iletkenin uçları arasına bir potansiyel farkı uygulanırsa, iletken içinde bir *J* akım yoğunluğu ve bir *E* elektrik alanı meydana gelir. Şayet potansiyel farkı sabitse, iletken içindeki akım da sabit olacaktır. Bazı maddelerde akım yoğunluğu, elektrik alanla doğru orantılıdır. Yani,

$$\vec{J} = \sigma \vec{E} \qquad (3)$$

şeklindedir. Buradaki σ orantı kat sayısına iletkenin *iletkenliği* adı verilir.[1] Eşitlik 3'e uyan maddelerin, Georg Simon Ohm ismine izafen Ohm kanununa uydukları söylenir. Daha özel olarak, ohm kanunu,

bir çok madde için (ki buna çoğu metaller dahildir) akım yoğunluğunun elektrik alana oranının sabit (σ) olduğunu söyler. Bu sabit, akımı üreten elektrik alandan bağımsızdır

Ohm kanununa uyan, dolayısıyla *E* ile *J* arasında lineer (doğrusal) bir ilişki gösteren maddelerin omik (ohmic) oldukları söylenir. Bütün maddelerin bu özelliğe sahip olmadığı deneysel olarak bulunabilir. Ohm kanununa uymayan maddelere omik olmayan maddeler denir. Ohm kanunu doğanın temel bir kanunu değildir, fakat sadece belli maddeler için geçerli olan deneysel bir bağıntıdır.

Ohm kanunun pratik uygulamalarda daha kullanışlı bir biçimi, Şekil 1'de görüldüğü gibi, *A* kesitine ve *l* boyuna sahip doğrusal bir tel parçasının incelenmesinden elde edilir. Telin uçlarına, telde bir elektrik alan ve akım meydana getiren bir V_b- V_a potansiyel farkı uygulanır. Teldeki elektrik alanın düzgün olduğu kabul edilirse, V= V_b- V_a potansiyel farkı elektrik alanı ile[2]

1. İletkenlikle aynı sembolle gösterilen σ yüzey yük yoğunluğunu karıştırmayınız.
2. Bu sonuç, potansiyel farkının

$$V_a\text{-}V_b = -{}_a\int^b E ds = E_0\int^l dx = El$$

$$\Delta V = \vec{E} \bullet \vec{l}$$

gibi ilişkilidir. Bu yüzden akım yoğunluğunun büyüklüğü

$$\left|\vec{J}\right| = \sigma \left|\vec{E}\right| = \sigma \frac{\Delta V}{\left|\vec{l}\right|}$$

şeklinde ifade edilebilir. J =I / A olduğundan, potansiyel farkı

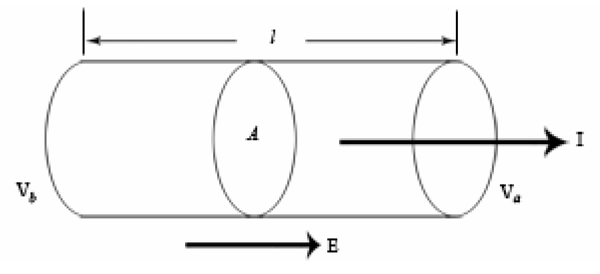
$$\Delta V = (\frac{l}{\sigma}) J = (\frac{l}{\sigma A}) I$$

olarak yazılabilir. Burada *l* / σA niceliğine iletkenin R direnci adı verilir:

$$R \equiv \frac{l}{\sigma A} \equiv \frac{\Delta V}{I} \qquad (4)$$

Bu sonuçtan anlaşılacağı üzere, direnç SI de amper başına volt birimine sahiptir. Amper başına 1 volt, bir **ohm(Ω)** olarak tanımlanır:

$$1\Omega \equiv \frac{1V}{1A}$$



Şekil-1 Kesit alanı *A* olan ve boyu *l* olan bir iletken. İletkenin uçları arasına uygulanan V_b-V_a potansiyel farkı, iletkende bir **E** elektrik alanı meydana getirir ve bu da bir akım meydana getirir. Dolayısıyla teldeki akım, potansiyel farkı ile orantılıdır.

Yani bir iletkenin uçları arasındaki bir voltluk potansiyel farkı, 1 A' lik bir akıma sebep olursa iletkenin direnci 1 Ω olur. Örneğin, 120 V luk bir elektrik kaynağa bağlı elektrik aleti, 6 A lik bir akım taşırsa, bu aletin direnci 20 Ω dur.

Direnç üzerinden geçen akım her zaman ısı üretir. Direnç üzerinde ısıya dönüşen elektrik enerjisinin miktarı güç olarak tanımlanır, P harfi ile gösterilir ve MKS sistemine göre birimi watt (W)'tır. Gücün formülü aşağıda verildiği gibidir,

$$P = RI^2 = VI$$

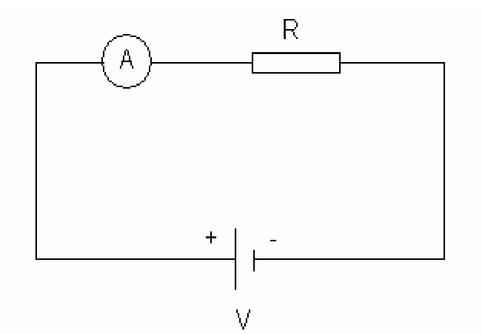
Güç formülü tek bir direnç için kullanıldığı gibi bütün devre içinde kullanılabilir.

Voltmetre: Potansiyel farkı ölçen aletlere voltmetre denir. Devrede paralel olacak şekilde pozitif ucu potansiyelin yüksek olduğu tarafa, negatif ucu da potansiyelin düşük olduğu tarafa bağlanmalıdır. İdeal bir voltmetre içerisinden akım geçmeyecek şekilde sonsuz bir iç dirence sahiptir ve bu özelliğinden dolayı paralel bağlanarak ölçüm alınır.

Ampermetre: Akım ölçen aletlere ampermetre denir. Ölçülecek olan akım doğrudan ampermetre içerisinden geçmelidir. Dolayısıyla ampermetre devreye seri bağlanmalıdır. Ampermetre kullanırken akımın pozitif uçtan girip negatif uçtan çıktığından emin olunması gerekir. Bir ampermetrenin ölçülen akımı değiştirmeyecek kadar küçük bir iç dirence sahip olması gerekir. İdeal ampermetrenin iç direnci sıfırdır.

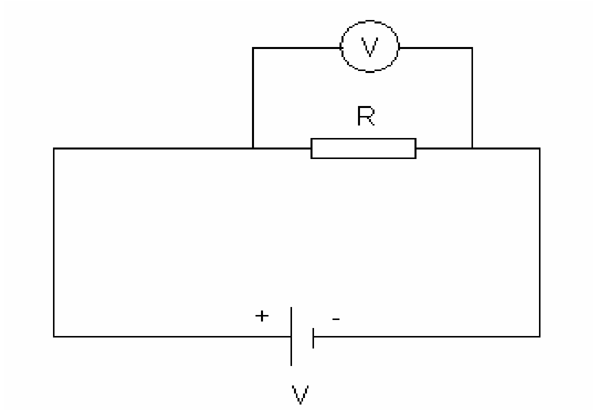
Şekil-2: Avometre (**A**mper, **V**olt, **O**hm); akım, gerilim ve direnç ölçmede kullanılan cihazdır.

Şekil-3: DC Gerilim kaynağı.



Şekil-4: Ampermetrenin devreye

SERİ bağlanması



Şekil-4: Voltmetrenin devreye

paralel bağlanması

Deneyin Yapılışı:

- Düzenek üzerindeki örnek direncin renk kodları X,Y,Z,T dir. Bu renk kodlarını tablodan yararlanarak direncin değeri S Ω olarak bulunur. Sizde sırasıyla düzenek üzerindeki tüm dirençlerin renk kodları yardımıyla teorik değerlerini bulunuz.

- Deneyin 2. aşamasında deney düzeneğine Şekil-3'teki **voltaj kaynağını bağlayınız**. ve kaynağı **3V** a ayarlayınız.

- Voltaj kaynağından çıkan jak kablolarını ilgili ampermetre ile **seri olacak** şekilde dirence bağlayınız. Voltmetreyi de dirence **paralel olacak** şekilde bağlayınız.

- Voltmetre ve Ampermetrede okuduğunuz değerleri kaydediniz.

- Aynı işlemleri diğer dirençler için yaparak kaydediniz.
- Deneyin diğer aşamalarını voltaj değerini sırasıyla 6,9,12,15 V a ayarlayarak tekrar ediniz.

Sorular:

1. Dirençlerin teorik ve pratik değerleri arasında bir fark buldunuz mu? Eğer bir fark bulduysanız bunun nedeni ne olabilir?

2. Deneyin 2. aşamasında ampermetrede okuduğunuz değerler pratik değerlerdir. Eşitlik (4) yardımıyla akımın teorik değerlerini hesaplayınız. Bu iki değer arasında bir fark buldunuz mu? Eğer bir fark bulduysanız bunun nedeni ne olabilir?

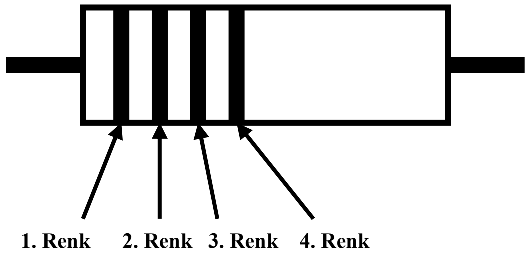
3. I-R ile V-R grafiklerini elde ettiğiniz veriler yardımıyla çizerek yorumlayınız.

Direçlerin Renk Kodları

Renk	Birinci Renk	İkinci Renk	Üçüncü Renk	Dördüncü Renk
Siyah	0	0	10^0	-
Kahverengi	1	1	10^1	-
Kırmızı	2	2	10^2	-
Turuncu	3	3	10^3	-
Sarı	4	4	10^4	-
Yeşil	5	5	10^5	-
Mavi	6	6	10^6	-
Mor	7	7	10^7	-
Gri	8	8	10^8	-
Beyaz	9	9	10^9	-
Altın	-	-	10^{-1}	± % 5
Gümüş	-	-	10^{-2}	± % 10
Renksiz (Renk Yok)	-	-	-	± % 20

Tablo: Dirençlerin üzerlerindeki renklerin anlamları

Not: Aşağıdaki figürden de görüleceği gibi renklerin numaralandırılmasına renklerin yakın olduğu uçtan başlanır. 1. ve 2. renk kendi sayıları, 3. renk x ise 10^x çarpanı olarak değerlendirilir. Son renk ise hata payını verir.



Şekil-4: Dirençlerin üzerindeki renklerin sıralanması

Tablo 1

Dirençlerin Teorik Değeri (Ohm)	Dirençlerin Pratik Değeri (Ohm)	Akım (A)	Gerilim (V)	Gerilim / Akım Oranı

2. DENEY: EŞPOTANSİYEL YÜZEYLER

Deneyin Amacı:

Elektriksel eşpotansiyel çizgileri yardımı ile elektrik alan çizgilerinin çizilmesi

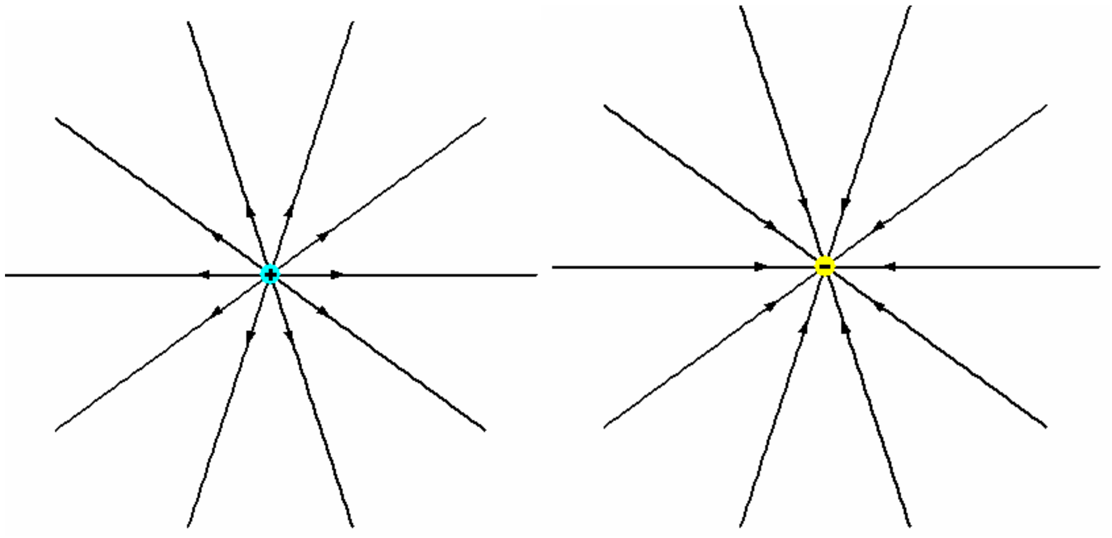
Teorik Bilgi:

Uzaydaki bir noktadaki $\vec{g}$ kütle çekim alanı, m_0 deneme kütlesine etkileyen $\vec{G}$ kütle çekim kuvvetinin deneme kütlesi bölümüne eşittir. Yani $\vec{g} = \frac{\vec{G}}{m_0}$ olur. Benzer şekilde uzayda bir noktadaki elektrik alanı, o noktaya konulan q deneme yükünü etkiyen elektrik kuvveti cinsinden tanımlanabilir. Daha kesin bir ifadeyle uzayda bir noktadaki *Elektrik alan vektörü*, o noktaya konulan artı bir deneme yüküne etkiyen $\vec{F}$ elektrik kuvvetinin q_0 deneme yüküne bölümü olarak tanımlanır.

