

DENEY KİTABI

ELEKTRİK VE MANYETİZMA

Editör

Mehmet Zafer KÖYLÜ

Yazarlar

Şilan BATURAY

İlhan CANDAN

Mehmet Zafer KÖYLÜ

Genel Yayın Yönetmeni / Editor in Chief • C. Cansın Selin Temana

Kapak & İç Tasarım / Cover & Interior Design • Serüven Yayınevi

Birinci Basım / First Edition • © Aralık 2024

ISBN • 978-625-5552-09-9

© copyright

Bu kitabın yayın hakkı Serüven Yayınevi'ne aittir.

Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

The right to publish this book belongs to Serüven Publishing. Citation can not be shown without the source, reproduced in any way without permission.

Serüven Yayınevi / Serüven Publishing

Türkiye Adres / Turkey Address: Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak

Ümit Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA

Telefon / Phone: 05437675765

web: www.seruvenyayinevi.com

e-mail: seruvenyayinevi@gmail.com

Baskı & Cilt / Printing & Volume

Sertifika / Certificate No: 47083

Elektrik ve Manyetizma

Deney Kitabı

Şilan BATURAY¹
İlhan CANDAN²
Mehmet Zafer KÖYLÜ³

Diyarbakır 2024

1 Doç. Dr.; Dicle Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü.

silan@dicle.edu.tr ORCID No: 0000-0002-8122-6671

2 Arş. Gör. Dr.; Dicle Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü.

ilhan.candan@dicle.edu.tr ORCID No: 0000-0001-9489-5324

3 Prof. Dr.; Dicle Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü.

zkoylu@dicle.edu.tr ORCID No: 0000-0002-3540-8204

İÇİNDEKİLER

Önsöz	V
Laboratuvar Çalışması Hakkında Dikkat Edilecek Hususlar	1
Rapor Hazırlama kuralları	2
Deney 1. Elektrostatik Deneyleri.....	3
Deney 2. Coulomb Yasası ve Görüntü Yüğü.....	23
Deney 3. Elektrik Alanı Çizgileri	33
Deney 4. Düzlem Sığaçtaki Elektrik Alanları ve Potansiyeller.....	37
Deney 5. Van de Graaff Jeneratörü.....	45
Deney 6. Gerilim Akım Ölçümleri ve Ohm Yasası.....	50
Deney 7. Direnç Okuma.....	57
Deney 8. Kirchoff Kuralları	63
Deney 9. Mıknatıslar ve Özellikleri.....	66
Deney 10. Tek Bobinlerin Manyetik Alanı.....	72
Deney 11. Osiloskop Kullanımı Deneyi.....	85

Önsöz

Bu deney föyü, Elektrik ve Manyetizma Laboratuvarı dersinde uygulamalı olarak deneyimleyeceğiniz temel kavramlar ve prensipleri içermektedir. Amacımız, teorik derslerde edindiğiniz bilgileri pekiştirerek, elektrik ve manyetizma konularında deneysel bir bakış açısı kazanmanızı sağlamaktır. Bu laboratuvar deneyleri, sadece ders materyallerinde öğrendiğiniz teorik bilgilerin pratikte nasıl çalıştığını görmenize yardımcı olmakla kalmayacak, aynı zamanda deney tasarımı, veri toplama, analiz yapma ve sonuç çıkarma becerilerinizi geliştirecektir.

Bu föyde yer alan deneyler, elektriksel yük, potansiyel fark, akım, direnç, kapasitans ve manyetik alan gibi elektrik ve manyetizma konularındaki temel ilkeleri anlamanızı hedeflemektedir. Her bir deney, adım adım izlenecek yönergeler, dikkat edilmesi gereken güvenlik önlemleri ve sonuçların değerlendirilmesi için gerekli analiz adımlarını içermektedir. Deneylerin ardından, deney sonuçlarını daha iyi yorumlayabilmeniz için sonuçlara dair tartışma soruları da yer almaktadır.

Bu laboratuvar sürecinin, yalnızca bilimsel düşünme yetinizi değil, aynı zamanda problem çözme becerilerinizi de geliştireceğine inanıyoruz. Unutmayın ki, bilimsel keşifler yalnızca teorik bilgiyle değil, deneysel çalışmalarla da güçlenir. Tüm deneyler boyunca, dikkatli bir gözlemci olmanız, elde ettiğiniz verileri titizlikle değerlendirmeniz ve öğrendiklerinizi sorgulayıcı bir bakış açısıyla ele almanız beklenmektedir.

Bu deneylerde başarılar diler, bilim yolculuğunuzda size katkı sağlamasını temenni ederiz.

Laboratuvar Çalışması Hakkında Dikkat Edilecek Hususlar

- 1.** Laboratuvar öncesi deneylere çalışarak gelinmelidir. Deney okunacak ve konu ders kitabından çalışılacaktır. Deney başlamadan öğrencilere deney ile ilgili kavramlar ve deneyin yapılışı sorulacaktır. Hazırlıksız gelen öğrenci eksi (-) alacak ve üç eksi (-) alan öğrenci laboratuvar dersinden kalmış sayılacak.
- 2.** Deney gruplarında yer alan öğrenciler, deneyi birlikte yapacaklar. Deney raporunu her öğrenci kendisi hazırlayacak. Benzer olan raporlarda alınan not öğrenci sayısına bölünecek. Raporla elle yazılacak ve bilgisayar çıktısı kabul edilmeyecek.
- 3.** Laboratuvarda öncelikle önlük giyilecek. Ders sorumlularının izni doğrultusunda sadece size tanıtılan aletleri ve cihazları kullanınız.
- 4.** Laboratuvara gelirken grafik çizmek için milimetrik kâğıt ve rapor defteri getiriniz.
- 5.** Deney düzeneğini kurduktan ve ders sorumlusunun kontrolünden sonra çalışmaya başlayınız.
- 6.** Laboratuvarda deney yaparken mutlaka cep telefonlarınızı kapatınız, yüksek sesle konuşmayınız ve diğer arkadaşlarınızı rahatsız etmeyiniz.
- 7.** Deney öncesi hocalarınızın konu hakkındaki teorik bilgi ve deneyin yapılışı hakkındaki açıklamaları dikkatlice dinleyiniz.
- 8.** Deney bittikten sonra deney düzeneğini toplayarak yerlerine bırakınız ve masanızı temizleyiniz.
- 9.** Laboratuvar dersinde devam zorunluluğu vardır. Dönem sonunda raporlu veya geçerli mazereti olan öğrenciler için sadece bir deney telafisi yapılacaktır.
- 10.** Her deneyden sonra rapor hazırlanması için bir hafta süre verilecektir. Söz konusu deney raporları bir sonraki deneye geldiğinizde hocaya teslim edilecektir.

Rapor Hazırlama kuralları

1. Hazırladığınız raporun ilk sayfasına deneyin adı, deneyi yapan öğrencinin adı, soyadı, öğrenci numarası ve deneyin yapıldığı tarih yazılacaktır.

2. Rapor elle yazılacak ve bilgisayar çıktısı kabul edilmeyecektir.

3. **Deneyin amacı:** Kendi cümlelerinizle deneyin amacını ve deney sonucunda neleri öğrendiğinizi yazınız.

5. **Deneyin teorisi:** Deneyin teorisini farklı kaynaklar kullanarak, kısa olacak şekilde yazınız.

6. **Deneyin yapılışı:** Deney düzeneğinin kurulumu, deneyde kullanılan aletleri ve ölçümleri nasıl elde ettiğiniz yazılacaktır. Daha sonra ölçümden elde edilen hesaplamalar yapılacak ve bu değerler tartışılacaktır. Hesaplamalar için grafik çizimi varsa, milimetrik kâğıt kullanarak grafikler çizilecektir.

7. Daha sonra bu işlemlerden elde edilen sonuçlar açıklanacak varsa hata payı ve standart sapma değerleri kullanılarak sonuçlar analiz edilecektir. Varsa hata nedenleri yorumlanacaktır.

Deney 1. Elektrostatik Deneyleri

Deneye İlişkin Kavramlar: Statik elektrik (durgun elektrik), Elektrik yükü, Voltaj (potansiyel farkı), Akım, Direnç (rezistör, reziztans), Ohm yasası, İndükleme (indüksiyon).

Elektrostatik Deneylerinde Kullanılan Araçlar: Elektrometre, İletken küreler, Faraday kafesi, Yük üreteçleri, Test diskleri.

1. Elektrometre

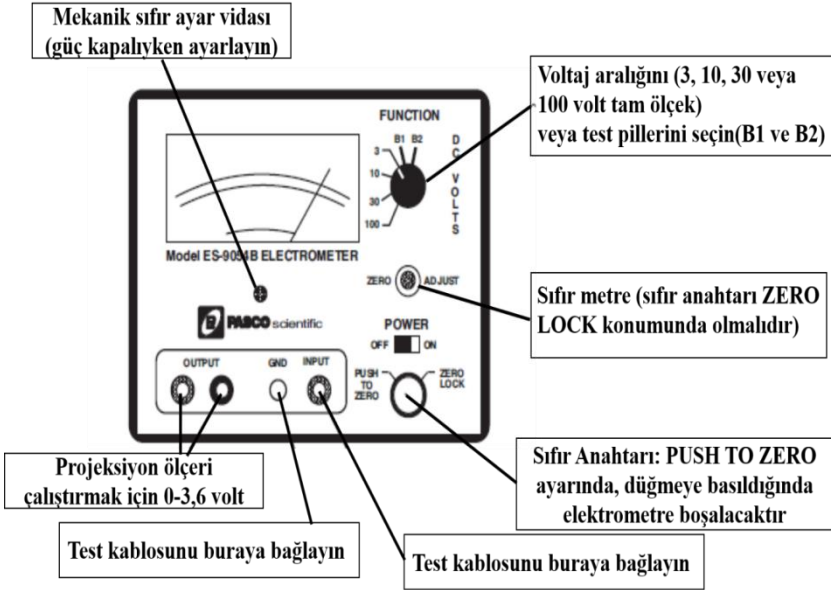
Elektrometre sonsuz empedanslı ($10^{14} \Omega$) bir voltmetredir. Bu araç direk olarak voltaj ölçümleri ve dolaylı yoldan akım ve yük ölçümleri için kullanılabilir. Yüksek empedansa sahip olması nedeniyle elektrostatik deneylerinde yük ölçmek için özellikle uygundur. Standart, altın yaprak olarak adlandırılan bir elektrometreden 1.000 kere daha fazla duyarlıdır. Dolaysız bir biçimde yük kutuplanmasını gösteren sıfır merkezli bir ölçeğe sahiptir ve 10^{-11} coulomb'a kadar yük miktarını ölçer. İki tane 9 Voltluk pille çalışır.

İşlem

Elektrometrenin ön paneli Şekil 1.1'de açıklanmaktadır. Elektrometreyi gerilim, akım ve yük ölçümlerinden herhangi biri için kullandığınızda aşağıdaki işlem sırası takip edilmelidir. Doğru ölçümler için daha fazla bilgi ilerleyen kısımlarda verilecektir.

UYARILAR

1. Elektrometreyi 100 V'yi aşan potansiyelleri ölçmek için asla kullanmayın.
2. Elektrometreyi Van de Graaff jeneratörü ya da Wimshurst makinesi gibi elektrostatik jeneratörlere bağlamayın.
3. Giriş kablolarına yer potansiyeli ile temasınız yoksa dokunmayın.



Şekil 1.1 Ön panel kontrol düğmeleri

Çalıştırma

1. Elektrometreyi açmadan önce ölçeğin sıfırını gösterip göstermediğini kontrol edin. Eğer göstermiyorsa mekanik sıfır ayarı vidasını sıfır oluncaya kadar çevirin.
2. Güç (POWER) düğmesini açık (ON) konumuna getirin.
3. Pilleri kontrol edin.
 - a) Fonksiyon (FUNCTION) anahtarını B1'e getirin. Ölçerin işaret çubuğu ölçme kısmının altındaki B1 çizgisinin solunu göstermelidir eğer çubuk B1 yazılı alanın içini işaret ediyorsa, bu kılavuzun sonundaki pil değiştirme kısmını okuyun.
 - b) Fonksiyon (FUNCTION) anahtarını B2'e getirin. Ölçerin işaret çubuğu ölçme kısmının altındaki B2 çizgisinin solunu göstermelidir eğer çubuk B1 yazılı alanın içini işaret ediyorsa, bu kılavuzun sonundaki pil değiştirme kısmını okuyun.
4. Ölçeri sıfırlayın
 - a) FUNCTION anahtarını 3'e getirin.
 - b) Sıfır anahtarını ZERO LOCK konumuna getirin.
 - c) Sıfır ayarı (ZERO ADJUST) düğmesini ölçerde sıfır volt okunacak şekilde ayarlayın.