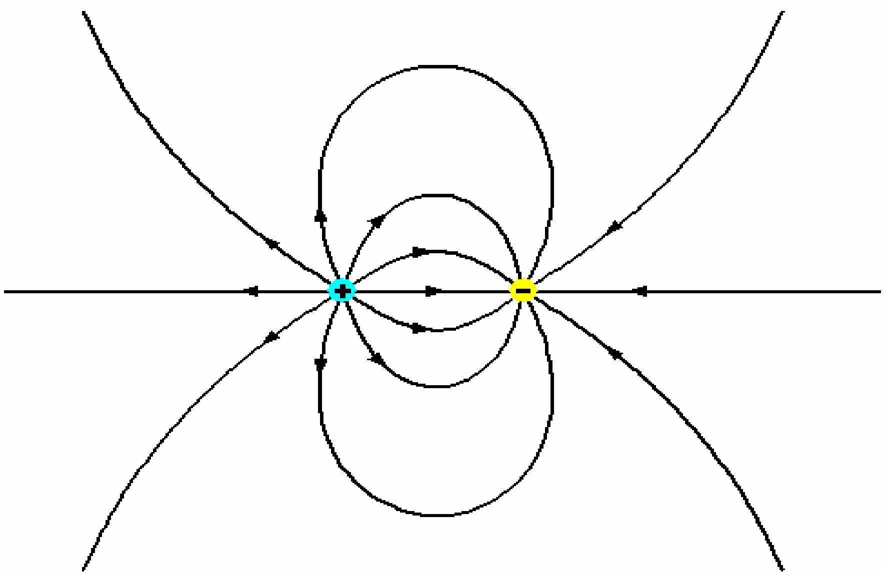
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \tag{1}$$

$\vec{E}$, deneme yükünce oluşturulmayıp deneme yüküne *dışarıdan* etkiye bir alandır. $\vec{E}$ vektörünün SI sistemindeki birimi coulomb başına düşen Newton (N/C) olarak tanımlanır. $\vec{F}$ nin artı bir deneme yüküne etkidiğini varsaydığımızda $\vec{E}$, $\vec{F}$ doğrultusundadır. Buna göre, *durgun bir deneme yükü bir noktaya konulduğunda elektrik kuvvet etkisinde kalırsa, o noktada bir elektrik alan vardır* denir. Bir noktadaki elektrik alanı bir kez bilindikten sonra, noktaya konulan yüklü herhangi bir parçacığa etkiyen kuvvet hesaplanabilir. Bunun yanında, bir noktada deneme yükün bulunup bulunmadığına bakmaksızın (boş uzayda bile) o noktada elektrik alanının bulunduğu söylenir.

Elektrik Alan Çizgileri: Elektrik alan desenlerini göz önünde canlandırmanın uygun bir yolu, yönü her noktada elektrik alan vektörü ile aynı doğrultuda olan çizgiler çizmektir. Pozitif ve negatif yükler için alan çizgileri aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 1. Pozitif (sol) ve negatif (sağ) yükler için elektrik alan çizgileri



Şekil 2. Dipolun elektrik alan çizgileri

Bu iki boyutlu çizimde, yalnızca nokta yükün bulunduğu düzlemdeki alan çizgilerinin gösterildiğine dikkat edelim. Alan çizgileri, bir oklu kirpinin dikenlerine benzer biçimde, yükten ışınsal olarak bütün doğrultularda dışarıya doğru yönelmişlerdir.Bu alana artı bir deneme yükü konulduğunda q yükünce itileceğinden, alan çizgileri artı yükten ışınsal olarak dışarıya doğru yönelirler.Benzer şekilde, bir eksi (negatif) nokta yükün elektrik alan çizgileri yüke doğru yönelmiştir.Her iki durumda da alan çizgileri radyal doğrultuda sonsuza kadar uzanırlar. Yüke yaklaştıkça, alan şiddetinin artmasının göstergesi olarak alan çizgileri sıklaşırlar.

Yerçekimi kuvvetinin korunumlu olduğunu biliyoruz.. Coulomb yasası ile verilen elektrostatik kuvvet de, evrensek çekim yasası ile aynı formda olduğundan, elektrostatik kuvvet de korunumludur. Bu nedenle, kuvvet bağlı bir potansiyel enerji fonksiyonu tanımlamak mümkündür.

Bir $\vec{E}$, elektrostatik alanı içine bir q_0 yükü konulduğunda, bu deneme yükü üzerine etki eden elektriksel kuvvet, $\vec{F} = q_0\vec{E}$ dir. $q_0\vec{E}$ kuvveti $\vec{E}$ alanı üreten çeşitli yüklerin, q_0' a uyguladığı her bir kuvvetin vektörel toplamıdır. Buradan $q_0\vec{E}$ 'nin korunumlu olduğu anlaşılır; çünkü Coulomb kanunu ile verilen her bir kuvvet korunumludur. $q_0\vec{E}$ kuvveti tarafından yapılan iş, bir dış etken tarafından yapılan işin negatifine eşittir. Dahası; sonsuz küçük bir $d\vec{s}$ yer değiştirmesi için, deneme yükün üzerine, $q_0\vec{E}$ elektriksel kuvveti tarafından yapılan iş,

$$dW = \vec{F}.d\vec{s} = q_0\vec{E}.d\vec{s} \tag{2}$$

İle verilir. Tanıma göre, korunumlu kuvvet tarafından yapılan iş potansiyel enerjideki dU değişiminin negatifine eşittir, böylece

$$dU = -q_0\vec{E}\cdot d\vec{s} \tag{3}$$

olur.Deneme yükünün A ve B noktaları arasında yer değiştirmesi halinde, potansiyel enerji değişimi

$$\Delta U = U_B - U_A = -q_0\int_A^B \vec{E}.d\vec{s} \tag{4}$$

ile verilir. (4) Eşitliğindeki integral, q_0 yükünün *A* dan *B*'ye gittiği yol boyunca alınır ve adına yol integrali denir. $q_0\vec{E}$ kuvveti korunumlu olduğundan, bu integral *A* ve *B* noktaları arasından alınan yola bağlı değildir.

A ve *B* noktaları arasındaki $V_B - V_A$ potansiyel farkı, potansiyel enerji değişimin $q_\circ$ deneme yükünün bölümü olarak tanımlanır.

$$V_B - V_A = \frac{U_B - U_A}{q_0} = -\int_A^B \vec{E}.d\vec{s} \tag{5}$$

Potansiyel farkı; hiçbir suretle potansiyel enerji ile karıştırılmamalıdır. Potansiyel farkı, potansiyel enerji ile orantılıdır. (5) Eşitliğinde görüldüğü gibi ikisi birbirine $\Delta U = q_0 \Delta V$ ile bağlıdır. Potansiyel enerji skaler bir büyüklük olduğundan, elektriksel potansiyel de skaler bir büyüklüktür. Yükün potansiyel enerjisindeki değişim, elektriksel kuvvet tarafından yapılan işin negatifine eşit olduğuna dikkat ediniz. Böylece,

V_B-V_A Potansiyel farkı, kinetik enerjide bir değişime uğramak sızın bir deneme yükünü bir dış etken tarafından *A* dan *B* ye götürmek için birim yük başına yapılması gereken işe eşittir.

(5) Eşitliği yalnızca potansiyel farkını tanımlar. Yani yalnızca V deki farklar için anlamlıdır. Çoğunlukla elektriksel potansiyel belirli bir noktada sıfır alınabilir. Genellikle sonsuzdaki (Yani elektrik alanı oluşturan yüklerden sonsuz uzaklıktaki bir nokta) bir noktanın potansiyelini sıfır seçeriz.Böyle bir seçimle şunu söylemiş oluyoruz: keyfi bir noktadaki elektriksel potansiyel , pozitif bir deneme yükünü sonsuzdan bu keyfi noktaya getirmek için birim yük başına yapılan işe eşittir. O halde (5) eşitliğindeki ifadede sonsuzda V_A=0 alırsak, herhangi bir P noktasındaki potansiyel

$$W = q_0 V, \qquad V_P = -\int_{\infty}^{P} \vec{E}.d\vec{s} \tag{6}$$

şeklini alır. Gerçekte V_P Sonsuzdaki bir nokta ile P noktası arasındaki potansiyel farkını belirler((6) eşitliği (5) ün özel bir durumudur).

Potansiyel farkı, birim yük başına enerjinin bir ölçüsü olduğundan, potansiyelin SI sistemindeki birimi, Coulomb başına joule'dür. Kısaca (V) olarak adlandırılır.

Yani 1 V'luk potansiyel farkı boyunca 1 C'luk yükü götürmek için yapılması gereken is 1J'dür.(4).Eşitliğine göre potansiyel fark aynı zamanda ; elektrik alanla uzaklık birimlerinin çarpımına eşittir.Bu nedenle elektrik alanı SI birimi N/C, metre başına volt şeklinde de ifade edilebilir (1 N/C= 1 V/m)

.

Atom fiziğinde ve nükleer fizikte enerji birimi olarak genellikle elektron volt kullanılır. Bu da 1V büyüklüğündeki potansiyel farkı boyunca hareket eden bir elektron (veya proton) un kazandığı enerji olarak tanımlanır. 1V= 1J/C ve bir temel yük 1,6 x10^{-19}C'a eşit olduğundan elektron volt'un (eV) joule cinsinden değeri,

$1\ eV = 1{,}6x\ 10^{-19}\ C.V = 1{,}6x\ 10^{-19}$ Joule (7)

Şimdi q_0 deneme yükünün A dan B ye gittiğini düşünelim. Bunun potansiyel enerjisindeki değişme, $\Delta U = q_0 \Delta V = -q_0 Ed$ olarak tanımlanmıştı. Bu sonuçtan görüyoruz ki q_0 pozitifse, ΔU negatif olmaktadır. Bu demektir ki bir pozitif yük elektrik alan doğrultusunda hareket ederse, elektriksel potansiyel enerji kaybeder. Bu, bir kütlenin çekim alanında daha düşük bir yüksekliğe doğru indikçe çekim potansiyel enerjisi kaybetmesine benzer .Bir pozitif deneme yükü, bu elektrik alan içinde durgun halde serbest bırakılırsa, $\vec{E}$ elektrik alan doğrultusunda $q_0\vec{E}$ elektriksel kuvvete maruz kalır. Böylece yük kinetik enerji kazanarak sağa doğru hizalanır. Kazandığı *kinetik enerjiye eşit miktarda potansiyel enerji kaybeder.*

Öte yandan, q_0 deneme yükü negatifse, ΔU pozitif olur ve olay ters yönde gelişir. Negatif yük elektik alan doğrultusunda hareket ettiği zaman elektriksel potansiyel enerji kazanır. Bir negatif yük E elektrik alan içinde durgun halden serbest bırakılırsa, elektrik alana zıt doğrultuda ivmelenir.

Şimdi, düzgün bir elektrik alan içinde, herhangi bir nokta arasında hareket eden bit yüklü parçacığın daha genel durumunu inceleyelim. A ve B noktaları arasındaki yer değiştirme vektörü $\vec{d}$ ile gösterilirse, Eşitlik den

$$\Delta V = -\int_A^B \vec{E}.d\vec{s} = -\vec{E}\int_A^B d\vec{s} = -Ed \quad (8)$$

elde edilir. Buradan da ***E*** sabit olduğundan integralin dışına çıkardık. Ayrıca yükün potansiyel enerjisindeki değişme;

$$\Delta U = q_0 \Delta V = -q_0 \vec{E}.\vec{d} \quad (9)$$

olur.

Son olarak bu sonuçlar, düzgün bir elektrik alanı dik olan düzlem üzerindeki bütün noktaların aynı potansiyelde olduğunu göstermektedir.

Aynı potansiyele sahip olan noktaların sürekli dağılımlarının oluşturduğu herhangi bir yüzeye eşpotansiyel yüzey adı verilir.

$\Delta U = q_0 \Delta V$, olduğundan bir deneme yükünün bir eşpotansiyel yüzey üzerinde herhangi iki nokta arasındaki hareketinde hiçbir iş yapılmayacağına dikkat ediniz. Düzgün bir elektrik alanının eşpotansiyel yüzeyleri, tümü bu alana dik olan düzlem ailesinden ibarettir.

$\vec{E}$ elektrik alanı ve V potansiyeli (5), eşitliği ile birbirlerine bağlıdır. Her iki nicelik, belirli bir yük dağılımı ile tayin edilir. Şimdi, belirli bir bölgede elektriksel potansiyel biliniyorsa, elektrik alanın nasıl hesaplanacağını göreceğiz. Göreceğimiz üzere, elektrik alan, basitce elektriksel potansiyelin türevinin negatifidir.

(5) Eşitliğine göre, aralarında *ds* uzaklığı bulunan iki nokta arasındaki potansiyel farkını

$$dV = -\vec{E}.d\vec{s} \qquad (10)$$

olarak ifade edebiliriz. Elektrik alanın yalnızca *E* bileşeni varsa, o zaman $E_x dx = Eds$ veya,

$$E_x = -\frac{dV}{dx} \qquad (11)$$

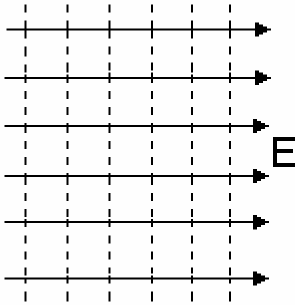
bulunur. Yani elektrik alan, bir koordinata göre potansiyelin türevinin negatifine eşittir.

Elektrik alana dik herhangi bir yer değiştirme için potansiyel değişimin sıfır olacağına dikkat ediniz. Bu durum, Şekil 4. deki gibi elektrik alana dik olan eşpotansiyel yüzeyler kavramı ile uyumludur.

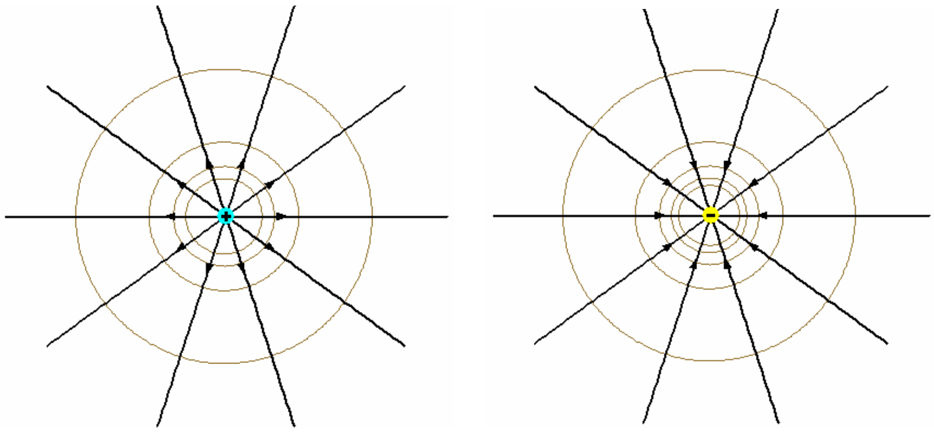
Yük dağılımı küresel simetriye sahipse, yani yük yoğunluğu yalnızca radyal uzaklığına bağlı ise, o zaman elektrik alan da radyal olur. Bu durumda $\vec{E}.d\vec{s} = \vec{E}.d\vec{r}$ biçiminde ifade edebiliriz. Bu nedenle,

$$E_x = -\frac{dV}{dr} \qquad (12)$$

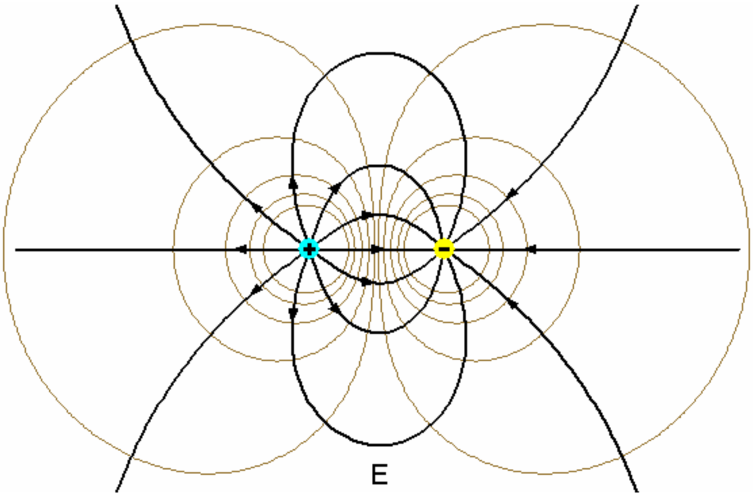
potansiyeldeki değişmenin *r* ye dik doğrultuda değil, saatlerce radyal doğrultuda olduğuna dikkat ediniz.



Şekil 3. Paralel bir elektrik alana ait eşpotansiyel yüzey çizgileri (kesikli çizgiler)



Şekil 4. Pozitif (sol) ve negatif (sağ) elektrik yüklerine ait eşpotansiyel çizgileri (açık renkli dairesel çizgiler)



Şekil 5. Çift kutuplu (dipol) bir sisteme ait eşpotansiyel çizgileri (açık renkli dairesel çizgiler)

Böylece V, (E gibi) yalnızca r'nin fonksiyonudur. Bu da yine, *eşpotansiyel yüzeylerin elektrik alan çizgilerine dik olduğu* fikri ile uyumludur. Bu durumda eşpotansiyel yüzeyler küresel yük dağılımına sahip sistemler için aynı merkezli küre aileleridir (Şekil 4). Bir çift kutuplu sistemlerin (dipol) eşpotansiyel yüzeyleri Şekil 5' de gösterilmiştir.

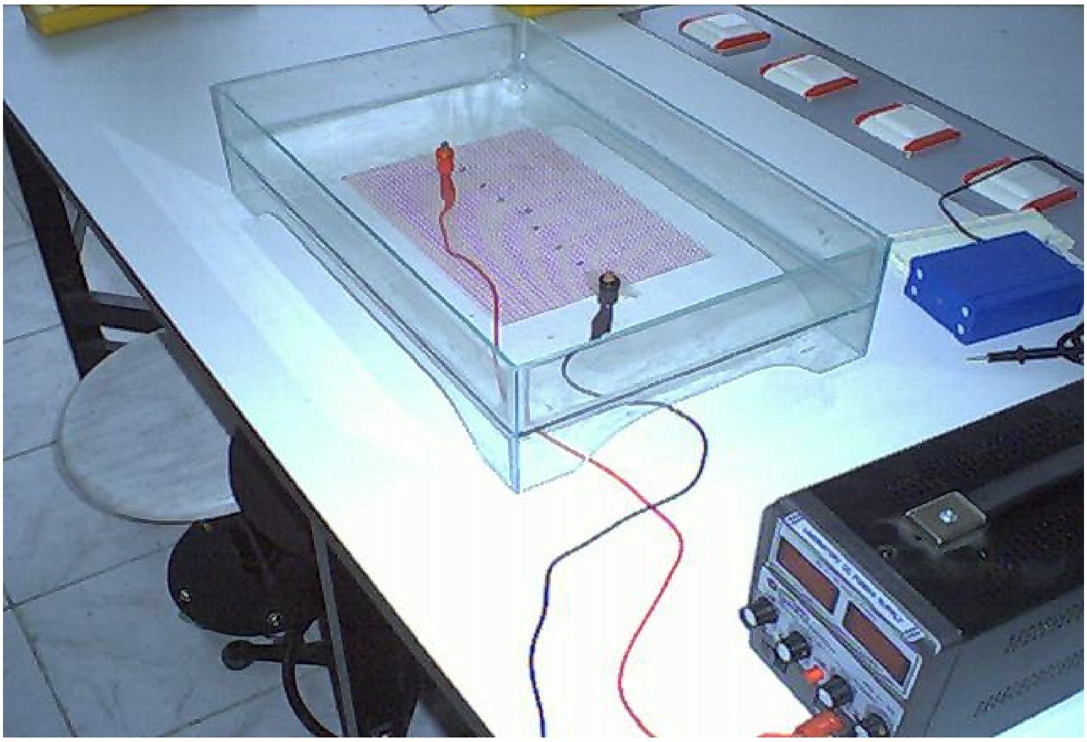
Herhangi bir eşpotansiyel yüzey içinde bulunan bir deneme yükü $d\vec{s}$ vektörü kadar yer değiştirirse, bu bağıntıdan $dV = -\vec{E}.d\vec{s} = 0$ olur. Bu durum eşpotansiyel yüzeylerin her zaman elektrik alan çizgilerine dik olduğu gösterir.

Kullanılan Aletler:

1. Akvaryum düzeneği
2. Güç kaynağı (probları ve elektrik kablosu ile beraber)
3. AVOmetre (probları ile beraber)

Deneyin Yapılışı:

1. Deneye başlamadan önce akvaryumu ve probları temizleyiniz. Ölçümler AVOmetre kullanılacaktır. Dijital AVOmetreyi DC gerilim ölçme modunda 20V kademesine ayarlayın. (İhtiyaç duyuldukça daha ince ayarlar yapılabilir.)



Şekil 6. Deney düzeneği

Akvaryumu asla sallamayın! Kablolarını çekmeyin aksi taktirde deney aletlerine zarar verirsiniz.

2. Akvaryuma zayıf asit solüsyonunu (tuzlu su), akvaryumu kaplayacak şekilde ve tabandan 2 cm lik derinliğe ulaşıncaya kadar koyunuz

3. Unutmayın problar solüsyonun altında ve her zaman aynı pozisyon da sabitlenmiştir. DC Güç kaynağını 5 V olarak ayarlayın. Akvaryumun alt kısmında bulunan grafik kağıdını bir koordinat ekseni olarak düşünün (x ve y koordinatlı- O noktasını koordinat başlangıcı olan) x ekseni boyunca 6 tane referans noktası alın (A, B, C, D, E ve F).

Güç kaynağında **COARSE** düğmesi kaba ayarlar, **FINE** düğmesi ise ince ayarlar için kullanılır.

4. A noktasına, AVOmetrenin kablolarının ucunun birini yerleştirin ve sabitleyin. Diğer ucu akvaryumda her hangi bir noktaya koyun ve onu A noktasıyla aynı potansiyele sahip noktaları bulmak için kullanın 4'ü x ekseni üzerinde ve 4'ü x ekseni altında olmak üzere 8 nokta bulun ve aşağıda verilen tabloyu doldurunuz. Bu işlemi her referans noktası tekrarlayınız.

AVOmetrenin uçlarındaki tellerin bulunduğu noktalarr aynı potansiyeldeyken AVOmetre '0' gösterir.

5. Grafik kağıdınıza (belirlediğiniz x ve y eksenlerine ve referans noktalarına göre) değerleri yerleştirin.

6. Eşpotansiyel hatlarını çizin. Herhangi bir noktadaki eşpotansiyel çizginin bu noktadaki elektrik alan ile doğru açıda olması özelliğini kullanarak problar arasındaki elektrik alan çizgilerini çizin.

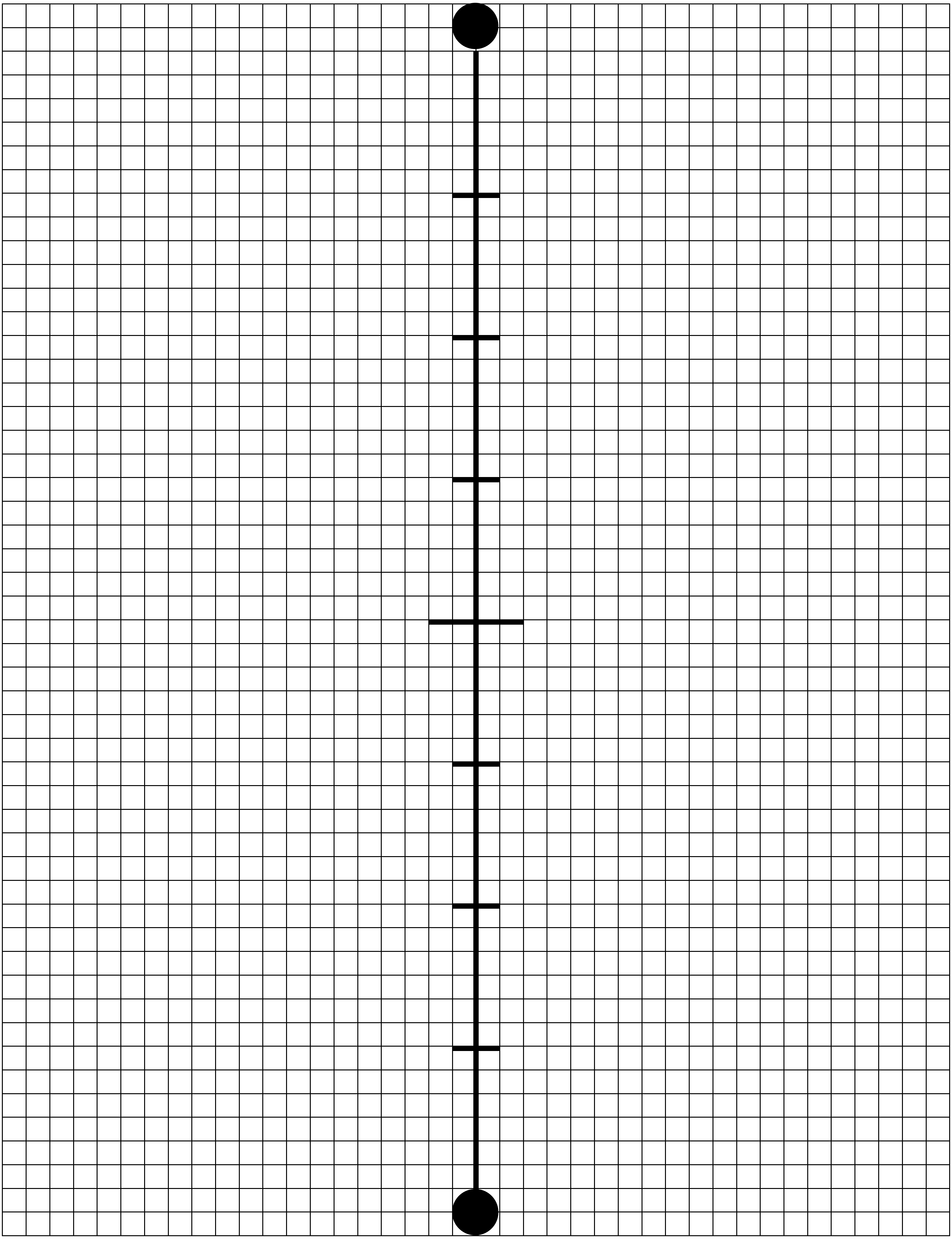
Ref. Nok.	1	2	3	4	5	6	7	8
A	(…..,…..)	(…..,…..)	(…..,…..)	(…..,…..)	(…..,…..)	(…..,…..)	(…..,…..)	(…..,…..)
B	(…..,…..)	(…..,…..)	(…..,…..)	(…..,…..)	(…..,…..)	(…..,…..)	(…..,…..)	(…..,…..)
C	(…..,…..)	(…..,…..)	(…..,…..)	(…..,…..)	(…..,…..)	(…..,…..)	(…..,…..)	(…..,…..)
D	(…..,…..)	(…..,…..)	(…..,…..)	(…..,…..)	(…..,…..)	(…..,…..)	(…..,…..)	(…..,…..)
E	(…..,…..)	(…..,…..)	(…..,…..)	(…..,…..)	(…..,…..)	(…..,…..)	(…..,…..)	(…..,…..)
F	(…..,…..)	(…..,…..)	(…..,…..)	(…..,…..)	(…..,…..)	(…..,…..)	(…..,…..)	(…..,…..)

Tablo 1. Eşpotansiyel noktaların koordinatları

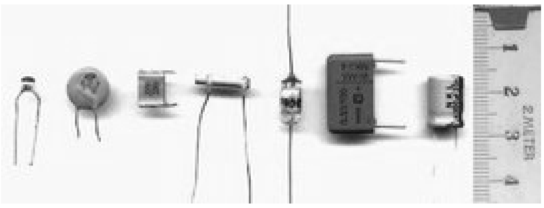
Sorular

1. Elektrik alan çizgileri ile eşpotansiyel çizgileri, birbirine dik olmak yerine paralel olsa idi herhangi bir q yükünü eşpotansiyel çizgileri üzerinde taşımak için fiziksel anlamda bir iş yapılır mıydı?. Neden?

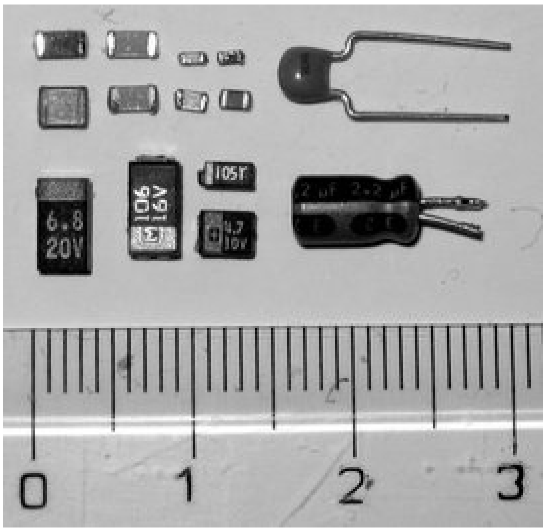
2. Elektrik alan çizgileri birbirine paralel olsa eşpotansiyel çizgileri nasıl oluşurdu?



3. DENEY
KAPASİTÖRLER VE DC DEVRELERİNDE BAĞLANTI BİÇİMLERİ



Çeşitli kapasitör örnekleri



SMD kapasitörler: Alt kısımda elektrolitikler, onların üstünde de seramikler; "klasik" seramik ve elektrolitik kapasitörler karşılaştırma için sağ kısma konulmuştur

Deneyin Amacı:

- Kapasitörlerin bağlantı biçimlerinin uygulanması
- Kapasitörlerin seri ve paralel bağlantılarda akım(I)-gerilim(V)-sığa(C) değerlerinin gözlenmesi.