5. Sıfır anahtarını PUSH TO ZERO konumuna getirin.
 6. Test kablosunu Input'a bağlayın.
 7. Elektrometrenin GND (Ground=Toprak) ucunu topraklayın.
- Şimdi elektrometreyle gerilim (voltaj) veya yük ölçmeye hazırsınız. FUNCTION anahtarını istenilen voltaj aralığına getirin. Aralığın tespiti tüm ekran sapması sağlamak için gereksinim duyulan voltaj girişini sağlar. (Örneğin FUNCTION düğmesini 30'a getirirseniz tüm ekran sapması maksimum 30 V'yi gösterir.

Genel İşletim İçin Önemli Notlar

Ölçümler arasında, elektrometreden tüm akımı deşarj etmek için sıfır anahtarına basın. (Sıfır anahtarı PUSH TO ZERO konumunda olmalıdır). Test kablolarını kısa devre yapmak yeterli değildir. Kısa devre yapılsa bile elektrometre devresi içinde hala yük fazlalığı olabilir.

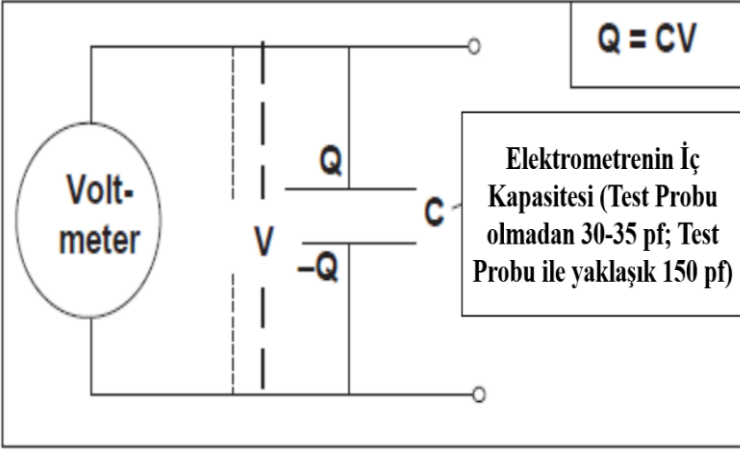
1. Elektrometrenin sıfır noktası ayarlanacağı zaman sıfır anahtarını daima ZERO LOCK konumuna getirin.

2. İyi sonuçlar için, elektrometre topraklanmalıdır (bir su borusu ya da bir 120 VAC soketinden gelen toprak kablosu kullanılarak bu yapılabilir).

Sadece yeryüzü topraklanması bir deney esnasında oluşan serbest yükler için yeterli deşarj yoludur. Eğer deneyi yapan kişi toprakla bağlantı halindeyse bu da faydalı olur. Ölçümleri yaparken ya da yapmadan önce iyi bir toprak hattına dokunarak bu sağlanabilir.

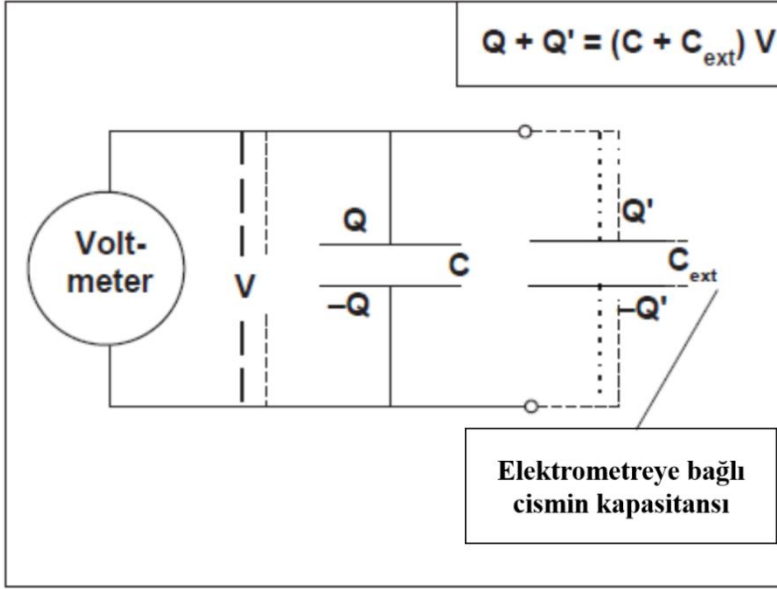
Yük Ölçümleri

Elektrometre ile yük ölçümü dolaylı yoldan yapılır, fakat bu basit bir yoldur. Yük $Q = CV$ bağıntısı yardımıyla bulunur. Bu bağıntıda Q ve V sırasıyla bir sığaçtaki yük miktarı ve sığacın iki ucu arasındaki gerilimdir. C de sığacın sığası (kapasitesi). Elektrometre Şekil 1.2'de gösterildiği gibi bir sığaçla paralel bağlı sonsuz empedanslı bir voltmetre olarak düşünülebilir. Sığaç, elektrometrenin iç kapasitesi (sığası) ve kabloların toplam sığasını gösterir.



Şekil 1.2 Elektrometrenin ideal şeması

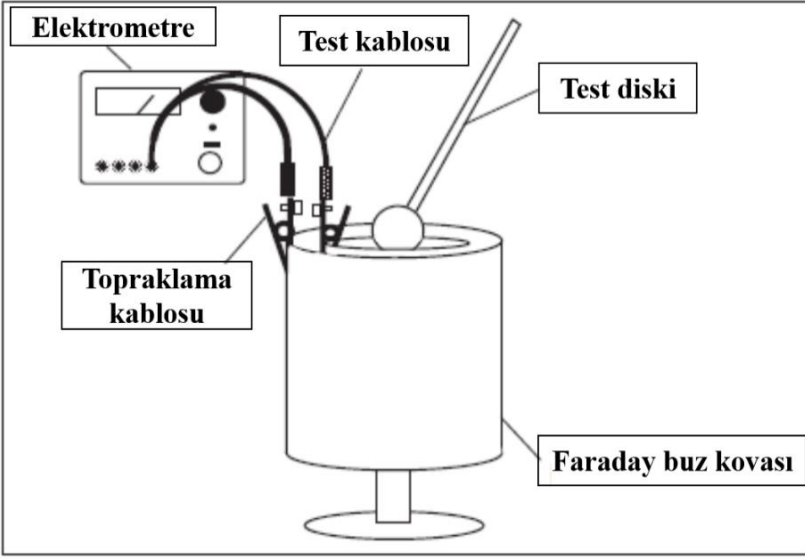
Elektrometrenin uçları arasında bir miktar yük yer alıyorsa, bir V voltajı ölçerde okunur. Eğer C değeri biliniyorsa, yükün miktarı $Q = CV$ 'den hesaplanabilir. Buna rağmen, Elektrometre kablolarını bir yükü test etmek için diğer bir nesneye değdirirseniz, sığa değişebilir. Eğer nesne anlamlı bir sığanın eklenmesine neden oluyorsa durum şekil 1.3'de gösterildiği gibi olur. Yeni kapasite ($C + C_{dış}$) ölçülen voltajla ilgili yükü doğru bir biçimde hesaplamak için belirlenmelidir.



Şekil 1.3 Yüklü Nesne Nedeniyle Kapasitanstaki Değişim

İndükleme (İndüksiyon) Yoluyla Yük Ölçme

Çoğu şartlar altında, yük ölçmek için en iyi yol indüklemedir. Bu deneyde bu yolu denemek için bir test diski ve Faraday kafesi kullanılır. Test diski basitçe yalıtkan bir çubuğun ucunda küçük iletken bir diskten ibarettir. İletken bir silindiri yalıtkan bir destek üzerine koyarak ve daha büyük bir silindiri de bir kalkan olmak üzere ilkinin etrafını saracak şekilde siz de bir kafes yapabilirsiniz. Elektrometre probunun test kablosunu içteki silindire ve toprak kablosunu da dıştaki silindire bağlayın (şekil 1.4'e bakınız).



Şekil 1.4 Faraday kafesinin kullanımı

Yüklenmiş bir nesne üzerindeki yük dağılımını incelemek için nesneye test diski ile dokununuz, sonra test diskini (silindire dokunmadan) kafesin içteki silindirin iç kısmına getirin. İçteki silindirin üzerinde test diskinin üzerindeki yüke eşit fakat zıt bir yük indüklenir. Şimdi elektrometredeki voltajı okuyabilirsiniz. Daima test diskini ve Faraday kafesini kullanırsanız kapasite tüm ölçümlerinizi için aynı olacaktır ve test diskindeki yük daima elektrometreden okunan voltaj ile orantılı olacaktır. Buna rağmen, test diskindeki mutlak yükün ne olduğunu bilmek gerekirse, elektrometrenin toplam kapasitesini artırırsanız (buna ek olarak) test probunun kapasitesini (sığasını) artırırsanız test diski kafesin içindeyken kafesin sığasının bilinmesi gerekmektedir. Bu ölçüm aşağıda anlatıldığı gibi kolayca gerçekleştirilebilir. Sığa biliniyorsa herhangi bir ölçüm için mutlak yük miktarı $Q = CV$ 'den hesaplanabilir.

Toplam Sığayı Ölçmek

1. Elektrometreyi açın, sıfırlayın. Probun test kablosunu kafesin iç silindirinine toprak kablosunu da dış silindire takın (şekil 1.4'e bakınız).
2. Bir DC (doğru akım) güç kaynağı ya da statik olarak yüklenmiş bir nesne kullanarak test diskini yükleyin.
3. Test diskini kafesin iç silindirinin içine tutun ve FUNCTION anahtarını tüm skala ölçer okumasını yapmak için ayarlayın (kolaylık için, test diskini kafesin iç kısmına değdirmek ve daha sonra test diskini geri çekmek isteyebilirsiniz. Voltaj okumadaki etki ihmal edilebilir olmalıdır). Voltajı V_e olarak kaydedin. **Elektrometreyi deşarj etmeyin.**
4. C_k sığası bilinen bir sığaç alın. Sığaçın deşarj olduğundan emin oluncaya kadar topraklayın, sonra bu sığacı kafesin iç ve dış silindirleri arasına bağlayın. Yükleme diski hala kafesin içindeyken, okuduğunuz voltaj değerini V_k olarak kaydedin.
5. Elektrometrenin C_e sığası şimdi,

$$C_e = C_k V_k / (V_e - V_k)$$

bağıntısıyla hesaplanabilir.

AÇIKLAMA

Bu ölçüm şekil 1.3'de şematik olarak gösterilmektedir. Önce elektrometre $Q = C_e V_e$ denklemini sağlaması gereken bilinmeyen Q yüküyle yüklenir. Bu denklemdeki C_e sistemin toplam sığası, V_e elektrometreden okunan voltajdır. Sonra ikinci sığaç elektrometrenin sığasıyla paralel olmak üzere bağlanır. Toplam sığa şimdi $C_e + C_k$ olur. Q yükü değışmemiştir, fakat şimdi $Q = (C_e + C_k) V_k$ olur. Burada V_k elektrometreden yeni okunan voltaj değeridir. İki denklem birleştirildiğinde $C_e V_e = (C_e + C_k) V_k$ veya $C_e = C_k V_k / (V_e - V_k)$ denklemine ulaşır. Eğer elektrometreyi farklı bir test kablosu takımıyla ya da farklı test diski ve farklı kafesle kullanmak isterseniz, sığa farklı olabilir. Yeni sığayı hesaplamak için yukarıdaki işlemi tekrarlamak zorunda kalırsınız.

Not: Elektrometrenin sığası 30-35 pf (pikofarad) olup, test probuyla beraber yaklaşık olarak 150 pf'a eşittir. En iyi sonuçları elde etmek için toplam sığayı ölçünüz.