Teorik Bilgi:

Üzerlerinde eşit fakat zıt elektrik yükünün yer aldığı bir çift iletkenin arasındaki elektrik alanın ürettiği enerjiyi depolayan aygıta ***kapasitör*** denir. Kapasitör bazen eski bir terim olan ***kondansatör*** olarak da kullanılır.

Tarihçe

Tahminen M.Ö. 600'de, Milet'li Thales'in yazdığına göre, Antik Yunanlılar miller üzerinde kehribar toplarını ovalayarak kıvılcımlar üretebiliyorlardı. Buna, bir dilektrik içinde yüklerin mekanik ayrışması yani, **triboelektrik etki** denir. Bu etki kapasitörün temelidir.

Ekim 1745'te, Pomerania'lı **Ewald Georg von Kleist** kayıtlara geçen ilk kapasitörü icat etti: İçi ve dışı metal ile kaplanmış cam kavanoz. İ ç kaplama, kapaktan geçen ve metal bir küre içinde biten bir çubuğa bağlanmıştı. Yalıtkanı iki metal plaka arasına döşeyerek, von Kleist dahiane bir şekilde yük yoğunluğunu yükseltti.

Kleist'in keşfinin geniş ölçekte bilinmesinden önce, bundan bağımsız olarak Alman fizikçi **Pieter van Musschenbroek** Ocak 1746'da çok benzer bir kapasitör icat etti. van Musschenbroek'un çalıştığı yer olan Leyden Üniversitesinden dolayı buna **Leyden kavanozu** adı verildi.

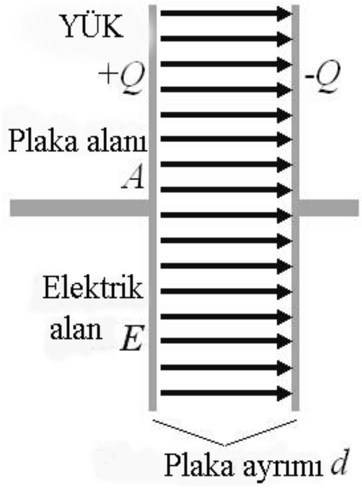
Benjamin Franklin Leyden kavanozunu soruşturdu ve diğerlerinin varsaydığı gibi yükün suyun içinde değil, camın üstünde depolandığını kanıtladı. Aslında kapasitansın birimi 'kavanoz' idi. Bir kavanoz yaklaşık olarak 1 nF.

Kapasitörler önceleri halen günümüzde de bazen kullanılan *kondansatörler* olarak da bilinirdi. Bu isim **Volta** tarafından 1782'de (İtalyanca *condensatore*'den türetilmiş), aygıtın normal bir yalıtılmış iletkenden daha fazla yoğunluklu elektrik yükü depolayabilmesi yeteneğine binayen konulmuştur. İngilizce kökenli olmayan birçok dilde hala "condensatore" den türetilmiş kelimeler kullanılmaktadır. Mesela Fransızca *condensateur* veya Almanca *kondensator* gibi.

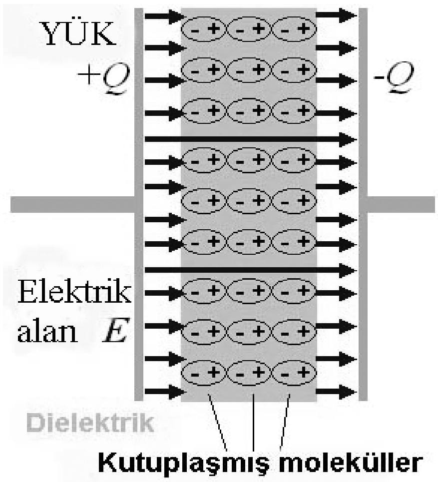
Yüksek voltajlı (15 **kV** AC) kapasitör

Genel Bakış

Bir kapasitör, herbiri karşıt yük içeren iki elektrot veya plaka içerir. Bu iki plaka iletkendir ve bir yalıtkan veya *dielektrik* ile ayrılmıştır. Yük plakaların yüzeyinde, dielektrik ile kesiştiği sınırda depolanır. Her bir plaka eşit fakat zıt yük depoladığı için kapasitördeki *toplam* yük daima sıfırdır.



Elektrik yükü plakalarda birikmeye başladığı zaman plakalar arası bölgede, birikmiş yük miktarına orantılı olarak bir *elektrik alan* oluşur. Bu elektrik alan, bu basit paralel-plakalı kapasitörün plakaları arasında bir potansiyel fark $V = E{\cdot}d$ oluşturur.



Molekülün içerisindeki elektronlar molekülü, pozitif yüklü sol plakaya doğru taşır veya yönlendirir. Bu işlem karşıt elektrik alan yaratır ki bu da, plakalar tarafından yaratılan alanı kısmen yok eder. (Hava boşluğu net görülmesi bakımından gösterilmiştir;gerçek bir kapasitörde, dielektrik plakalarla doğrudan etkileşim halindedir.)

Sığa (Capacitance)

Kapasitörün **sığası**(C), uygulanan ve plakalar arasında görülen bir **potansiyel farka** veya **gerilime** (V) bağlı olarak her bir plaka üzerinde depolanan **yük** (Q) miktarının ölçüsüdür:

$$\mathbf{C = \frac{Q}{V}} \tag{1}$$

SI birim sistemine göre bir kapasitör, bir coulomb'luk yük plakalar arasında bir volt'luk bir potansiyel fark oluşturduğunda, bir farad'lık bir sığa içerir. Farad çok büyük bir birim olduğu için, kapasitör değerleri genellikle mikrofarad (µF), nanofarad (nF) veya pikofarad (pF) cinsinden ifade edilir.

Sığa iletken plakanın yüzey alanı ile doğru, plakalar arası mesafe ile ters orantılıdır. Aynı zamanda plakaları ayıran dielektrik maddenin **geçirgenliği**(permittivity) ile de doğru orantılıdır.

Paralel-plakalı kapasitörün sığası aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$\mathbf{C = \frac{\varepsilon A}{d} \quad ; \; A >> d^2} \tag{2}$$

ε dielektriğin geçirgenliği, *A* plaka alanı ve *d* aralarındaki boşluktur.

Farad

Farad (F) sığanın SI birimindeki karşılığıdır. **Michael Faraday**'dan sonra bu ismi almıştır. Bir **kapasitör**, depolanan bir **coulomb**'luk **yük** kutuplar üzerinde bir **volt**'luk bir **potansiyel fark**a neden olduğunda, bir farad değerini alır. SI temel birimlerine göre karşılığı:

$$\mathbf{F = CV^{-1} = m^{-2}kg^{-1}s^{4}A^{2}}$$

SI çarpanları

Çarpan	İsim	Sembol
10^0	**Farad**	F
10^1	Decafarad	daF
10^2	Hectofarad	hF
10^3	Kilofarad	kF
10^6	Megafarad	MF
10^9	Gigafarad	GF
10^{12}	Terafarad	TF
10^{15}	Petafarad	PF
10^{18}	Exafarad	EF
10^{21}	Zettafarad	ZF
10^{24}	Yottafarad	YF

Çarpan	İsim	Sembol
10^{-1}	decifarad	dF
10^{-2}	centifarad	cF
10^{-3}	millifarad	mF
10^{-6}	microfarad	µF
10^{-9}	nanofarad	nF
10^{-12}	picofarad	pF
10^{-15}	femtofarad	fF
10^{-18}	attofarad	aF
10^{-21}	zeptofarad	zF
10^{-24}	yoctofarad	yF

Not

Farad çok büyük bir birim olduğu için kapasitör değerleri genellikle mikrofarad (µF), nanofarad (nF) veya pikofarad (pF) mertebesindedir. Pikofarad laboratuar dilinde mizahi bir yaklaşımla "puff"olarak da kullanılır. Uygulamada millifarad nadiren kullanılır ve bu yüzden mesela 4.7×10^{-3} F genellikle 4700 μF şeklinde yazılır. Entegre devrelerinde kullanılanlar gibi çok küçük sığa değerleri femtofarad cinsinden de ifade edilebilir, bir femtofarad 1×10-15 F'dir. Yeni teknoloji, Superkapasitörler olarak adlandırılan kilofarad mertebesinden aygıtlar sunmaktadır.

Kapasitörlerin Uygulamaları

Kapasitörlerin elektronikte ve elektriksel sistemlerde oldukça çok kullanım biçimi vardır.

Enerji depolama

Kapasitör, şarj devresinden bağlantısı kesildiğinde elektrik enerjisini depolayabilir ve böylece geçici batarya gibi kullanılabilir. Son dönemlerde ticari bakımdan bir farad'a yakın değerde kapasitörlerin sağlanabilimesi, bu tür bileşenlerle elektronik aygıtlarda hafıza kaybı olmaksızın batarya değiştirilebilmesini olanaklı kılmıştır. Örnek olarak veya sıradışı uç talepler esnasında iletimin sağlanması için enerji depolamak üzere şimdilerde görülen aşırı güçlü araç ses sistemlerinde sıklıkla bulunur.

Ayarlı devreler

Kapasitörler ve indüktörler, belirli bir frekans bandındaki bilgiyi seçmek üzere **ayarlı devreler**de birlikte uygulanırlar. Örneğin radyo alıcıları, istasyon frekansını ayarlayabilmek için değişken kapasitörler üzerine kurulurlar. Hoparlörler pasif analog crossover'lar kullanırlar ve analog ekolayzerler ise değişik ses bantları seçebilmek için kapasitör kullanırlar.

Güç çevirici uygulamaları

Kapasitörler sabit bir fiziksel düzenek olarak algılandığı halde ve elektriksel gerilimin akımın kulanım çeşitliliği bakımından, sabit bir elektriksel kaynaklı **dielektriğin** fiziksel ve/veya elektriksel karakteristiğindeki değişimlerin etkisi de kullanışlı olabilir. Açık ve gözenekli dielektriği olan kapasitörler havadaki nem oranını ölçmek için kullanılabilirler. Esnek plakalı kapasitörler gerginlik veya basınç ölçmek için kullanılabilirler. Kapasitörler, sabit pozisyonlu birinci plakaya karşılık hava basıncı ile hareket eden ikinci plaka prensibine göre çalışan yoğuşmalı mikrofonlarda (**condenser microphones**) güç çevirici olarak kullanılırlar.

Silahlarda uygulamalar

Kapasitörün bir gizli askeri uygulaması **EMP** silahlarında bulunur. Dilektrik için plastik patlayıcı kullanılır. Kapasitör şarj edilir ve patlayıcı patlatılır. Kapasitans küçülür fakat plakalar üzerindeki yük aynı kalır. Bu, birkaç kilometrelik alanda korumasız halde bulunan elektronik mekanizmaları çökertebilen yüksek-enerjili elektromanyetik şok dalgası yaratabilir. Bununla ilgili olarak patlayarak pompalama yapan akı sıkıştırma üreteçlerine(**Explosively pumped flux compression generator**) bakabilirsiniz.

Büyük yüksek-gerilimli düşük-endüktanslı kapasitörler, patlayıcı köprühalat kapsülleri(**exploding-bridgewire detonators**) için veya nükleer silahlardaki tokatlayıcı kapsüller (**slapper detonators**) ve diğer özellikli silahlar için enerji kaynağı olarak kullanılırlar ve ayrıca bobinsilahı veya raylısilah(**railguns , coilguns)** gibi elektromanyetik silahlarda güç kaynağı olarak da kullanılırlar.

Kapasitörlerin tehlikeleri ve güvenlik

Kapasitörler güç devreden kesildikten çok sonra dahi yük taşıyabilirler; bu yük şoklara(elektrikle ölüme<**electrocution**> kadar varan şoklara) neden olabilir veya bağlandığı cihazlara zarar verebilir. Geniş veya yüksek gerilimli kapasitör, içinde bulunduğu cihazda çalıştırılmadan önce düzgün olarak boşaltılmasını sağlama almak için dikkat elden bırakılmamalıdır. Güvenlik amaçlı olarak bütün geniş kapasitörler ellenmeden önce boşaltılmalıdır. Kademeli pano kapasitörler için bu işlem, sızıntı akımı devreyi etkilemeyecek kadar rezistansı geniş fakat güç kesildiken sonra kapasitörü kısaca boşaltmaya yetecek kadar küçük bir **tahliye direnci** kutuplar üzerine yerleştirilerek yapılır. Yüksek gerilimli kapasitörler depolanmış herhangi bir yükü yok etmek için kutupları kısadevre edilmiş şekilde depolanmalıdırlar.

DC kaynaklı devrelerde kapasitör.

Elektronlar kapasitörün bir plakasından diğerine dielektrik üzerinden doğrudan geçemez. Kapasitör üzerinde bir akım olduğunda elektronlar bir plaka üzerinde birikir ve aynı zamanda diğer plakadan uzaklaştırılır. Kapasitör bütün süreç boyunca nötr olduğu halde bu işlem yaygın bir biçimde kapasitörün 'yüklenmesi' olarak adlandırılır. Aslında, kapasitör üzerindeki akım elektrik yükünün birikmesinden daha çok dağılım esnasında oluşur. Bu yük dağılımı, plakalar üzerindeki gerilime bir yükseliş vererek kapasitörün plakaları arasında gelişmek üzere bir elektrik alana neden olur. Bu V gerilimi doğrudan ayrışan yük miktarı Q’ya orantılıdır. Fakat Q sadece kapasitör üzerindeki I akımının zaman integralidir. Bu matematiksel olarak şöyle ifade edilir:

$$\mathbf{I = \frac{dQ}{dt} = C\frac{dV}{dt}}$$

Burada klasik yönde akış gösteren akım **amper** olarak ölçülür. dV/dt gerilimin zamana göre türevidir, volt / saniye olarak ölçülür. C farad cinsinden sığadır.

Sabit gerilim kaynaklı(DC) devreler için, kapasitör üzerinden akan akım sabit olmaz gitgide azalır. Kapasitör üzrindeki potansiyel kaynak potansiyeline eşit olduğu zaman üzerinden herhangi bir akım geçmez. Bu sebepten dolayı, yaygın olarak kapasitörlerin DC akım kesici olduğu söylenir.

Depolanan enerji

Yüklü bir kapasitörün potansiyel enerjisi, plakaları arasında depolanan elektrik alan olarak ifade edilebilir.

q’ kadar bir yükün bir plakdan alınıp diğerine taşındığı kabul edilsin. Plakalar arasındaki *V’* potansiyel farkı *C / q’*. Eğer *dq’* kadarlık fazladan bir yük bir plakadan diğerine taşınmak istenirse yapılması gereken iş;

$$dW = V'dq' = \frac{q'}{C}dq' \tag{3}$$

olacaktır. Bütün yükü taşımak için gerekli olan iş eşitlik 4'deki gibidir.

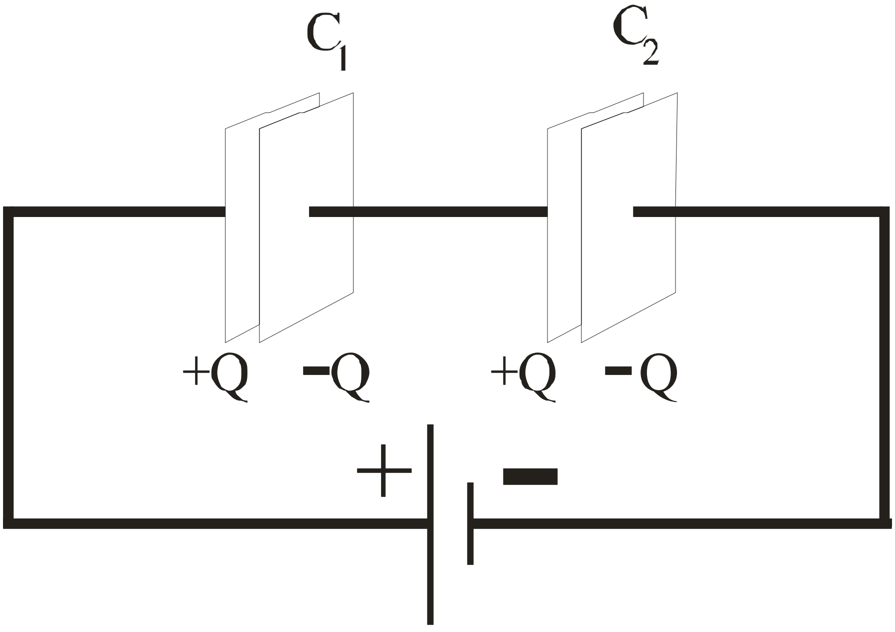
$$W = \int dW = \frac{1}{C}\int_0^q q'dq' = \frac{q^2}{2C} \tag{4}$$

Eşitlik 4 aşağıdaki gibi de yazılabilir.

$$\mathbf{E_{STRORED} = \frac{1}{2}CV^2} \tag{5}$$

V kapasitör üzerindeki gerilimdir.

Kapasitörlerin Seri Bağlanması



Yukarıdaki şekil yardımıyla seri devrede kapasitörlerin nasıl davrandıklarını anlamaya çalışalım.1. kapasitörün sol plakasıyla 2. kapasitörün sağ plakası bataryanın kutuplarına bağlanmıştır. Diğer iki plaka sadece birbirlerine bağlanmışlardır ve bir yalıtılmış iletken durumundadırlar.böylece yüklenmemiş ve sıfır net yüke sahip kalırlar. Bu bağlantıyı analiz etmek için, yüklü olmayan kapasitörler olduğunu göz önünde bulunduralım ve devreye bir batarya bağlandığında ne olacağını takip edelim.

Batarya bağlandığında elektronlar, $\mathbf{C_1}$'in sol plakasından $\mathbf{C_2}$'nin sağ plakasına transfer olurlar. Bu negatif yük $\mathbf{C_2}$'nin sağ plakasında birikirken buna karşılık aynı miktarda negatif yük $\mathbf{C_2}$'nin sol plakasından uzaklaştırılır ve bu yüzden $\mathbf{C_2}$'nin sol plakası aşırı miktarda pozitif yükle yüklenmiş olur. Bu uzaklaştırılan negatif yük, bağlantı kablosu üzerinden **C_1**'in sağ plakası üzerinde birikir. Sonuç olarak, bütün sağ plakalar –Q yükü ile dolarken bütün sol plakalar +Q yükü ile dolarlar. Bu nedenle, seri bağlanan kapasitörler üzerindeki yükler her zaman aynıdır.

Bir kapasitör üzerinde biriken yükü, sığa tanımında verdiğimiz C = Q / V eşitliğinden faydalanarak su şekilde yazabiliriz:

$$\mathbf{Q_1 = V_1C_1}$$
$$\mathbf{Q_2 = V_2C_2}$$
|
|
$$Q_n = \mathbf{V_nC_n}$$

İki kapasitör için değerlendirdiğimizde(aynı şekilde uygulamada kurulan devre de iki kapasitörlü sisteme göre çizilmiştir), $Q_1 = Q_2$ olduğuna göre şu denkleme ulaşabiliriz:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{C_2}{C_1}$$

V_1 ve V_2 değerlerini teorik olarak hesaplarken, bu denklem yardımıyla (C_1 ve C_2 değerleri bilinebildiği için) V_1 / V_2 oranına ulaşabiliriz. Bununla birlikte V_{toplam} bilindiği için V_1 ve V_2 değerlerini orantı yöntemiyle bulabiliriz.

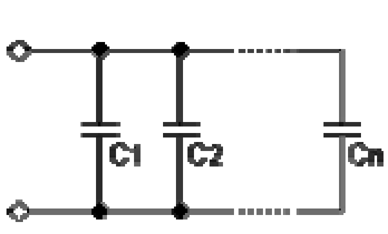
Seri devrelerde kapasitörlerin toplam kapasitansı bireysel kapasitanslarının çarpmaya göre terslerinin (Reciprocal) toplamına eşittir.

$$\frac{1}{C_{TOPLAM}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \ldots \quad , \quad \mathbf{V_{TOPLAM} = V_1 + V_2 + V_3 + \ldots + V_n}$$

Kapasitörlerin Paralel Bağlanması

Paralel devrelerde bütün bileşenler üzerindeki gerilim aynıdır.

Paralelde kapasitörlerin toplam sığaları bireysel sığalarının toplamına eşittir:



$$C_{TOPLAM} = C_1 + C_2 + C_3 + \ldots \quad , \quad \mathbf{V_{KAYNAK} = V_1 = V_2 = V_3 = \ldots = V_N}$$

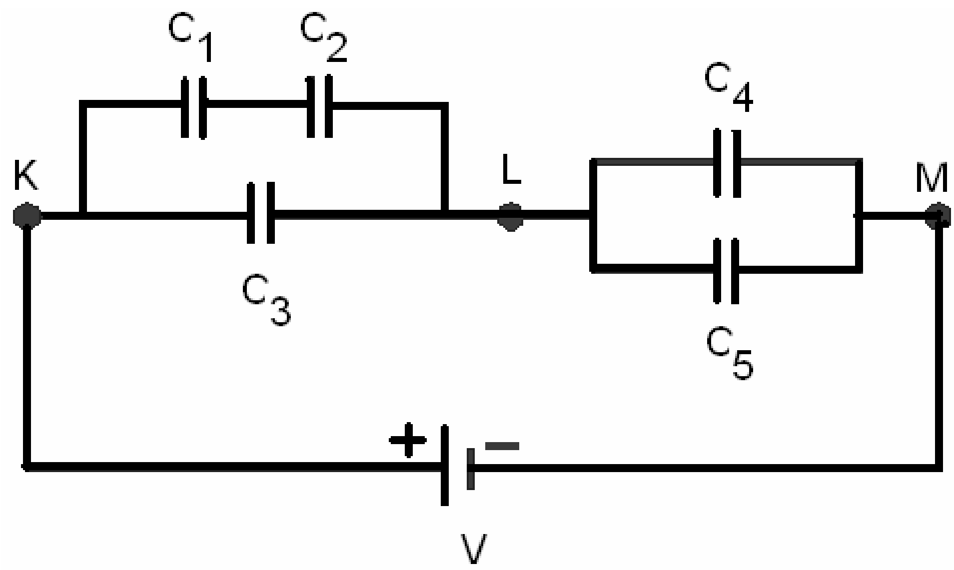
Deney

Kullanılan Aletler:

- Devre Kurma Düzeneği
- Ayarlı Güç Kaynağı
- AVO Metre
- Değişik değerlerde kapasitörler

İşlem Basamakları:

1. Aşağıdaki devreyi seçtiğiniz kapasitörlerin teorik ve pratik değerlerini tablo-1'e not ederek kurunuz.



2. Kurulan devreyi kontrol ettirdikten sonra 6V gerilim uygulayınız.
3. KM arası gerilimi(V_{KM}) ve sığayı(C_{KM}) **ölçüp** Tablo-2'de ilgili yere kaydediniz. Aynı şekilde $Q_{KM} = V_{KM}C_{KM}$ eşitliğinden faydalanarak Q_{KM} **pratik** değerlerini Tablo-2'ye kaydediniz.
4. KM arası gerilimi(V_{KM}) ve sığayı(C_{KM}) **hesaplayıp** Tablo-2'de ilgili yere kaydediniz. Aynı şekilde $Q_{KM} = V_{KM}C_{KM}$ eşitliğinden faydalanarak Q_{KM} **teorik** değerlerini Tablo-2'de ilgili yere kaydediniz.

NOT:

KM arası gerilimin **teorik** değeri güç kaynağından uygulanan değerdir. KM arası sığanın **teorik** değerini ise Tablo-1'deki teorik değerlerle hesaplayınız.

5. KL arasındaki gerilimi(V_{KL}) ve sığayı(C_{KL}) **ölçüp** Tablo-2'de ilgili yerlere kaydediniz. Aynı şekilde $Q_{KL} = V_{KL}C_{KL}$ eşitliğinden faydalanarak Q_{KL} **pratik** değerlerini Tablo-2'de ilgili yere kaydediniz.
6. LM arasındaki gerilimi(V_{LM}) ve sığayı(C_{LM}) **ölçüp** Tablo-2'de ilgili yerlere Tablo-2'de ilgili yere kaydediniz. Aynı şekilde $Q_{LM} = V_{LM}C_{LM}$ eşitliğinden faydalanarak Q_{LM} **pratik** değerlerini Tablo-2'de ilgili yere kaydediniz.

7. KL ve LM arası sığaların **teorik** değerlerini Tablo-1'den yararlanarak **hesaplayıp** Tablo-2'de ilgili yere kaydediniz.
8. KL ve LM arasındaki gerilimlerin teorik değerlerini aşağıdaki eşitliklerle hesaplayınız.

$$\frac{V_{KL}}{V_{LM}} = \frac{C_{LM}}{C_{KL}} \quad , \quad V_{KM} = V_{KL} + V_{LM}$$

NOT:

KL ve LM arası **teorik** eşdeğer yük(Q) değerleri 5. ve 6. basamaklardaki değerlerdir.

9. 2.-8. basamaklar arasındaki işlemleri 9, 12, 15, 18 volt değerleri için tekrarlayınız.
10. KL'ye ait verileri kullanarak aynı grafik kağıdı üzerine hem **teorik** hem de **pratik** değerler için Q-V grafiğini çiziniz.

SORULAR:

1. Grafiğin eğimini **teorik** ve **pratik** değerler için hesaplayınız. Eğim neyi ifade etmektedir?
2. Eğrinin altında kalan alanı hesaplayınız. Sizce alan neyi vermektedir?
3. Sizce neden buraya kadar hiç akımdan bahsetmedik?

Tablo-1

	TEORİK	PRATİK	% HATA $\left(\left(\frac{\text{Teorik-Pratik}}{\text{Teorik}}\right)\text{x}100\right)$
C_1			
C_2			
C_3			
C_4			
C_5			

Tablo-2

					KL			LM		
		V_{KM} (V)	C_{KM} (F)	Q_{KM} (C)	V_{KL} (V)	C_{KL} (F)	Q_{KL} (C)	V_{LM} (V)	C_{LM} (F)	Q_{LM} (C)
PRATİK	Ölçüm-1									
	Ölçüm-2									
	Ölçüm-3									
	Ölçüm-4									
	Ölçüm-5									
TEORİK	Teorik-1									
	Teorik-2									
	Teorik-3									
	Teorik-4									
	Teorik-5									

4. DENEY
KONDANSATÖRÜN YÜKLENMESİ ve BOŞALTILMASI DENEYİ (DİRENÇ – KAPASİTÖR AĞI)

Deneyin Amacı:

Önceden yüksüz olan kondansatörün yüklenmesi ve boşaltılması ile kondansatördeki yükün zamana bağlılığını göstermek, seri *RC* devrelerinde akım ve gerilim değerlerinin incelenmesi ve *RC* zaman sabitinin bulunması.

Teorik Bilgi:

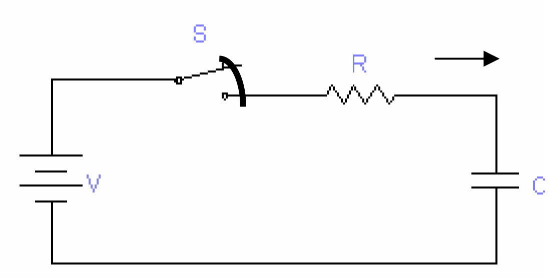
Birbirinden herhangi bir yalıtkanla (hava, kağıt, plastik, vb.) ayrılmış iki yüklü iletken bir *kondansatör* (*sığa*) oluştururlar. Genellikle bu iki iletken $+Q$ ve $-Q$ gibi eşit büyüklüklerde, zıt yüklere sahiptirler ve aralarında mutlak bir potansiyel farkı mevcuttur. Bu potansiyel farkı V ile gösterilir. Eğer her bir iletkendeki yük Q olursa, bu iki iletken arasındaki potansiyel farkı (V) da yük ile orantılı olur. Q ve V değerlerinin ikisinin de mutlak değerleri alındığından değerleri pozitif olur. C değeri orantı sabiti olarak alınırsa, şu ifade elde edilir:

$$Q = CV$$

buradaki C değeri kondansatörün *sığa*sı olarak ifade edilir. Sığanın büyüklüğü iletkenlerin geometrisine ve bu iki iletken arasındaki yalıtkanın özelliğine bağlıdır. Sığanın birimi SI'de *coulomb bölü volt*tur (*C/V*). Bu SI birimi, *Michael Farad*'ın anısına *farad* (*F*) olarak adlandırılmıştır. Farad oldukça büyük bir sığa birimidir. Elektrik devrelerinde kullanılan tipik bir kondansatörün sığası 10^{-12} F (*pF -- pikofarad*) ile 10^{-6} F (*µF -- microfarad*) arasındadır.

Şekil 1'de görüldüğü gibi, *emk*'sı V olan olan bir pil, bir R direnci ve S anahtarı ile bağlanmış bir C kondansatörünü gözönüne alalım. (Kaynağın iç direnci R'ye eklenmiş olsun.)