Temas Yoluyla Yük Ölçülmesi

Yükler temas yoluyla da ölçülebilir. Örneğin, yüklenmiş test çubuğunu kafesin içindeki silindire değdirirseniz elektrometreden okunan değer genellikle bağıl olarak değişmediğini bulacaksınız. Çünkü toplam sığa sadece test diski sayesinde ihmal edilebilir bir etkiye uğrar. Buna rağmen, durum her zaman böyle olmayabilir.

Genelde, temas ölçümleri kafes kullanılarak yapılan indüklenme ölçümleriyle aynı şekilde gerçekleştirilebilir. Nesneye test probunu değdirin, V voltajını kaydedin ve yükü hesaplamak için $Q = CV$ 'yi kullanın. Mamafih, eğer yükünü ölçtüğünüz nesnenin hissedilebilir bir biçimde sistemin toplam sığasını etkilediğini zannediyorsanız yukarıda anlatıldığı gibi sığayı yeniden ölçmek ihtiyacı duyacaksınız.

Voltaj Ölçümü

Voltaj herhangi bir voltölçerle olduğu gibi ölçülebilir. Kabloları devreye bağlayın, aralığı seçin (3, 10, 30 veya 100 V tüm skala) ve voltajı okuyun.

Akım Ölçümü

Elektrometre çoğu durumda dolaylı yoldan akım ölçümleri için kullanılabilir. Fakat iyi bir akımölçerin yerini alamaz. Elektrometrenin kablolarını devredeki bilinen bir direncin iki ucu arasına bağlayın ve gerilimi ölçün. Ohm yasasını ($Voltaj = Akım \times Direnç$) kullanarak akımı bulunuz. Çoğu devrede elektrometrenin devre üzerindeki etkisi oldukça yüksek giriş empedansına bağlı olarak ihmal edilebilecektir. Buna rağmen, direncin iki ucu arasındaki voltaj farkı elektrometrenin ölçüm aralığı içerisinde kalmalıdır.

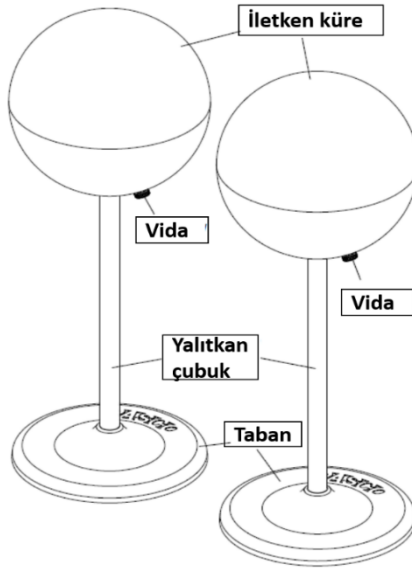
Eğer elektrometreyi devre içindeki bilinen bir dirence bağlamak uygun değilse, iyi bilinen bir direnç (renk okuyarak

bulunan) elektrometrenin giriş uçları arasına bağlanabilir. Sonra devreye standart bir akımölçer dirençle seri olacak şekilde bağlanır. Tekrar, bu direncin karşılıklı uçları arasındaki voltaj ölçülür ve akım hesaplanır.

Not: Bu teknikle ilgili bir problem vardır, o da şudur; direncin değeri voltaj düşüşünün kolayca ölçülebileceği kadar yüksek fakat devreden geçen akımı anlamlı bir biçimde etkilemeyecek kadar düşük olmalıdır.

2. İletken Küreler

İletken küreler elektrik yüklerini depolamak (biriktirmek) için çok uygun nesnelere. Deneyde kullanılan iletken küreler karbon doldurulmuş poli karbonat kürelerdir. 10^2 ve $10^4 \Omega$ arasında değişen dirençlere sahiptirler. Küreler saf poli karbonattan yapılmış yalıtkan ayak üzerine yerleştirilmişlerdir. Her bir küre alt yarı kürede bir terminale sahiptir. Buralara takılabilen bağlantı kablolarıyla güç kaynağına bağlanabilir. İletken küreleri kullanırken dikkatli olunmalıdır. Çünkü kir, yağ lekeleri ve parmak izleri kürelerin yeteri kadar yüklenmesine engel olur.



Şekil 1.5 İletken küreler

Test diskleri iletken bir kürenin yüzeyinden yük transfer (ayırarak) etmek için kullanılabilirler. Yükleme işini yaparken çubuğun yüzeyini iletken kürenin yüzeyine teğet olacak şekilde tutun. Küreleri ve yalıtkan ayağı temizleme işi alkolle yapılmalıdır.

Uyarı: Küre ve yalıtkan ayak asla aseton kullanılarak temizlenmemelidir.

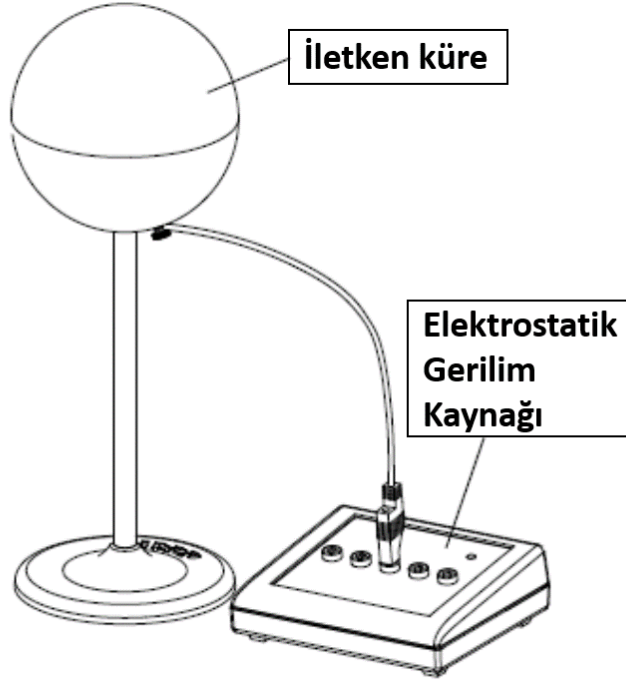
3. Faraday Kafesi

Tasarımı Faraday'a ait olan kafes bir yük dağılımının örneklenip incelenmesi için mükemmel bir araçtır. İletken bir yüzeyin iç kısmında yer alan bir yükün aynı yüzeyin dış kısmında ilkinde eşit bir yük indükleyeceği prensibine göre çalışır. Örneğin, eğer küçük yüklü bir küre bir teneke kupanın iç kısmında kupaya değmeyecek şekilde tutulursa (asılırsa) kupanın dış kısmındaki yük miktarı kürenin yüküne eşit miktarda olacaktır.

Faraday kafesi 10 cm çapında 15 cm yüksekliğinde tabanı da telden örülmüş, 3 tane yalıtkan ayak üzerinde duran bir silindir ve bu silindiri çevreleyen daha büyük, kalkan olarak kullanılan bir başka telden örülmüş silindirden oluşmaktadır.

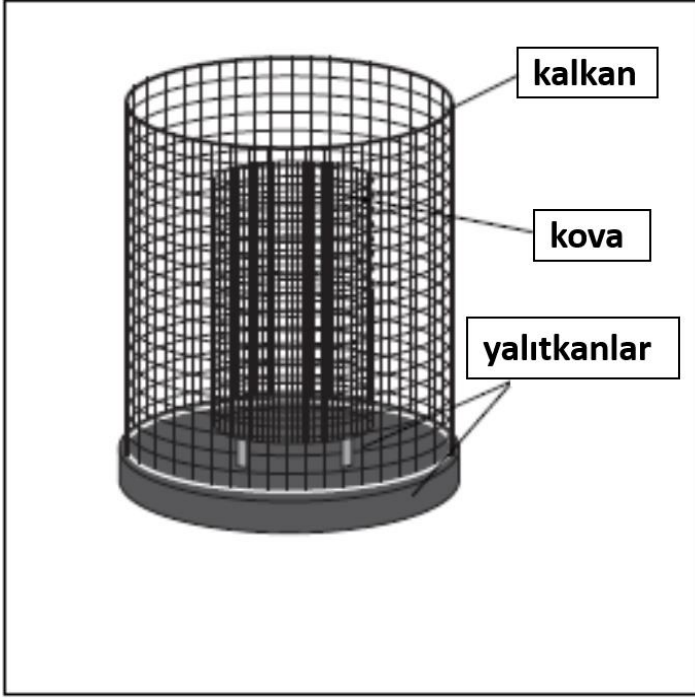
Dıştaki telden örülmüş kalkan sadece deneyin açık bir biçimde görülmesini sağlamakla kalmaz aynı zamanda ortamdaki statik yükler ve AC alanlarından kaynaklanan problemleri ortadan kaldırır.

Hatalı sonuçlara yol açabilen ortamdaki yüklerden kurtulmak için deneyleri yapan kişiler de deney esnasında ortamdaki statik yüklerden kurtulmuş olmalıdırlar. Kafes deneye başlamadan önce tam olarak topraklanmış olmalıdır.



Şekil 1.6 İletken kürenin güç kaynağına bağlanması

Yük üreticileri gibi bir nesne ve yükleme çubuğu topraklanmış kafesin içinde ona değdirilmeden tutulur, bu durumda elektrometre kafes ve yer potansiyeli arasındaki potansiyel farkını gösterir. Yük miktarı ne kadar büyükse potansiyel de o kadar fazladır. Kafesteki yükleri değiştirerek ve elektrometre ile ölçülen potansiyeli gözleyerek bağıl yükleri kolayca ölçebiliriz.



Şekil 1.7 Faraday kafesi

Gösteri Deneyi: Faraday Kafesi ve Yük Üretimi

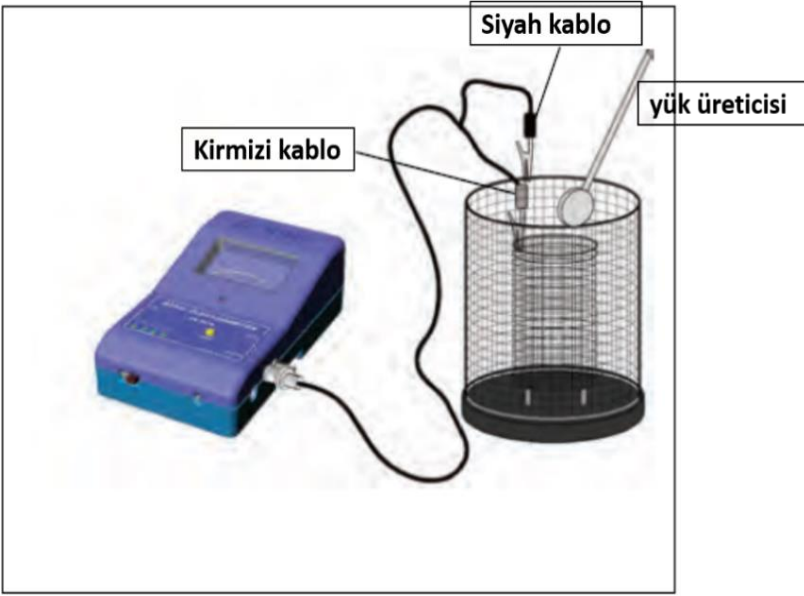
Faraday kafesi elektrostatikle ilgili gösteri deneylerinde kullanıldığından dolayı, iç kısmına tutulan bir nesneyle kafeste indüklenen yük ile bu nesnedeki gerçek yük arasındaki bağıntı gözden geçirilmelidir. O halde kafes kullanılarak bir nesneyi indükleme yoluyla yüklemenin tersine temas yoluyla yüklemenin doğası araştırılabilir.

Bu deneyde kullanılan araçlar: Faraday kafesi, yük üreten nesnelere (yük üreticileri), elektrometre.

Plan: Yük ölçümü için bir sistem oluşturmak üzere;

1. Elektrometrenin giriş kablosunu (kırmızı renkte timsah klipli) kafese bağlayın. Elektrometrenin toprak kablosunu (siyah timsah klipli) kalkana bağlayın. Bu sistem şekil 1.8’de gözükmemektedir. Elektrometrenin duyarlılığını, ölçümlerin çoğu skalasının üst 2/3’lük bölümlerinde gözükecek şekilde ayarlayın.