Başlangıçta kondansatör tamamiyle yüksüz olup, anahtar açık olduğundan devrede akım yoktur. *S* anahtarı kapatıldığında, pil yük taşıyıcılarını kondansatörün bir levhasından diğerine aktarmaya başlar ve devrede bir akım oluşur. Eğer devrede *i* akımı saat yönünde (negatif levhadan pozitif levhaya doğru) ise ;



Şekil 1 : *V gerilimine bağlı olarak yüklenen bir kondansatörün şeması*

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

olup, burada q kondansatörün pozitif levhasındaki *anlık yük*ü göstermektedir. Yani devredeki akım, yükün bir levhadan diğerine taşınma hızına karşılık gelir. Bu yüzden, akım kondansatörün yüklenme hızına eşittir. *Kirchoff Gerilimler Yasası* (*KGY*) devre için uygulandığında potansiyel farkların toplamı,

$$V = \frac{q}{C} + iR$$

olarak bulunur. Bu ifadeyi yeniden düzenlersek,

$$i = \frac{V}{R} - \frac{q}{RC}$$

akım değerini birim zamandaki yük miktarı şeklinde ifade edersek ve akım yerine $i = dq/dt$ ifadesini koyarsak aşağıdaki gibi bir diferansiyel denklem elde ederiz.

$$\frac{dq}{dt} = \frac{V}{R} - \frac{q}{RC}$$

ve bu diferansiyel denklemi çözersek,

$$q = VC\left(1 - e^{-t/RC}\right)$$

olur. Bu çözümü diferansiyel denklemde yerine koyarak kontrol edilebilir. Çözümden de görüleceği gibi,

$t=0$ anında yük miktarı $q_{(0)}=0$ dır ve

$t=\infty$ olduğunda ise yük miktarı $q_{(\infty)}=VC$ 'dir. q'nun zamana göre türevini alırsak,

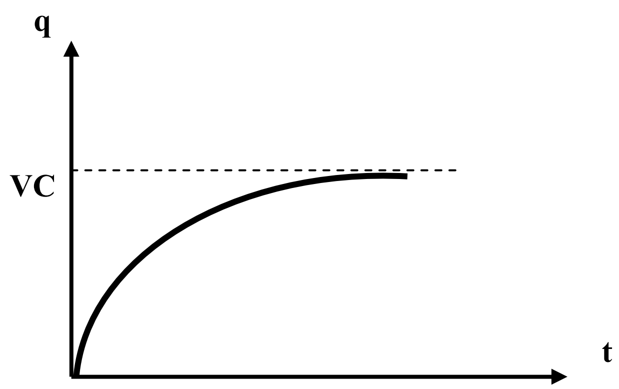
$$\frac{dq}{dt} = i = \frac{V}{Re^{-t/RC}}$$

olur. Bu denklemden görebileceğimiz gibi;

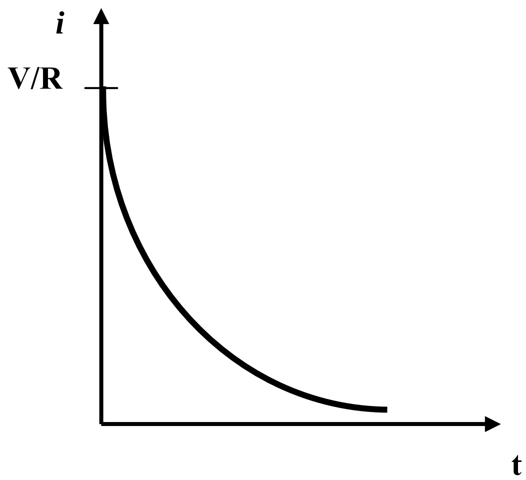
$t=0$ da akım $i = i_0 = V/R$ ve

$t=\infty$ olduğunda akım $i = i_\infty = 0$ olur.

Yükün ve akımın zamana göre değişimi sırasıyla *Şekil 2a* ve *Şekil 2b'*de görülmektedir.



Şekil 2a : *Yüklenmekte olan bir kondansatördeki yükün zamana göre değişimi.*



Şekil 2b : *Yüklenmekte olan bir kondansatördeki akımın zamana göre değişimi.*

RC' nin birimi saniye cinsinden olmalıdır ki *t/RC* ifadesi birimsiz olsun.

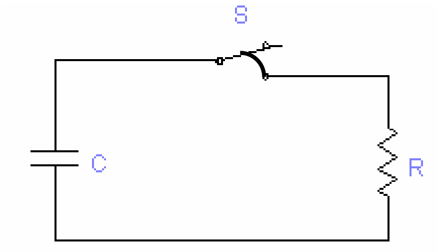
Kondansatörde *t=RC'* lık sürede biriken yükün miktarı ise,

$$q = VC\left(1 - e^{-t/RC}\right) = VC\left(1 - e^{-RC/RC}\right) = VC\left(1 - e^{-1}\right) = VC\left(1 - 0.37\right)$$
$$q = 0.63\,VC$$

olur veya bu da kondansatördeki son yük miktarının 63% 'ü kadardır. Benzer şekilde devredeki yükleme akımı *t=RC* için hesaplanırsa,

$$i = \frac{V}{R\,e^{-t/RC}} = \frac{V}{R\,e^{-RC/RC}} = \frac{V}{R\,e^{-1}} = \frac{V}{R\left(1/e\right)} = 0.37\left(\frac{V}{R}\right)$$

olur ve bu değer devredeki ilk akım değerinin *%37*'si olarak da ifade edilir. ***RC*** çarpımı devrenin *zaman sabiti* olarak ifade edilir.



Şekil 3 : *Kondansatörün boşalması.*

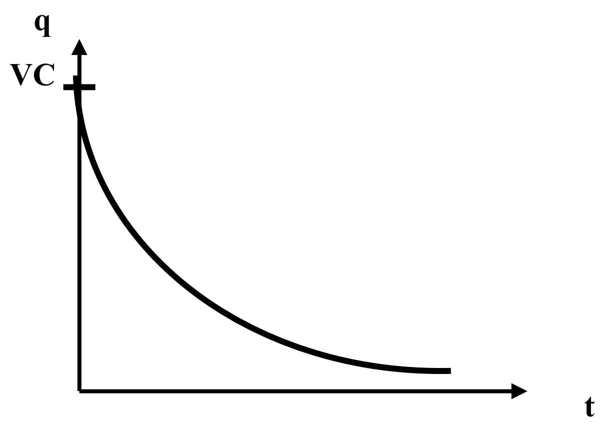
Şekil 3 açık bir anahtarla bir dirence bağlanmış tamamen yüklü bir kondansatörü göstermektedir. *t = 0'* da anahtar kapatılıyor ve kondansatör boşalmaya başlıyor. Bu sırada oluşan akıma *boşalım akımı* denir. Kondansatör üzere düşen gerilim değeri zamanla azalmaktadır. Akım ve yükün zamanla değişimini gösteren ifadeler,

$$q = VC\left(e^{-t/RC}\right)$$

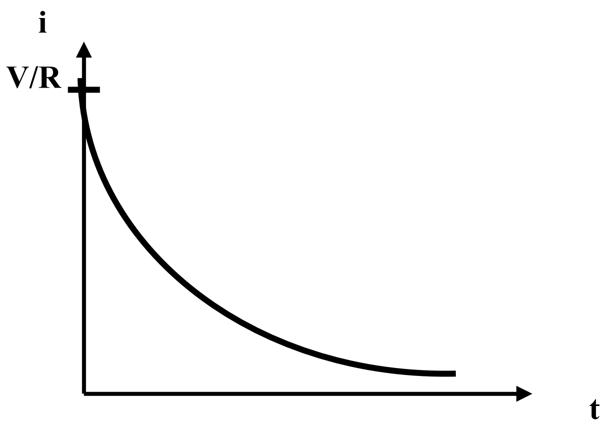
$$i = \left(\frac{V}{R}\right)e^{-t/RC}$$

dir.

Burada *V* değeri kondansatörün uçları arasındaki başlangıç gerilimidir. Kondansatörün boşaltılmasını sırasındaki akım ve yük değerlerini gösteren grafikler *Şekil 4a* ve *Şekil 4b*'de verilmiştir.



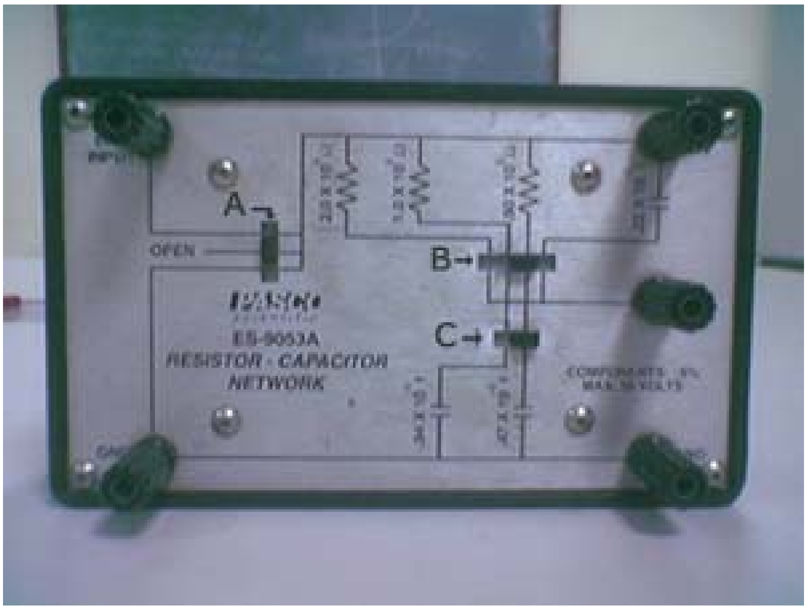
Şekil 4a : *Kondansatör boşalırkenki yük zaman grafiği.*



Şekil 4b : *Kondansatörün boşalırkenki akım zaman grafiği.*

Kullanılan Aletler:

- Pasco ES-9063A Direnç-Kondansatör Ağı
- Ayarlı Güç Kaynağı
- AVO Metre
- Grafik Kağıdı
- Kronometre
- Jaklı Kablo



Şekil-5 : *Pasco ES-9063A Direnç-Kondansatör Ağı.*

Deneyin Yapılışı:

a) Kondansatörün Yüklenmesi:

1. İlk olarak kondansatörü **OUT** ve **GND** çıkışlarına bir kablo bağlayarak topraklayınız. A anahtarını **OPEN** konumuna getiriniz. **EXT INPUT** ve **GND** girişlerine, güç kaynağını 20VDC' a ayarlayarak bağlayanız. Avometre kablolarından kırmızı uçlu olanı **OUT**, siyah uçlu olanı **IN** girişine bağlayarak kondansatör yüklenmesi sırasında direnç gerilimini ($\boldsymbol{V_R}$) ölçeceksiniz.

2. Öğrencilerden biri kronometre tutar, diğeri verileri kaydeder ve diğer öğrenci de deneyi yönetir. Kronometre ile eş zamanlı olarak deneyi yöneten öğrenci A, B, C anahtarlarını 1 konumuna getirerek avometrede okuduğu ilk değeri söyler ve bu veri **Tablo 1**'de ilgili sütuna kaydedilir. Bundan sonra her 5 saniyede bir ölçüm alınıp, bu değerler de **Tablo 1**'e kaydedilir.

3. Belirli bir zaman sonra ölçümleriniz sabit bir değer almaya başladığında kondansatörünüz dolmuş olacaktır.

4. Aynı işlemleri C anahtarı 1 konumundayken B anahtarını sırasıyla 2 ve 3, C düğmesi 2 konumundayken B anahtarını sırasıyla 1, 2 ve 3 konumuna getirerek tekrarlayınız.

5. Tüm işlemler bittikten sonra A anahtarını **OPEN** konumuna getiriniz ve kondansatörü tekrar topraklayınız. Bu defa avometre kablolarından kırmızı uçlu olanı **OUT**, siyah uçlu olanı **GND** girişine bağlayarak kondansatör gerilimini (**V_C**) ölçeceksiniz. 2, 3, 4 işlemlerini tekrarlayarak aldığınız ölçümleri **Tablo 1**'e kaydediniz. B(mT)

> **NOT :**
> a) Kondansatörü doldururken her seferinde **OUT** ve **GND** girişlerinden topraklamayı unutmayınız.
> b) Avometreyi 20VDC skalasında kullanın.

Kondansatörün Yüklenmesi					
R =			**C =**		
t		V_R	i	V_C	q

Tablo 1

b) Kondansatörün Boşalması:

1. Kondansatörü topraklayınız. A,B,C düğmelerini 1 konumuna getiriniz. Kondansatörü 20VDC gerilimiyle yükleyiniz. A anahtarını **OPEN** konumuna aldıktan sonra, avometrenin siyah ucunu **IN** ve kırmızı ucunu **OUT** girişlerine bağlayınız. Bu sayede kondansatörün boşaltılması sırasında V_R değerlerini ölçeceksiniz.

2. Deneyi yöneten öğrenci kronometre ile eş zamanlı olarak A anahtarını 3 numaralı konuma alarak ilk değeri okur ve her 5sn'de bir avometredeki değer **Tablo 2**'de ilgili sütuna kaydedilir.

3. Belirli bir zaman sonra ölçümleriniz sabit bir değer almaya başladığında kondansatörünüz boşalmış olacaktır.

4. Aynı işlemleri C düğmesi 1 konumundayken B anahtarını sırasıyla 2 ve 3, C düğmesi 2 konumundayken B anahtarını sırasıyla 1, 2 ve 3 konumuna getirerek tekrarlayınız.

5. Tüm işlemler bittikten sonra A anahtarını **OPEN** konumuna getiriniz ve kondansatörü tekrar topraklayınız. Bu defa avometre kablolarından kırmızı uçlu olanı **OUT**, siyah uçlu olanı **GND** girişine bağlayarak kondansatör gerilimini V_C ölçeceksiniz. 2, 3, 4 işlemlerini tekrarlayarak aldığınız ölçümleri **Tablo 2**'ye kaydediniz.

NOT:

c) Kondansatörü doldururken her seferinde **OUT** ve **GND** girişlerinden topraklamayı unutmayınız.

d) Avometreyi 20VDC skalasında kullanın.

Kondansatörün Boşalması					
R =			**C =**		
t		V_R	i	V_C	q

Tablo 2

Sorular:

1. Güç kaynağından 20VDC gerilimi verdiğimizde kondansatör üzerinde en fazla hangi voltaj değeri okunur. Bu değer 20VDC ile aynı değerde midir? Değilse sebebini yorumlayınız.

2. Kondansatör yüklenirken ya da boşalırken kullandığınız farklı direnç değerlerinin sonuçlarınız üzerindeki etkisini yorumlayınız.

3. Her *direnç-kondansatör* devresi için aldığımız değerlere karşılık $q_{(t)}$ ve $i_{(t)}$ değerlerini hesaplayınız, t-$q_{(t)}$ ve t-$i_{(t)}$ grafiklerini çiziniz. Elde ettiğiniz grafikleri yorumlayınız.

DENEY 5: BIOT-SAVART YASASI

DENEYİN AMACI

Çembersel iletkenin manyetik alanının akıma ve uzaklığa bağlı olarak belirlenmesi.

TEORİ

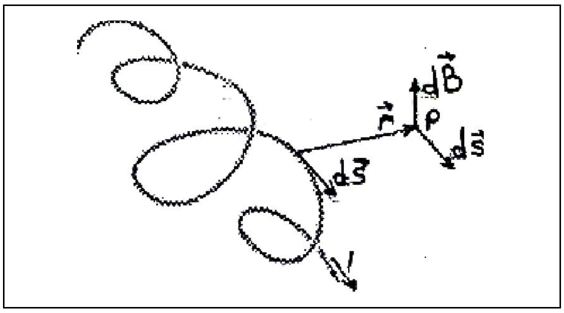
Biot Savart kanununa göre üzerinden ***I*** akımı geçen *l* uzunluklu bir iletkenin yön ve büyüklük olarak ***ds*** şeklinde tanımlanan sonsuz küçük bir parçasının, bu parçadan **r** kadar uzaktaki bir p noktasında oluşturduğu ***B*** manyetik alanı,

$$\overrightarrow{dB} = \left(\frac{\mu_0}{4\pi}\right)\left(\frac{I}{r^2}\right)\overrightarrow{ds} \times \left(\frac{\vec{r}}{r}\right) \qquad \text{(I)}$$

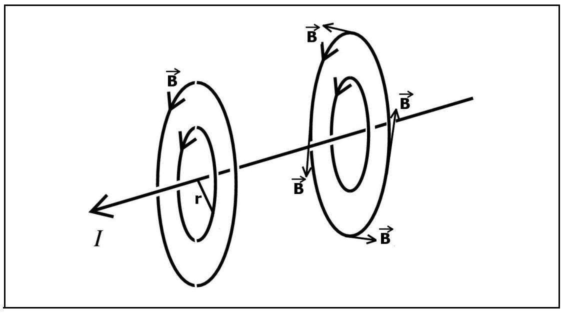
dir. $\mu_0 = 4\pi 10^{-7} T \cdot m / A$, serbest uzaydaki manyetik geçirgenliktir (bkz. Şekil 1). Bu durumda telin toplam manyetik alanı bir integralle belirlenir. Analitik çözümlerce ancak belirli simetriye sahip iletkenler için bulunabilir. Örneğin doğrusal uzun bir telin kendisinden *r* kadar uzaktaki bir noktada oluşturduğu manyetik alan,

$$B = \left(\frac{\mu_0}{4\pi}\right) I \left(\frac{2}{r}\right) \qquad \text{(II)}$$

dır. Bu formüle göre tel ekseni merkez alınarak çizilen bütün *r* yarıçaplı çemberler üzerindeki manyetik alanların büyüklükleri aynıdır (bkz. Şekil 2).



Şekil 1. Serbest uzayda bir noktada oluşan manyetik alan şiddeti



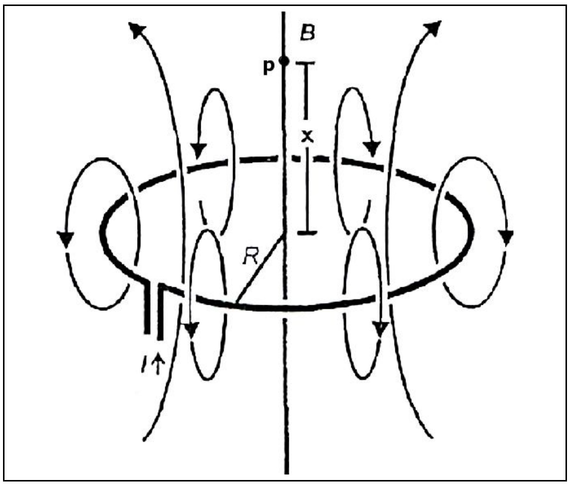
Şekil 2. Doğrusal bir telin manyetik alan vektörü ve alan çizgileri

Çember şeklindeki *R* yarıçaplı bir telin manyetik alanı,

$$B = \left(\frac{\mu_0}{4\pi}\right) 2\pi I \; \frac{R^2}{(R^2 + X^2)^{3/2}} \qquad \text{(III)}$$

dır. *X* çember merkezinden geçen eksen üzerindeki herhangi bir noktanın merkeze olan uzaklığıdır (bkz. Şekil 3).

Bu deneyde düzlemsel ya da çembersel telin manyetik alanı üzerinde Hall sensörü bulunan eksensel ve teğetsel B-probları ile ölçülmektedir.

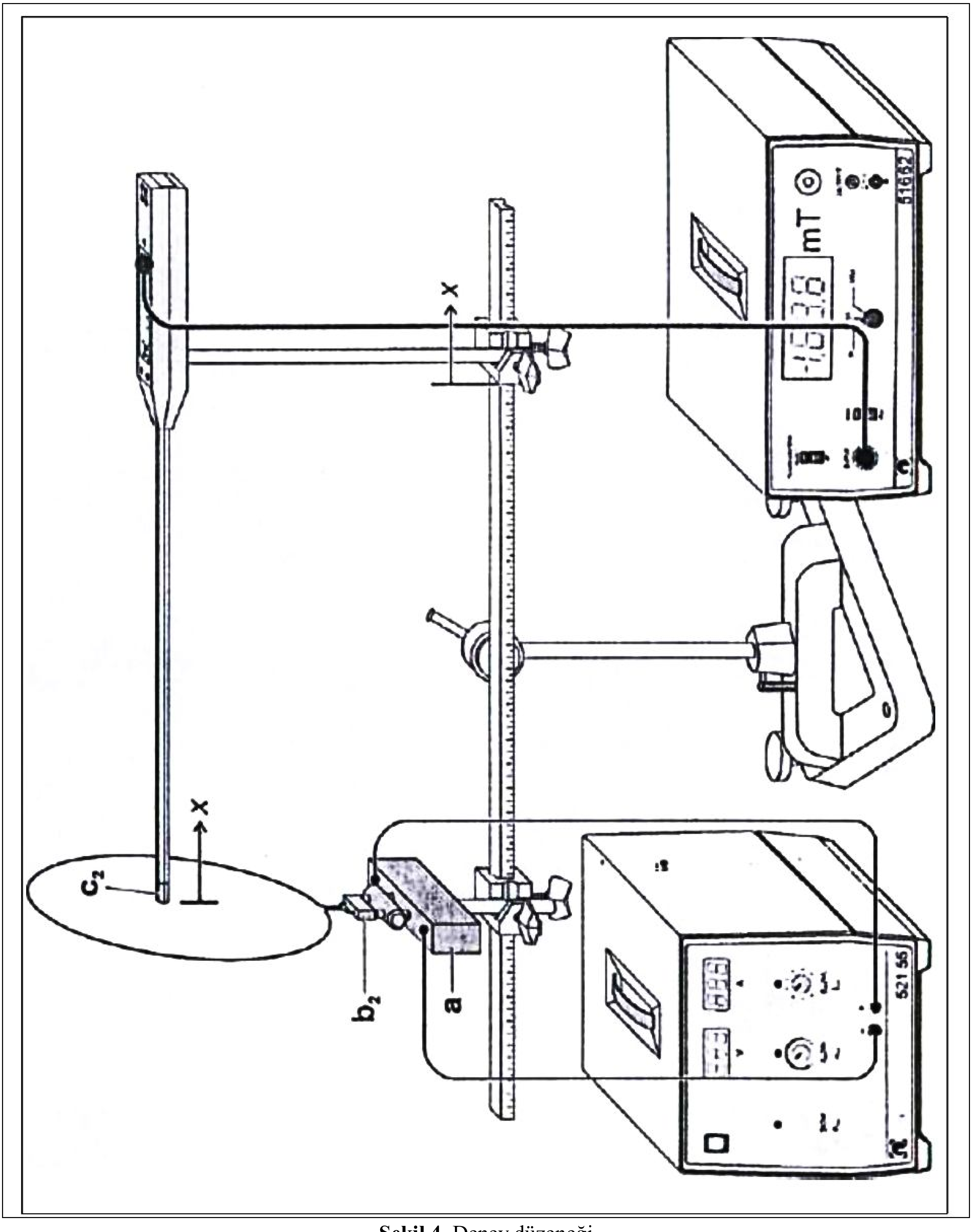


Şekil 3. Çembersel iletkenin manyetik alanı ve alan çizgileri

DÜZENEĞİ KURMA VE İŞLEM BASAMAKLARI

Çembersel iletken için deney setinin hazırlanması:
(Deney setinin kurulu hali Şekil 4'te gösterilmiştir)

- Optik tezgâhı oturtma tabanına yerleştirerek sabitleyiniz.
- Tutucu tezgâhı (a) çoklu tutturma kıskacını kullanarak optik tezgâha yerleştiriniz ve iletkeni monte ettiğiniz çembersel iletken tutucuyu (b2) tezgâha takınız.
- Eksensel probun yüksekliğini, çembersel iletkenin merkezinden geçen yatay eksenle çakışacak şekilde ayarlayarak optik tezgâha sabitleyiniz.
- Çembersel iletkeni Hall sensörü (c2) ile arasındaki yatay mesafe sıfır olacak şekilde tekrar ayarlayınız.
- $2R = 40\ mm$'lik çembersel iletkeni kullanarak ve akımın değerini $I = 0$'dan $20\ A$'e kadar her seferinde 2A arttırarak teslametreden ölçtüğünüz B değerlerini Tablo l'e kaydediniz.
- $I = 20\ A$ iken probu Tablo 2'de verilen X değerlerine uygun olacak şekilde çembersel iletkeni eksensel probdan uzaklaştırarak ya da yakınlaştırarak elde ettiğiniz manyetik alan şiddeti (B) değerlerini tabloya kaydedin.
- Tablo l'i ve Tablo 2' deki 80 *mm*'lik çember için elde ettiğiniz değerleri kullanarak *B=f(I)* ve *B=f(X)* grafiklerini çiziniz. Noktalardan, kurama göre olması gereken eğriye en yakın en iyi eğriyi geçiriniz.
- Elde ettiğiniz grafikler ile beklentiniz uyumlu mudur? Neden?
- Manyetik alanın akımla değişimini *B=f(I)* gözlemlemek için çemberi neden hareket ettirmedik?
- *B=f(X)* ölçümlerimizi neden çember merkezi üzerinden geçen yatay eksen boyunca aldık?
- *B=f(X)* grafiği neden B eksenine göre simetrik görünmektedir?
- *B=f(X=0)* ölçümünde I=20 A 'deyken halkaları değiştirdiğimizde nasıl bir değişim oldu? Neden?



Şekil 4. Deney düzeneği

Tablo 1. ***B=f(I)*** **değişimi**

I (A)	*B (mT)*
0	
2	
4	
6	
8	
10	
12	
14	
16	
18	
20	

Tablo 2. ***B=f(X)*** **değişimi**

X (cm)	*B (mT)*	*X (cm)*	*B (mT)*	*X (cm)*	*B (mT)*
2*R* = 40 mm		**2*R* = 80 mm**		***R* = 120 mm**	
-30		-30		-30	
-20		-20		-20	
-15		-15		-15	
-10		-10		-10	
-9		-9		-9	
-8		-8		-8	
-7		-7		-7	
-6		-6		-6	
-5		-5		-5	
-4		-4		-4	
-3		-3		-3	
-2		-2		-2	
-1		-1		-1	
0		0		0	
1		1		1	
2		2		2	
3		3		3	
4		4		4	
5		5		5	
6		6		6	
7		7		7	
8		8		8	
9		9		9	
10		10		10	
15		15		15	
20		20		20	
30		30		30	

6. DENEY: MANYETİK KUVVET ÖLÇÜMLERİ

Deneyin amacı:

Bu deneyin amacı, solenoidin manyetik alanı ve manyetik kuvvetin ölçülmesidir.

Teorik Bilgi:

Manyetik Alanlar: Uzaydaki bir noktada manyetik alanın işlemsel (operasyonel) tanımı olarak düşünebiliriz. Başka bir deyişle, manyetik alan, hareketli yüklü bir parçacığa etkiyen ve *hareket yönüne dik olan* kuvvet cinsinden tanımlanabilir. Elektrik ve manyetik kuvvetler arasında birçok önemli farklar vardır:

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

Bu son ifade bir yük, kararlı bir manyetik alan içerisinde hareket ettiğinde, ona etkiyen manyetik kuvvetin her zaman yer değiştirmesine *dik* oluşunun bir sonucudur. Yani,

$$\vec{F}.d\vec{s} = (\vec{F}.\vec{v})dt = 0 \qquad (1)$$

Çünkü manyetik kuvvet, v ye dik bir vektördür. Bu özellikten ve iş-enerji teoreminden, yüklü bir parçacığın kinetik enerjisinin, yalnızca bir manyetik alanla *değiştirilemeyeceği* sonucuna ulaşırız. Başka bir deyişle,

v hızı ile hareket eden bir yüke uygulanan manyetik alan onun hız vektörünün yönünü değiştirebilir fakat hızın büyüklüğünü değiştiremez.

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

$$[B] = T = \frac{W}{m^2} = \frac{N}{Cm/s} = \frac{N}{Am} \qquad (2)$$

Pratikte, manyetik alan birimi olarak cgs sisteminde **gauss** (G) da kullanılmaktadır. Gauss, Teslaya

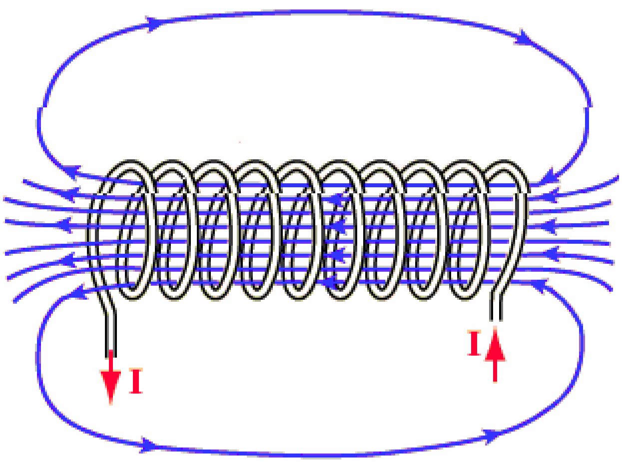
$$1\ \mathrm{T} = 10^4\ \mathrm{G} \qquad (3)$$

şeklinde bağlıdır. Alışıla gelen laboratuar mıknatısları yaklaşık 25000 G ya da 2,5 T ya kadar manyetik alanlar üretebilir. Yaklaşık 250000 G veya 25 T büyüklüğüne ulaşan manyetik alanlar üretebilen süperiletken mıknatıslar yapılmıştır. Bu, dünya yüzeyine yakın yerlerdeki manyetik alanının değeri ile karşılaştırılabilir: Yerin alanı yaklaşık olarak 0,50 G veya 0.5×10^{-4} T dır.