2. İçteki kafese ve dıştaki kalkana aynı anda bir elinizin parmağıyla dokunarak kafesi topraklayın (şekil 1.9’a bakınız). Deney boyunca bir elinizi kalkanın üst kenarında tutmak uygun olabilir. Bu, deney yapmayı da topraklar. Elektrometrenin toprağın ve kalkanın her ikisine bağlı olmasını sağlar ve gerek duyulduğunda kafesin kolayca topraklanmış olmasını sağlar.



Şekil 1.8 Yük İndüksiyonu

Not

1. İçteki kafesi toprakladıktan sonra parmağınızı üzerinden kaldırdığınızda, hala dış kalkana dokunuyor olduğunuzdan emin olun. İçteki kafesi bırakmadan önce asla elinizi kalkandan ayırmayın çünkü bu sıra içteki kafesi etkin bir biçimde topraklamayacaktır.

2. Elektrometrede, Faraday kafesinde hiçbir yük olmadığına işaret eden “sıfır” değerini okuduğunuzdan emin olun.

İşlem A

1. Üzerinde bir miktar yük oluşturmak için iki yük üreticini birbirine sürtün.
2. Çubuklardan birini kafes içine tutun, kafese temas etmemesine dikkat edin. Elektrometredeki değeri not edin.
3. Nesneyi kafesin içinden çıkarın tekrar elektrometredeki değeri okuyun.
4. Çubuğu tekrar kafes içine tutun, kafese dokunmasına izin verin ve tekrar ayırın. Elektrometreden okuduğunuz değeri not edin.
5. Kafesi topraklayın ve sonra nesneyi kafese değdirin. Elektrometredeki değeri not edin. Nesnede bir miktar yük kalıyor mu?

Yük üreticindeki yükle karşılaştırıldığında kafeste indüklenen yük hakkında sonuç olarak ne söyleyebilirsiniz?

Not

1. Yüklü nesne en azından kafesin alt yarısının içinde tutulmalıdır. Örneğin, bunun tersine kafesin üst kısmının yaklaşık 1cm altında tutun ve sonuçlarınızı açıklamayı deneyin.
2. Yük üreticilerinin üzerindeki alüminyum disk ve alüminyum çubuk arasındaki muhafazasız plastik parça üzerinde küçük bir miktar yük kalmış olabilir. Bu fazladan yük disk kafese değdirildiğinde kolayca transfer olmaz. Bu nedenle (deneye başlamadan önce) üreticinin açığındaki plastik kısmına hafifçe nefesinizi verin. Böylece nefesinizdeki nem herhangi fazladan yükün oradan uzaklaşmasına neden olur.

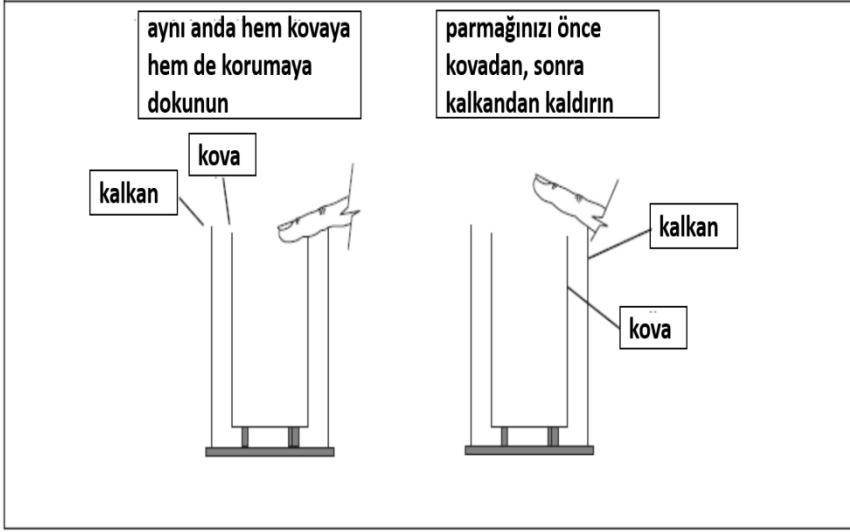
İşlem B

1. Başlangıçta yüklenmemiş yük üreteçleri ile işe başlayarak mavi ve beyaz materyalleri birbirine sürtün. Faraday kafesini kullanarak bu materyallerin yüklerinin büyüklüğünü ve işaretini (polarity) ölçün. A'daki işlem sonuçlarına göre, yük üreticini kafese değıdirmek gerekli değildir. Temasla oluşturulan bu yüklerin arasındaki ilişki nedir?
2. Yük üreteçlerini topraklayın ve onları kafesin içinde birbirine sürtün. Elektrometrede ne okuyorsunuz? Yük üreticini uzaklaştırın ve elektrometreden okunan değerin not edin. Uzaklaştırdığınızı tekrar eski yerine getirin ötekini uzaklaştırın, yine elektrometredeki değeri not edin.
3. Yük üreteçlerini tekrar sıfırlayın. Beyaz yüzeyli üretici alüminyum (proof plane) test düzlemine sürtün. Yüklerin büyüklüğünü ve kutuplanmasını (cinsini) ölçün. Şimdi mavi materyali alüminyum yüzeye sürtün ve ölçümlerinizi kaydedin.
4. "Elektrostatik dizi" olarak adlandırılan listeyi oluşturun. Bu listede alt sıradaki materyal üst sıradaki materyale sürtüldüğü (ovalandığı) zaman üst sıradaki materyal üzerindeki yük daima pozitif olsun.

4. Yük Üreteçleri ve Test diskleri

İki tane yük üretici temas yoluyla eşit miktarda negatif ve pozitif yük oluşturmak için kullanılır.

İki tane test diski yüklü bir nesne üzerindeki yük yoğunluğunu ölçmek için kullanılabilir.



Şekil 1.9 Faraday kafresinin topraklanması

Yük üreteçleri:

Yük üreteçleri biri mavi diğeri beyaz iki tane disk biçiminde materyalin iletken bir disk üzerine yapıştırılmasıyla oluşturulmuştur. İki yük üretecinin mavi ve beyaz yüzeylerini birbirine sürtün. Beyaz yüzeye sahip disk POZİTİF bir yüke, mavi yüzeyli disk NEGATİF bir yüke sahip olacaktır. Yük üreteçlerinden birinin beyaz yüzeyini test disklerinden birine sürtün. Beyaz disk negatif bir yüke diğerk disk pozitif bir yüke sahip olacaktır.

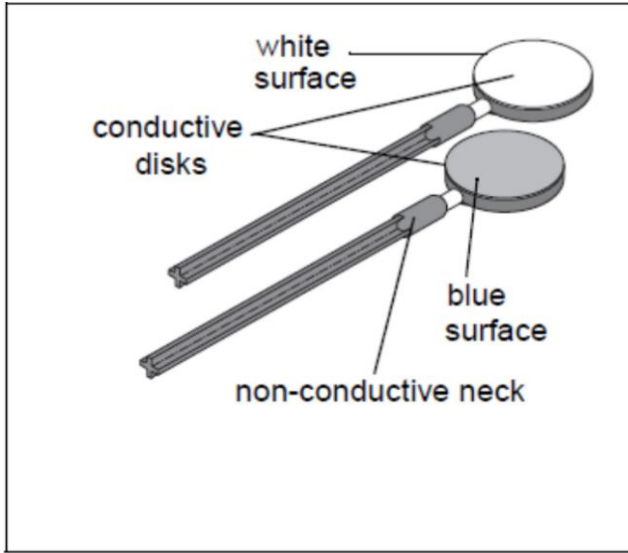
1. Yük olmamasını istiyorsanız, yük üreteçlerinin yükünü iletken diski toprağa değdirerek boşaltın. Diskin tam olarak deşarj olduğundan emin olmak için, iletken olmayan boyun üzerine nazikçe üfleyin. Nefesinizdeki nem herhangi bir serbest yükü uzaklaştıracaktır.
2. Normal kullanım esnasında boyun kısmına dokunmayın. Elinizdeki yağ yüklerin kaçabileceği bir yol oluşturacaktır. Disk yüzeylerini ve boyun kısmını sıkıca alkolle temizleyin.

3. Yük üreteçlerini ilk kullandığınızda ya da temizlemeden hemen sonra, hemen yük oluşturamayabilirler. Beyaz yüzeyi sıkıca iletken test diskine sürtün.

Not: Yük üreteçleri bir elektrometreyle kullanılmak üzere tasarlanmışlardır. Bunlar standart bir elektroskopa beraber kullanılamazlar (yeterince yük üretemezler).

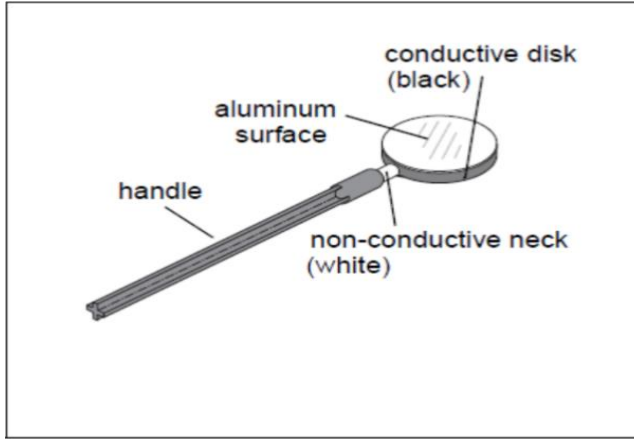
Test Diskleri:

Test diskleri (iki tane) yalıtılmış çubukların ucunda yer alan iki iletken diskten oluşmuştur. Bunlar yüklü iletken düzlemlerin üzerindeki yük yoğunluğunu belirlemek için kullanılırlar.



Şekil 1.10 Yük Üreticileri

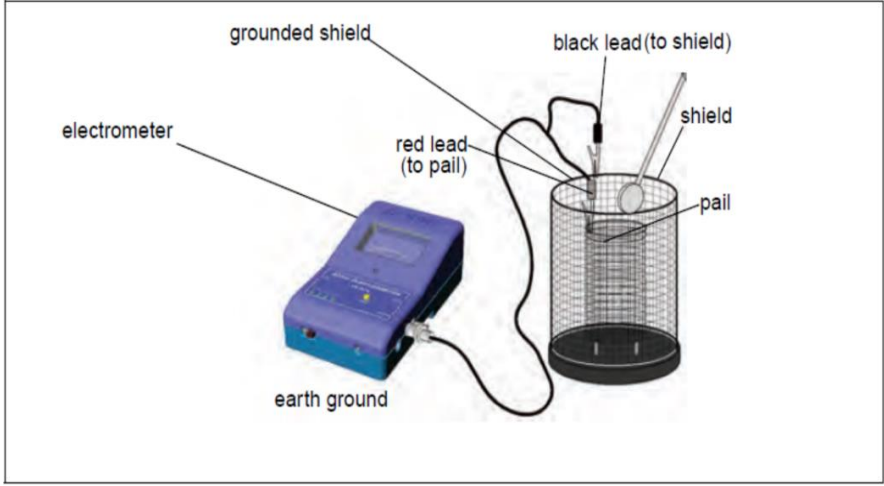
Not: Test diski üzerindeki yük yoğunluğunu ölçmek için aşağıda gösterildiği şekilde bir elektrometre ve bir Faraday kafesi kullanabilirsiniz.



Şekil 1.11 Test diski

Test diskini bir yüzeye değdirdiğinizde, disk yüzeyle aynı yük dağılımına sahip olacaktır. Test diskindeki yükü ölçerek yüzeydeki yük yoğunluğunu tayin edilebilir. Test diskindeki yük miktarı ne kadar fazla ise test diskinin değdirildiği yüzeydeki yük yoğunluğu o kadar fazla demektir.