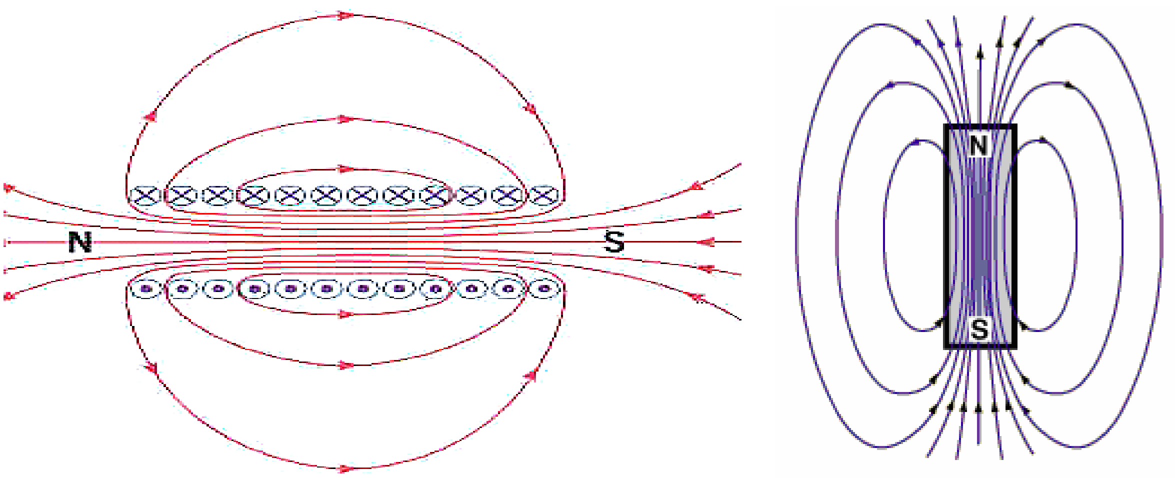
Solenoidin Manyetik Alanı: Bir **solenoid,** helis biçiminde sarılmış uzun bir teldir. Sıkıca sarılmış solenoidin içindeki bölgenin küçük bir hacminde düzgün varsayılabilecek bir manyetik alan elde edilebilir. Sarımlar sıkışık olduğunda her birine bir çember gözüyle bakılabilir ve net manyetik alan tüm sarımlardan kaynaklanan alanların vektörel toplamıdır.

Şekil 1'de, gevşek sarılmış bir solenoidin manyetik alan çizgilerini göstermektedir. Bobinin içindeki alan çizgilerinin birbirlerine hemen hemen paralel, düzgün dağılmış ve yakın olduklarına dikkat ediniz. Sarımların aralarındaki alan çizgileri birbirlerinin etkilerini yok ederler. Solenoidin dışındaki alan hem düzgün değil hem de zayıftır. *P* gibi dış noktalarda alan zayıftır. Çünkü üst kısımlardaki akım elemanlarından kaynaklanan manyetik alan alt kısımlardaki elemanlardan kaynaklanan alanı yok etmeye çalışır.

Sarımlar sıkıca sarılmış ve solenoid sonlu uzunlukta ise, alan çizgileri Şekil 2'de görüldüğü gibidir. Bu durumda, alan çizgileri bir uçtan çıkarak dağılırlar, diğer uçtan toplanarak girerler. Bu alanın, solenoidin dışındaki dağılımı bir çubuk mıknatısın alanına benzer. Bu yüzden, solenoidin bir ucu çubuk mıknatısın kuzey kutbu gibi davranırken öteki ucu güney kutbu gibi davranır. Solenoidin uzunluğu arttırıldıkça, içindeki alan gittikçe daha düzgün hale gelir, sarımlar sıkıca sarıldıkları ve selonoidin uzunluğu yarıçapına göre oldukça fazla olduğu zaman ideal bir solenoid durumuna yaklaşılır. Bu durumda, selonoidin dışındaki alan içindekine göre çok zayıf ve içerideki alan, oldukça büyük bir hacimde düzgün olur.



Şekil 1. Gevşek şekilde sarılmış bir solenoidin manyetik alanı



Şekil 2. Kararlı akım taşıyan sonlu uzunlukta sıkıca sarılmış bir solenoidin manyetik alan çizgileri. Solenoidin içindeki alan hemen hemen düzgün ve kuvvetlidir. Alan çizgilerinin çubuk mıknatısın alan çizgilerine benzediğine dikkat ediniz. Bu nedenle, solenoid kuzey ve güney kutuplan varmış gibi davranır (sol), Bir çubuk mıknatısın manyetik alan deseni, bir kağıt parçası üzerindeki demir tozları yardımıyla görsel hale getirilmiştir (sol)

İdeal bir solenoidin içerisindeki manyetik alan ifadesini elde edebilmek için Ampere yasasını kullanabiliriz, ideal bir solenoid parçasının kesitinden şekil 2’de bir / akımı geçsin. Bu solenoidin içindeki *B* düzgün ve solenoidin eksenine paralel, fakat dışındaki *B* sıfırdır. Uzunluğu *l* ve genişliği *a* olan dikdörtgeni ele alalım. Bu dikdörtgenin dörtkenarı boyunca *B*-*ds* nin integralini alarak, Ampere yasasını uygulayabiliriz. Çünkü bu yollar boyunca *B* alanı *ds'ye* diktir. Uzunluğu *l* olan kenar-1'in integrale katkısı *Bl* dir; çünkü bu yol boyunca B düzgün ve ds'ye paraleldir. Bu nedenle, kapalı dikdörtgensel yol boyunca integralin değeri

$$\int \vec{B}.d\vec{s} = \int_{yol\ 1} \vec{B}.d\vec{s} = B \int_{yol\ 2} ds = Bl \tag{4}$$

Ampere yasasının sağ tarafı intergralin alındığı kapalı yolun çevrelediği yüzeyden geçen *toplam* akımı içerir. Şimdiki durumunda dikdörtgen yolun çevrelediği yüzeyden geçen toplam akım, her bir sarımdan geçen akımla yüzeyin içindeki sarım sayışım çarpımına- eşittir, *l* uzunluğunda bulunan sarım sayısı *N* ise, dikdörtgenin içinden geçen toplam akım *NI* olur. Öyleyse, Ampere yasası uygulanırsa

$$\oint \vec{B}.d\vec{s} = Bl = \mu NI \tag{5}$$

$$B = \mu_0 \frac{N}{l} I = \mu_0 nI \tag{6}$$

verir. *n=N/l* birim uzunluktaki sarım sayısıdır. (*N* ile karıştırılmamalıdır).

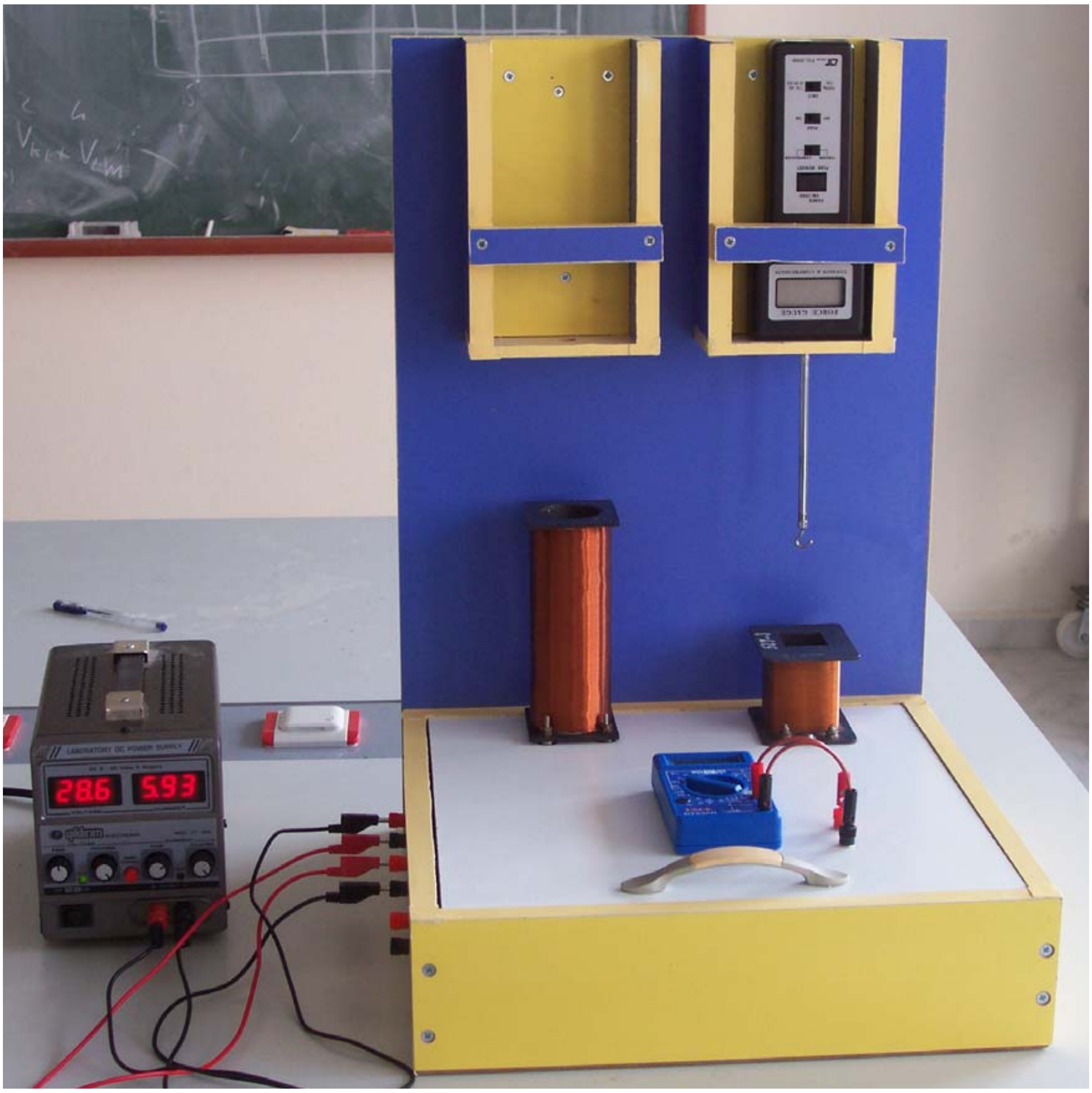
Solenoid üzerinde geçen akımın teorik ohm yasası yardımı ile bulunabilir ($I=V_s/R_s$). Pratik değeri ise ampermetre yardımı ile ölçülebilir.

Bu sonucu, toroid şeyindeki bir kangalın (bobinin) manyetik alanını dikkate alarak da benzer biçimde elde edebiliriz. N sarımdan oluşan toroidin *r* yarıçapı kesit alanının yarıçapı olan *a'* dan oldukça büyükse, toroidin küçük bir kesimi yaklaşık olarak bir solenoid oluşturur; burada $n = N/2\pi r$ ile verilir. Bu sınır durumunda, toroid için elde edilecek eşitlik solenoid için geçerli olan eşitlikte uyumludur.

(6) Eşitliği, oldukça uzun bir solenoidin merkezine yakın olan noktalar için geçerlidir. Beklendiği gibi, uçlara yakın yerlerdeki alan, (6) eşitliği ile verilen değerden daha küçüktür. Uzun bir selenoidin tam uçlarındaki alanın büyüklüğü, ortadaki değerin yaklaşık yarısıdır.

Kullanılan Aletler:

- Bobin 1 (1440 sarım, 19 ohm), Bobin 2 (1200 sarım 13 ohm)
- AVO metre
- Güç kaynağı
- Bağlantı kabloları



Şekil 3. Deney düzeneği

İşlem basamakları:

1. Düzeneği, Bobin 1'i kullanacak şekilde kurunuz. Deney görevlisine kontrol ettiriniz.
2. Başlangıçta kuvvetölçeri açıp sıfırlayınız. Daha sonra güç kaynağındaki gerilimi 12 V olarak ayarlayınız. Devreden geçen akımın teorik değerini hesaplayınız. Manyetik alanın teorik değerini (6) eşitliğini kullanarak hesaplayınız. Tablo 1'de ilgili yere kaydediniz.
3. Akımın Pratik değerini ise AVO metre'den okuyunuz. Tablo 1'de ilgili yere kaydediniz
4. Ölçme cihazında bulduğunuz değeri okuyunuz. Aşağıda verilen uyarıyı da okuyarak Tablo 1 de ilgili yere kaydediniz

Kaydederken bulduğunuz değerin birimi gram olduğundan kilogram cinsinden değerini bulmak için 1000 ile bölmek gerekir. Daha sonra 9.81 m/s^2 ile çarparak kuvveti bulunuz.

5. Manyetik alanın pratik değerini kuvvetten faydalanarak **F/α** formülünü kullanarak hesaplayınız
6. 1–5 işlemlerini 15, 18, 21 ve 24 V için tekrarlayınız.
7. Yukarıdaki işlemleri Bobin 2 için tekrarlayınız, bulduğunuz değerleri Tablo 2'ye kaydediniz.
8. Kuvvetin, akımın pratik değerine göre değişimini gösteren grafiği her iki bobin için çiziniz.
9. Her iki bobin için akım-manyetik alan grafiğini hem teorik hem de pratik değerler için aynı grafik kağıdını üzerinde çiziniz.

Gerilim (V)	**Teorik Akım (A)**	**Pratik Akım (A)**	**Teorik B (T)**	**Kuvvet (N)**	**Pratik B (T) F/α**
12 V					
15 V					
18 V					
21 V					
24 V					

Tablo 1. Bobin 1'e ait veriler (α**=25)**

Gerilim	**Teorik Akım (A)**	**Pratik Akım (A)**	**Teorik B (T)**	**Kuvvet (N)**	**Pratik B (T) F/β**
12 V					
15 V					
18 V					
21 V					
24 V					

Tablo 2. Bobin 2'e ait veriler (**β=10)**