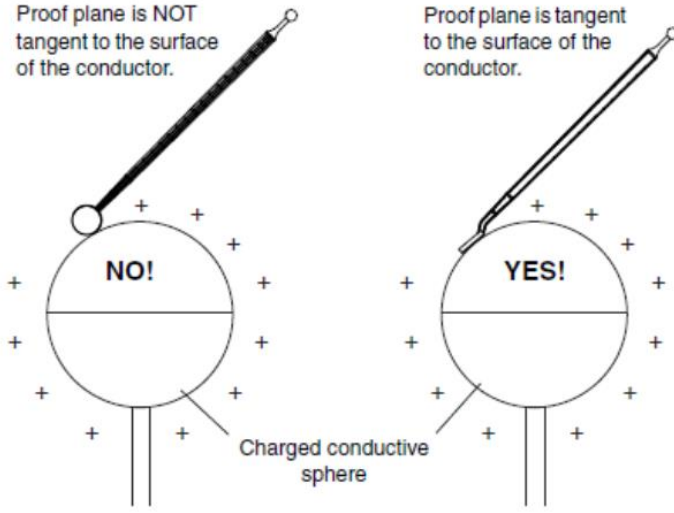
Test diski bir iletkene değdirildiği zaman test diski iletken yüzeyin bir parçası haline gelir. Eğer yüzeyin şekli üzerindeki etki anlamlı miktarda ise, yük yoğunluğunun ölçülmesi doğru olmayacaktır. Bu yüzden daima test diskini iletken yüzeye yüzeyin şekil değişikliğini (değmeden dolayı) minimum düzeyde tutacak şekilde değdirin. Aşağıdaki şekil iletken bir küre üzerindeki yükü test diski kullanılarak ölçmek için doğru kullanım şeklini göstermektedir.



Şekil 1.12 Faraday kafesi ve elektrometre

Not: Yük yoğunluğunu doğru bir biçimde ölçmek için iletken, test diskinin yüzeyinden daha büyük olmalıdır ve iletken materyal (deneyde iletken küre) ölçümün alındığı noktada oldukça büyük bir eğrilik yarıçapına sahip olmalıdır. Buna rağmen, test diskleri herhangi bir şekle sahip iletkenlerin üzerindeki yük kutuplanmasını (polarity) test etmek için kullanılabilirler.

Bilgi: iletken olan disk kısmının materyali karbon doldurulmuş siyah polikarbonat maddesidir (yaklaşık olarak $10^3\Omega$ 'luk dirence sahip). İletken olmayan boyun kısmı beyaz polikarbonat maddesinden yapılmıştır (yaklaşık $10^{14}\Omega$).



Şekil 1.13 Yüklü iletken küreler

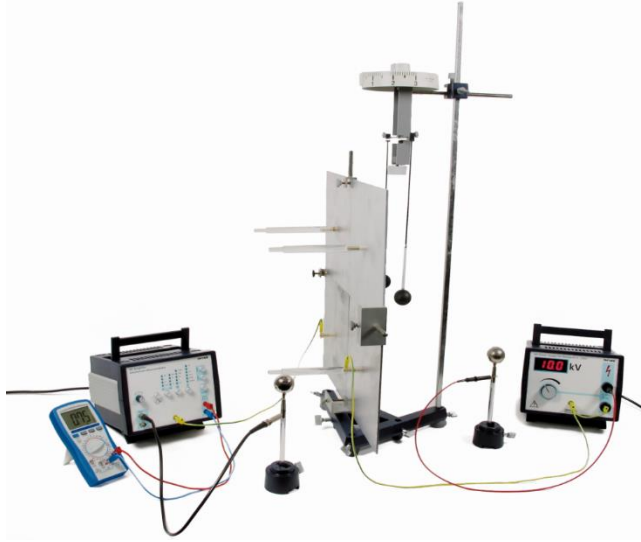
Deney 2. Coulomb Yasası ve Görüntü Yüğü

İlgili kavramlar

Elektrik alanı, elektrik alan şiddeti, elektrik akısı, elektrostatik indüksiyon, elektrik sabiti, yüzey yük yoğunluğu, dielektrik farkı, elektrostatik potansiyel.

İlke

Küçük elektriksel olarak yüklü bir top, yerküre potansiyelinde tutulan metal bir levhanın önünde belli bir mesafeye konur. Elektrostatik indüksiyona bağlı olarak metal levhaların yüzeyinde oluşan yüzey yükü, yüklenmiş topla birlikte iki zıt nokta yük arasında oluşan elektrik alanına benzer olarak bir elektrik alanı oluşturur. Elektrostatik potansiyel, nokta etkisinden sakınmak için çevresinde yeterince serbest yük taşıyıcıları (iyonize moleküller) bulunması gereken bir prob ile ölçülür.



Şekil 2.1 Yer potansiyelindeki bir metal levha ile yüklü bir top arasındaki potansiyel alanını araştırmak için deneysel düzenek

Top üzerine etkileyen elektrostatik kuvvet duyarlı bir gerilme dinamometresiyle ölçülebilir.

Donanım	Kod No	Adet
Destek ayağı	02005.55	2
Üçlü ayak	02002.55	1
Silindirik ayak	02006.55	1
Dik açılı mengene	02040.55	2
Destek çubuğu, uz. 250mm	02025.55	1
Destek çubuğu, uz. 100mm	02028.55	1
Destek çubuğu, uz. 100mm	02020.00	1
İzolasyon aksı	06021.00	1
İletken top, çapı 40mm	06237.00	1
Unit construction sığaç, geniş	06233.00	1
Spacer plates, 1 takım	06228.01	2
Düzlem sığaç, 283x283mm	06233.02	4
Gerilme dinamometresi, 0.01N	02416.00	1
İletken küreler	02416.01	1
Elektrik alan ölçer	11500.00	1
Potansiyel probu	11501.00	1
DC yükselteç 220VAC	11742.93	1
Güç kaynağı, 1-25kV Dc, 220V	11730.93	1
Güç kaynağı	11704.93	1
Sayısal ölçü aleti 2A	07132.00	1
Bağlantı kablosu 50kV, 1000mm	07367.00	1
Bölmeli kablo uz. 1500mm	07542.12	1
Adaptör	07542.20	1
Bütan kartuşlar	32178.01	1
Bütan lehim lambası	32179.00	1
Lastik tüp, çapı 7mm	39282.00	1
Bağlantı kablosu, 500mm, kırmızı	07361.01	3
Levha tutucu	02062.00	3
U mıknatıs için tutucu	06509.00	1
İşaretili ağırlık 1G	03916.00	4
Akım ölçer, 1 MA-3A DC/AC	07036.00	1
Düz pil 9V	07496.10	1
Bağlantı kablosu, 500mm, mavi	07361.04	4
Bağlantı kablosu, 750mm, kırmızı	07362.01	2
Bağlantı kablosu, 750mm, mavi	07362.04	4
Bağlantı kablosu, 1000mm, kırmızı	07363.01	1
Bağlantı kablosu, 2000mm, mavi	07364.04	1



Şekil 2.2 Top üzerine etkiyen elektrostatik çekici kuvvetin ölçülmesi için deneysel düzenek

Problem

1. Yerküre potansiyelindeki bir metal levha ile küçük bir yüklü küre arasındaki elektrostatik potansiyel alanın araştırılması.
2. Kuvvet ile top üzerindeki yük arasındaki ilişkinin belirlenmesi.
3. Topun metal levhaya olan uzaklığı ile kuvvet arasındaki ilişkinin belirlenmesi.
4. Elektrik sabitlerinin belirlenmesi.

Deney düzeneğinin kurulması ve işlem

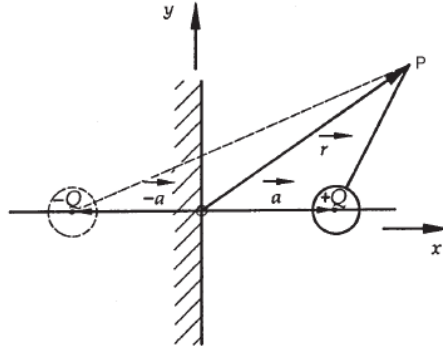
1. Potansiyel alanın ölçülmesi için deneysel düzenek şekil 2.1'deki gibidir. Seri bağlanmış 10Ω 'luk dirençlerle birlikte ölçüm aletinin iç direnci elektrik alan ölçerinin çıkışına eşit hale getirilir (uydurulur). Potansiyel ölçüm probunun ölçme ucunun altındaki alevi dikkatle ayarlayın. Ölçme ucunun konumunu prob desteğinin altında duran

milimetrik kağıt yardımıyla kaydedin. Eş potansiyel yüzeylerini (çizgilerini) bulmak için, probu her bir durumda potansiyel değişmeden kalacak şekilde hareket ettirin. Çevrenin etkileri, sadece topraklanmış metal levha ve iletken top arasındaki alanda ihmal edilebildiğinden değerlendirmeyi $0 < x, y < a$ sınırlamasıyla gerçekleştirin.

2. Elektrostatik kuvvetin ölçümü için deneysel düzenek şekil 2.2'de gösterildiği gibidir. Top ve metal levha arasında verilen bir uzaklık değeri için dinamometrede istenen kuvveti ayarlayın, topu yükleyin ve yük, dinamometrenin başlangıç konumuna dönmesi için yeterince uzağa düşene kadar bekleyin. Sonra hemen yükü ölçün.

3. İletken top ve iletken levha arasındaki uzaklığın farklı değerleri için bu işlemi tekrar edin. Bu uzaklık değerlerini 4 cm ve 8 cm aralığıyla sınırlandırın. Çünkü mesafeler daha küçük < 4 cm olduğu zaman iletken top üzerindeki yük büyük miktarda levhaya geçer (elektrostatik indüksiyon) ve mesafeler daha büyük > 8 cm olduğu zaman elektrik alan kondansatör levhanın kenarları ve çevresi tarafından tedirgin edilir.

Kuram ve değerlendirme



Şekil 2.3 Levha/yük ve görüntü yük sistemindeki geometrik ilişki

Şekil 2.3'de gösterildiği gibi zıt yüklenmiş iki nokta yükten oluşmuş sistemde, şekildeki r mesafesine sahip noktadaki ϕ elektrostatik potansiyeli

Böylece

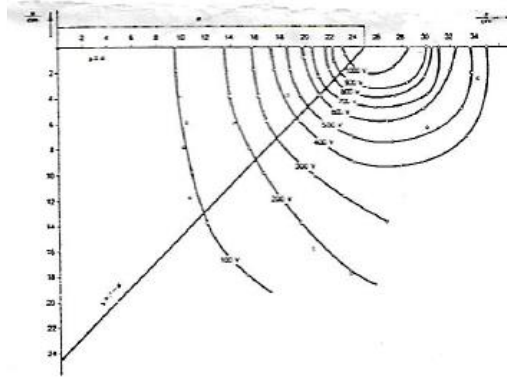
$$\varphi(\vec{r}) = \frac{3}{4}\varphi(\vec{x}) = \frac{1}{2}\vec{a} \left[\frac{a}{\sqrt{(x-a)^2 + y^2}} - \frac{a}{\sqrt{(x+a)^2 + y^2}} \right]$$

elde edilir.

Ölçümlerden bir örnek verilecek olunursa, iletken top üzerinde yer potansiyeline göre 1000V'lık bir potansiyel olduğunda bu durumda referans noktası için;

$$\varphi(\vec{x}) = \left(\frac{1}{2}\vec{a}\right)$$

elde edilir. Şekil 2.4 tek tek eşpotansiyel yüzeylerini (çizgilerini) göstermektedir.

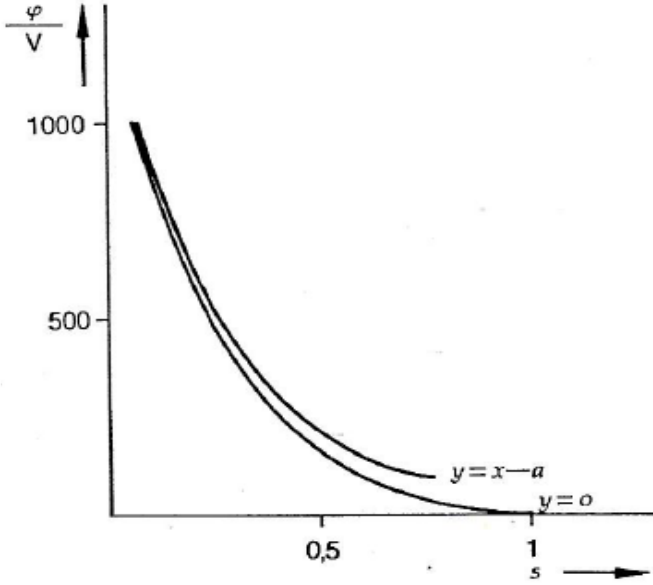


Şekil 2.4 Topun merkezinden geçen levhannın yüzeyine dik bir düzlemde, bir potansiyel ölçme probu ile tespit edilen eş potansiyel yüzeyleri (çizgileri)

$$\varphi(\vec{x}) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0|\vec{r} - \vec{a}|} - \frac{Q}{4\pi\epsilon_0|\vec{r} + \vec{a}|}$$

$$\varphi(\vec{x}) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\sqrt{(x-a)^2 + y^2}} - \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\sqrt{(x+a)^2 + y^2}}$$

Burada Q yük miktarını ve ϵ_0 elektrik sabitini göstermektedir. Levha/top sistemindeki bu uzaysal potansiyel dağılımını ispatlamak için belli bir mesafedeki (örneğin $\frac{1}{2}\vec{a}$) potansiyelden bahsetmek daha fazla tavsiye edilir.



Şekil 2.5 Şekil 2.4'de çizilen düz çizgiler boyunca s yörünge parametresi ve elektrostatik potansiyel arasındaki karşılıklı ilişki

Elektrostatik potansiyel ve s yörünge parametresi arasında $y=0$, $x=sa$ ve $y=sa$, $x=(1+s)a$ düz çizgileriyle alınan kesitlerden elde edilen bağıntılar Şekil 2.5'de gösteriliyor.

Eğer ,

$$X_1 = \frac{1}{|s-1|} - \frac{1}{|s+1|}$$

ve

$$X_2 = \frac{1}{\sqrt{2}|s|} - \frac{1}{\sqrt{2}\sqrt{s^2+2(s+1)}}$$

alırsak,

$$\varphi = \frac{3}{4} \varphi\left(\frac{1}{2}\vec{a}\right) X_i^{Bi}; \quad (i=1,2)$$

Kuvvet ifadesiyle arakesit noktalarının değerlerine çizilen regresyon çizgileri

$$B_1=1.068$$

$$SDB_1=0.088$$

$$B_2=0.969$$

$$SDB_2=0.047$$

üs değerlerini ve standart sapmalarını verir. Aynı zamanda aşağıdaki orantı faktörleri ve onların standart sapmaları elde edilir.

i	$\frac{\varphi\left(\frac{1}{2}\vec{a}\right)}{V}$	$\frac{SD\varphi\left(\frac{1}{2}\vec{a}\right)}{V}$
1	173.8	0.124
2	191.5	0.068

Böylece, $x \geq 0$ yarı düzleminde oluşan elektrostatik potansiyel alanının iki zıt yüklenmiş noktasal yükün oluşturduğu alana eş olduğu gösterilir.

$y=0$, $x=-a$ 'daki tekillik görüntü yüküne mal edilebilir.

$$\vec{E}(\vec{r}) = -\text{grad} \frac{-Q}{4\pi\epsilon_0|\vec{r}+\vec{a}|}$$

Denklemden, görüntü yükü tarafından oluşturulan elektrostatik alan

$$\vec{E}(\vec{r}) = -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0|\vec{r}+\vec{a}|^3}(\vec{r} + \vec{a})$$

olur. Bu yüzden $y=0$, $x=a'$ daki yüke etki eden kuvvet

$$\vec{F} = Q(\vec{E}(\vec{a})) = -\vec{F}\frac{\vec{a}}{a}$$

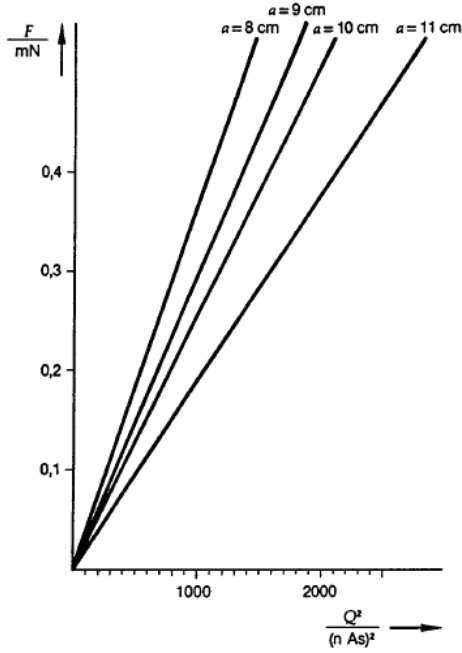
olur.

Burada;

$$F = \frac{Q}{16\pi\epsilon_0 a^2}$$

dir.

Bir örnek ölçümde, iletken top ve kondansatör levha arasındaki uzaklığının farklı değerleri için bulunan kuvvet ve yük çiftleri şekil 2.6'da gösterilmektedir.



Şekil 2.6 Top ve levha arasındaki farklı a mesafeleri için F elektrostatik kuvveti ve Q yükü arasındaki ilişki.

Şekil 2.6'daki ölçülen değerlerle,

$F=A_a Q^{B_a}$ kuvvet ifadesiyle çizilen aşağıdaki düz regresyon çizgileri verir.

$a(\text{cm})$	8	9	10	11
B_a	2.21	1.93	2.40	2.02
SDB_a	0.06	0.12	0.07	0.07

Bu nedenle, F kuvveti yükün karesiyle orantılıdır

$$\frac{F}{Q^2} = A_a$$

Şekil 2.6'dan eğimi ölçerek elde edilen A_a orantı faktörü, yüklü levha ve (şekil 2.7) arasındaki a mesafesinin bir fonksiyonudur. Şekil 2.7'deki değerlere

$A_a = \frac{1}{16\pi\epsilon_0} a^B$ kuvvet ifadesiyle çizilen düz regresyon çizgisi $SDB=0.22$ standart sapmasıyla $B=-2.00$ değerini verir.

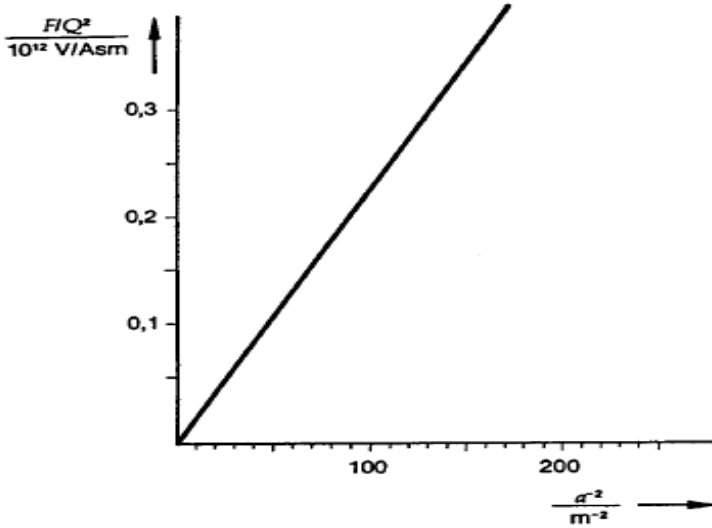
Bu nedenle,

$$\frac{F}{Q^2} \sim \frac{1}{a^2}$$

Orantı faktörü

$$\epsilon_0 = \frac{Q^2}{16\pi a^2 F} = 8.4 \times 10^{-12} \frac{As}{Vcm}$$

değerindeki elektrik sabitini verir. (Literatürdeki değer = $8.859 \times 10^{-12} \frac{As}{Vcm}$)



Şekil 2.7. Top ve levha arasındaki a mesafesinin bir fonksiyonu olarak şekil 2.6'daki düz çizgilerin eğimlerine karşılık gelen F/Q^2 grafiği

Deney 3. Elektrik Alanı Çizgileri

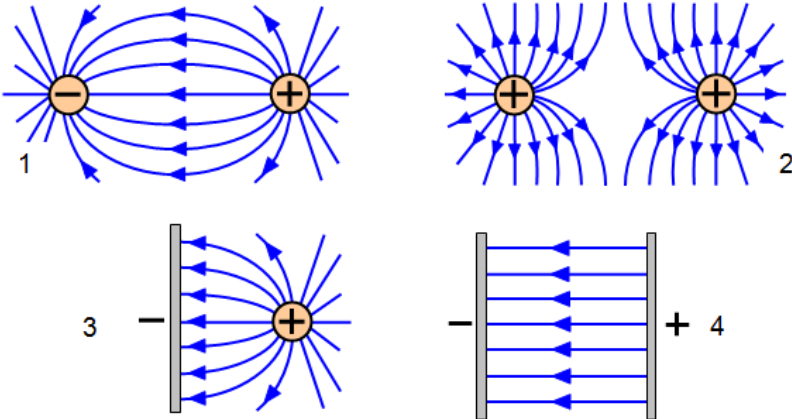
Deneyin Amacı:

Bu deneyin amacı, farklı yük dağılımlarının etrafında oluşan elektrik alan çizgilerini gözlemlemek ve bu alanların özelliklerini incelemektir. Elektrik alan çizgileri, yüklerin etrafındaki elektrik alanın yönünü ve büyüklüğünü görselleştirmeye yardımcı olur.

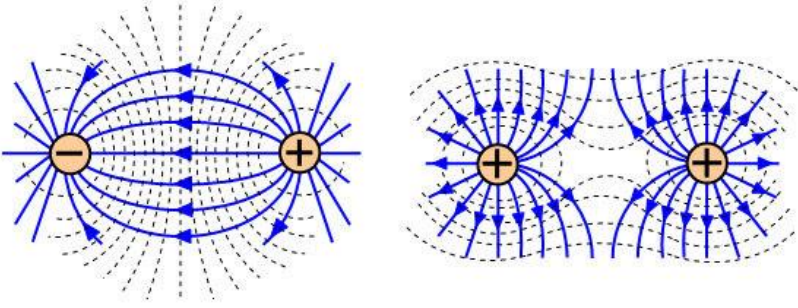
Teorik Bilgi:

Elektrik alanı, yüklerin etrafındaki kuvvet alanıdır ve pozitif bir test yükü üzerine uygulanan kuvvet olarak tanımlanır. Elektrik alan vektörel bir büyüklüktür ve yönü, pozitif yüklü bir parçacığın üzerine etki eden kuvvetin yönüne doğru olur. Elektrik alan çizgileri bazı temel özelliklere sahiptir.

1. Pozitif yüklerden dışarıya, negatif yüklere doğru yönelirler.
2. Alan çizgileri hiçbir zaman birbirini kesmez.
3. Alan çizgilerinin yoğunluğu, alanın büyüklüğünü temsil eder.



Şekil 3.1 Yüklerin oluşturduğu elektrik alanlar



Şekil 3.2 Yüklerin oluşturduğu elektrik alan (mavi oklu çizgiler) ve eşpotansiyel çigileri (kesik çizgiler)



Şekil 3.3 Elektrik alan çizgilerinin deneysel görüntüsü

Kullanılan Malzemeler:

- Yüklenmiş metal levhalar veya elektrotlar (farklı geometrilere sahip)
- İletken kağıt veya su dolu şeffaf bir tank
- Elektrik kaynağı (DC güç kaynağı)

- İki uçlu prob ve multimetre (voltmetre olarak kullanılacak)
- İletken mürekkep veya tuzlu su çözeltisi (İrmik ve Parafin yağı)
- Kurşun kalem veya işaretleyici

Deney Düzenegi

Deney iki farklı düzenek ile gerçekleştirilebilir

1. **İletken Kağıt Yöntemi:** İletken kağıt üzerine farklı geometrilere sahip metal elektrotlar yerleştirilir. Elektrotlar, bir güç kaynağına bağlanarak aralarında potansiyel fark oluşturulur.
2. **Su Tankı Yöntemi:** İçerisinde tuzlu su bulunan bir tankın içine metal elektrotlar yerleştirilir. Bu elektrotlar güç kaynağına bağlanarak potansiyel fark oluşturulur.

Deneyin Yapılışı:

1. İletken Kağıt Yöntemi:

- İletken kağıt üzerine iki elektrot yerleştirin ve bu elektrotları DC güç kaynağına bağlayın.
- Elektrotlar arasındaki potansiyel farkı ayarlayın ve voltmetreyi kullanarak farklı noktalardaki potansiyel farkı ölçün.
- Potansiyel farkları ölçerek eş potansiyel çizgileri çizin. Bu çizgiler, elektrik alan çizgilerine dik olacak şekilde oluşturulmalıdır.
- Eş potansiyel çizgilerinin arasındaki elektrik alan çizgilerini, pozitiften negatife doğru yönlenmiş şekilde çizin.

2. Su Tankı Yöntemi

- Su dolu tankın içine elektrotları yerleştirin ve güç kaynağını bağlayın.
- Uçlu probu suyun içinde hareket ettirerek farklı noktalardaki potansiyel farklarını ölçün.

- Elde edilen verilerle eş potansiyel çizgilerini belirleyin ve bu çizgilerden elektrik alan çizgilerini çizin.

Verilerin Analizi

- Elektrik alan çizgilerinin yoğunluğu, alanın büyüklüğünü gösterir. Çizgilerin sıklaştığı bölgeler, alanın daha güçlü olduğunu, seyrek olduğu bölgeler ise daha zayıf olduğunu belirtir.
- Farklı elektrot geometrileri için (örneğin, iki paralel levha veya nokta yük) elektrik alan çizgilerinin davranışını karşılaştırın.

Sonuç ve Tartışma

- Elde edilen elektrik alan çizgileri ve eş potansiyel çizgilerinin teorik beklentilerle ne kadar uyumlu olduğunu tartışın.
- Hataların olası kaynaklarını ve deneyin iyileştirilebileceği yönleri değerlendirin.
- Farklı elektrot geometrilerinin elektrik alan üzerindeki etkisini yorumlayın.

Deney Soruları

1. Elektrik alan çizgilerinin pozitif yükten negatif yüke doğru yönelmesinin fiziksel anlamı nedir?
2. İki paralel levha arasındaki elektrik alanın özellikleri nelerdir ve nasıl görselleştirilebilir?
3. Elektrik alan çizgilerinin yoğunluğunun alanın büyüklüğünü temsil etmesinin nedeni nedir?

Bu deney föyü ile öğrenciler, elektrik alanın temel kavramlarını daha iyi anlayacak ve yüklerin etrafındaki elektrik alan dağılımını görselleştirme yeteneği kazanacaktır.

Deney 4. Düzlem Sığaçtaki Elektrik Alanları ve Potansiyeller

İlgili Kavramlar: Sığaç, elektrik alanı, potansiyel, gerilim, eşpotansiyel çizgileri.

İlke: Bir sığacın yüklü levhaları arasında düzgün bir \vec{E} elektrik alanı oluşturulur. Alan şiddeti, elektrik alan şiddet ölçeri yardımıyla, düzlemler arası d mesafesinin U voltajının bir fonksiyonu olarak belirlenir. Alan içerisindeki \emptyset potansiyeli, bir potansiyel ölçme probuyla ölçülür.



Şekil 4.1 Voltajın ve düzlemler arası mesafenin bir fonksiyonu olarak elektrik alan şiddetinin ölçülmesi için düzenek

Donanım	Kod No	Adet
Üçlü ayak	02002.55	2
Silindirik ayak	02006.55	2
Tezgâh mengersi	02010.00	1
Destek çubuğu, kare kesitli, uz. 250mm	02025.55	1
Destek çubuğu, kare kesitli, uz. 400mm	02026.55	1
Dik açılı mengersi	02040.55	2
Stand tüpü	02060.00	1
Metre	03001.00	1

Elektrik ve Manyetizma

Unit construction capacitor	07026.00	1
Çok aralıklı ölçer	07160.00	2
Direnç, 10 M Ω	07361.00	1
Bağlantı kablosu, 500mm, kırmızı	07361.04	3
Bağlantı kablosu, 500mm, mavi	07362.01	3
Bağlantı kablosu, 750mm, kırmızı	07362.04	2
Bağlantı kablosu, 750mm, mavi	09937.01	2
Plastik cetvel, 200mm	11500.00	1
Elektrik alan ölçeri	11500.01	1
Sığaç	11500.00	1
Potansiyel probu	11501.01	1
Güç kaynağı, 220VAC	11725.93	1
LABOGAZ tipi bütan ocağı	32178.00	1
Bütan kartuşları	32178.01	1
Lastik boru	3928200	1
Bütan lehim lambası	32179.00	1
Bağlantı kutusu	06030.23	1
Direnç, 1w, 10 Ω	39117.03	4
Bağlantı ucu 100mm, yeşil-sarı	07359.15	1
Bağlantı kablosu, 500mm, mavi	07360.04	1
Akım ölçer, 1MA-3A DC/Ac	07036.00	1
Volt ölçer, 0.3-300 VCD, 10-300 VAC	07035.00	1



Şekil 4.2 Düzlem sığaçtaki potansiyeli, konumun bir fonksiyonu olarak ölçmek için düzenek.

Problem

1. Sabit levha yerleştirildiğinde, elektrik alan şiddeti ile gerilim arasındaki ilişki araştırılır,
2. Sabit gerilim durumunda, elektrik alan şiddeti ve levha yerleştrimi arasındaki ilişki araştırılır,
3. Düzlem sığaç içerisindeki potansiyel, konumun bir fonksiyonu olarak bir prob yardımıyla ölçülür.

Deney düzeneğinin kurulması ve işlem

1. Deneysel düzenek şekil 4.1'deki gibidir. Elektrik alan ölçerin, 0 Voltluk bir gerilimle sıfır ayarı yapılmış olmalıdır. Sonra elektrik alan şiddeti, herhangi bir levha konulmasında (yaklaşık 10 cm) çeşitli gerilimlerde ölçülür.
2. Sabit 200V'lık bir gerilimde elektrik alan şiddeti, iki sığaç levhası arasındaki uzaklık 2 cm'den 12 cm'ye kadar değiştirilirken uzaklığın bir fonksiyonu olarak ölçülür.

3. Deneysel düzenek şekil 4.2'de gösterildiği gibidir. Levhalar arası uzaklık 10 cm olup, uygulanan voltaj 250 V'dir.

Levhalar arasındaki potansiyel, potansiyel ölçme probu yardımıyla ölçülür. Yüze yüklerinin girişiminden sakınmak için, probun ucundaki hava 3 ile 5 mm uzunluğunda bir alev kullanılarak iyonize edilir. Prob daima sığaç levhalarına paralel kalacak şekilde hareket ettirilmelidir.

Kuram ve değerlendirme

Düzlem sığaçtaki \vec{E} elektrik alanı için Maxwell denklemlerinden

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{D} = \rho$$

elde edilir. Levhalar arasındaki yüksüz boşluktaki kararlı hal durumu için,

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = 0 \quad (1)$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{D} = 0 \quad (2)$$

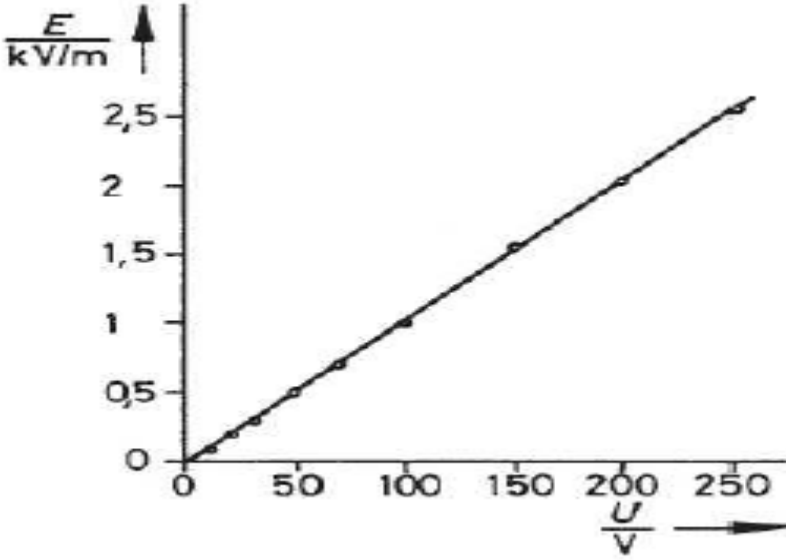
Eğer bir levha $y - z$ düzleminde diğeri de d kadar uzakta ona paralel tutulursa ve eğer levhaların sonlu olmasına bağlı sınır sorunları göz önünde bulundurulmazsa, (1) denkleminde \vec{E} 'nin x yönünde ve düzgün olduğu sonucu çıkar. $\vec{\nabla} \times \vec{E} = 0$ olduğundan, \vec{E} bir \emptyset skaler alanının gradyeni olarak gösterilebilir. \vec{E} , düzgün olması nedeniyle,

$$\vec{E} = \frac{\phi_1 - \phi_2}{\vec{x}_1 - \vec{x}_2} = \frac{U}{d} \quad (3)$$

Burada potansiyel farkı, U uygulanan voltaj değerine eşittir ve d levhalar arasındaki mesafedir.

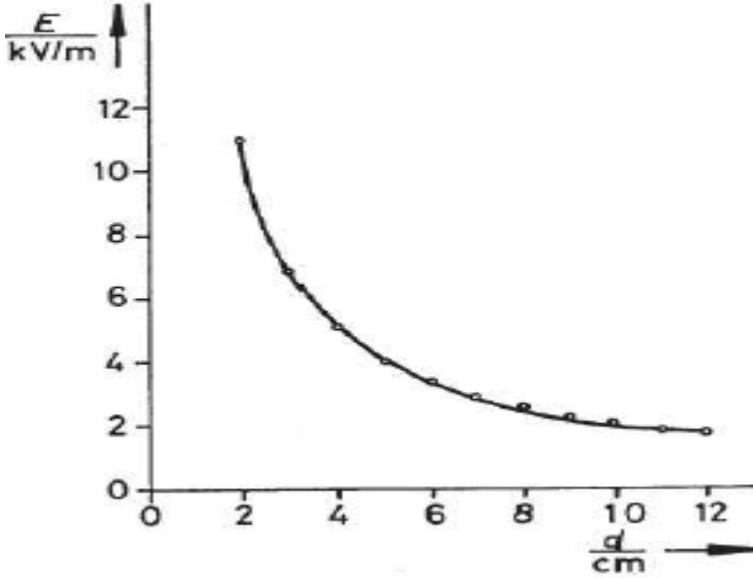
Şekil 4.3'ün ölçülen değerlerine $\vec{E} = \vec{A}U^B$ üstel ifadesiyle çizilen regresyon çizgisinden

SDB=0.003 standart hatasıyla, B=1.005 üs değeri elde edilir (denklem (3)'e bakınız). Böylece, sabit d mesafesi için \vec{E} gerilimle doğru orantılıdır.

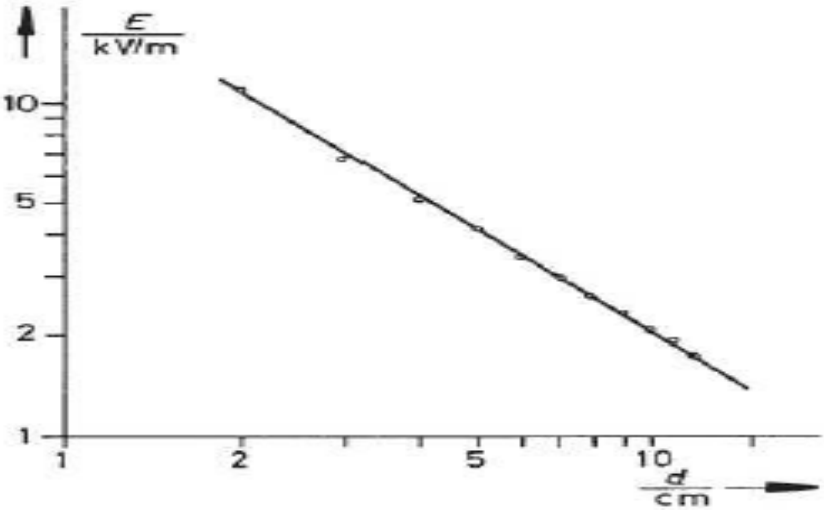


Şekil 4.3 Levha geriliminin bir fonksiyonu olarak elektrik alan şiddeti

Sabit U gerilimi ile çalışıldığında, \vec{E} alan şiddeti d mesafesiyle ters orantılıdır.



Şekil 4.4 Levhalar arası uzaklığın bir fonksiyonu olarak elektrik alan şiddeti

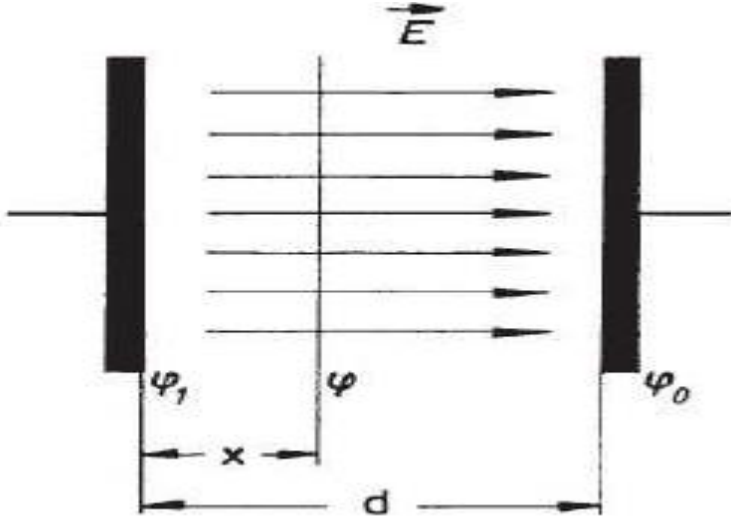


Şekil 4.5 Şekil 4.4'ün ölçülen değerlerinin log-log kağıdındaki grafiği

Eğer ölçülen değerler log-log kağıdında grafiğe dökülürse (şekil 4.5), o zaman,

$$\log \vec{E} = \log \frac{U}{d} = \log U - \log d$$

olduğundan, 0.02 standart hatasıyla, -1.02'lik eğime sahip düz bir çizgi elde edilir.

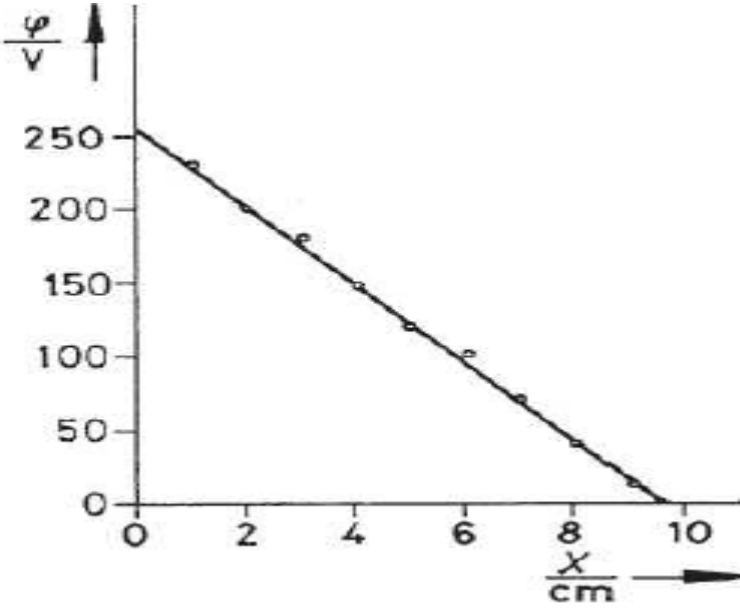


Şekil 4.6 Düzlem sığaçtaki potansiyelin ölçümü

$\phi = 0$ iken, düzlem sığaç içerisindeki bir eşpotansiyel yüzeyinin ϕ potansiyeli, x mesafesine $-\phi_1$ potansiyeline sahip düzleme olan uzaklığı çizgisel olarak bağlı olduğundan,

$$\phi = \phi_1 - \vec{E} \cdot \vec{X} = \phi_1 - \frac{U}{d} x$$

şeklindedir (şekil 4.6).



Şekil 4.7 Düzlem sığaç içerisindeki potansiyel ($U = 250V$, $d = 10cm$).

$U = 250V$ 'lık bir gerilim ve $d = 10cm$ 'lik bir levhalar arası uzaklık değeri kullanarak yapılan ölçümlerde, şekil 4.7'nin ölçülen değerleri konum ve potansiyel arasında çizgisel bir ilişkiye işaret eder.

$$\phi = \phi_1 + \vec{E} \cdot \vec{X}$$

çizgisel ifadesiyle,

$$SDE = 0.04kV/m$$

standart hatasıyla,

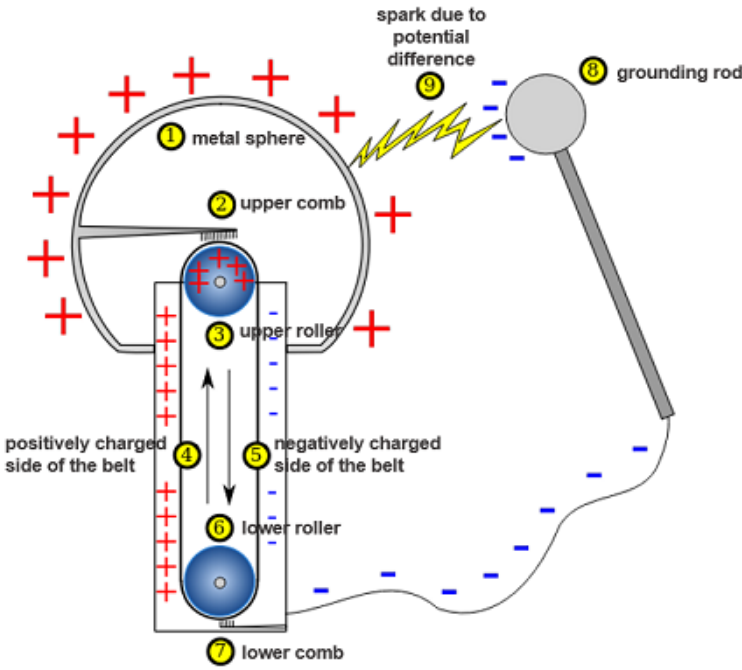
$$\phi_1 = 250V \text{ ve } \vec{E} = -2.68kV/m$$

bulunur.

Deney 5. Van de Graaff Jeneratörü

Deneyin Amacı: Bu deneyin amacı, Van de Graaff jeneratörünün nasıl çalıştığını ve yüksek gerilim oluşturma prensiplerini anlamaktır. Ayrıca, jeneratörün kullanımıyla statik elektrik ve elektriksel yük dağılımı gibi kavramlar gözlemlenecektir.

Teorik Bilgi: Van de Graaff jeneratörü, elektriksel yükü bir metal kubbe üzerine biriktirerek yüksek potansiyel farkları oluşturan bir cihazdır. Çalışma prensibi, triboelektrik etki ve elektrostatik indüksiyona dayanır. Yükler, dönen bir kayış aracılığıyla jeneratörün tabanındaki kaynaktan alınır ve kubbenin üzerinde toplanır. Bu şekilde, kubbe üzerinde büyük miktarda yük birikir ve yüksek gerilim elde edilir.



Şekil 5.1 Van de Graaff jeneratörü yapısı



Şekil 5.2 Van de Graaf jeneratörü

Kullanılan Malzemeler

- Van de Graaff jeneratörü
- Metal küre veya küreler (iletken)
- Küçük kâğıt parçaları, konfeti veya alüminyum folyo parçaları
- Elektroskop
- Neon lambası
- Topraklama çubuğu
- İsteğe bağlı olarak, saç teli veya benzeri hafif iletken malzemeler

Deney Düzenegi: Van de Graaff jeneratörü uygun bir masa üzerine yerleştirilir ve tüm bağlantıları kontrol edilir. Gerekli güvenlik önlemleri alındıktan sonra cihaz çalıştırılmaya başlanır.

Deneyin Yapılışı:

1.Yük Biriktirme ve Boşalma Deneyi:

- Jeneratörü çalıştırın ve metal kubbe üzerinde yük biriktirin.
- Küçük kâğıt parçalarını veya konfeti parçalarını kubbenin üzerine doğru serpin. Parçaların kubbeden nasıl uzaklaştığını gözlemleyin. Bu olay, aynı cins yüklerin birbirini itmesi prensibiyle açıklanır.
- Topraklama çubuğunu kullanarak kubbedeki yükleri boşaltın ve kâğıt parçalarının tekrar kubbe üzerine düşmesini gözlemleyin.

2.Elektriksel Yüklerin Dağılımının Gözlemlenmesi:

- Jeneratör çalışırken bir elektroskopu jeneratörün kubbesine bağlayın.
- Elektroskopun yapraklarının açılmasını gözlemleyin. Bu, kubbedeki elektrik yükünün büyüklüğünü gösterir.
- Elektroskoptaki yapraklar, jeneratörün kapatılması veya topraklama çubuğu ile boşaltılması durumunda tekrar kapanacaktır.

3.Neon Lambası ile Yük Transferinin Gözlemlenmesi:

- Küçük bir neon lambayı jeneratörün kubbesine yaklaştırın. Neon lambasının yanıp söndüğünü gözlemleyin. Bu, yüksek potansiyel farkından dolayı hava moleküllerinin iyonlaşması sonucunda oluşan bir ışımaya etkisidir.

4.İsteğe Bağlı: Saçların Dikleşmesi Deneyi:

- Denek kişinin elini Van de Graaff jeneratörünün kubbesine temas ettirin. Jeneratör çalıştırıldığında saç tellerinin dikleştiğini gözlemleyin. Bu, saç tellerinin aynı cins yükle yüklenmesi ve birbirini itmesi nedeniyle gerçekleşir.

Verilerin Analizi:

Van de Graaff jeneratörünün nasıl yüksek gerilim oluşturduğunu açıklayın. Yük birikiminin potansiyel fark ile olan ilişkisini tartışın.

Elektriksel yüklerin iletken bir yüzeyde nasıl dağıldığını ve bu dağılımın elektroskop ile nasıl ölçüldüğünü değerlendirin.

Neon lambasının neden yanıp söndüğünü ve bunun iyonlaşma ile olan bağlantısını açıklayın.

Sonuç ve Tartışma:

1. Deneyin bulguları, Van de Graaff jeneratörünün çalışma prensibiyle ne kadar uyumlu?
2. Deney sırasında gözlemlenen olguların (kâğıt parçalarının itilmesi, neon lambasının yanması, saçların dikleşmesi) fiziksel açıklamalarını yapın.
3. Deneyde karşılaşılan hataların olası nedenlerini tartışın ve deneyin nasıl iyileştirilebileceğini değerlendirin.

Deney Soruları:

1. Van de Graaff jeneratörü üzerindeki metal kubbede yükler nasıl birikir ve yük birikiminin sınırı nedir?
2. Aynı cins yüklerin birbirini itmesi, Van de Graaff jeneratörü ile yapılan hangi deneylerde gözlemlenmiştir?

3. Neon lambasının yanması sırasında hava moleküllerinin iyonlaşmasının rolü nedir?

Bu deney, öğrencilerin statik elektrik, elektriksel yük birikimi ve yüklerin etkilerini gözlemleyerek elektrostatik konusunu daha iyi anlamalarını sağlar.

Deney 6. Gerilim Akım Ölçümleri ve Ohm Yasası

İlgili kavramlar: Ohm yasası, direnç, temas direnci, iletkenlik, dört telli ölçüm yöntemi.

Deneyin Amacı:

1. Metal çubukların (bakır ve alüminyum) akım / gerilim özelliklerini çizmek ve dirençlerini hesaplamak.
2. Akım, gerilim ve direnç kavramlarının tanıtılması, akım gerilim grafiği çizilerek çeşitli bağlantı kablolarının direncinin belirlenmesi ve temas direncin hesaplamak.
3. Ohm yasasının doğruluğunun sınanması.

Donanım	Kod No	Adet
Evrensel ölçüm amplifikatörü	13626-93	1
PHYWE Güç kaynağı 0–12 V DC / 6 V, 12 V	13505-93	1
AC, 230 V	04518-11	1
Isı iletkenlik çubuğu, Cu	04518-12	1
Isı iletkenlik çubuğu, Al	07129-00	2
Dijital avometre, 2005	06030-23	1
Bağlantı kutusu	07365-02	2
Bağlantı kablosu, 32 A, 2000 mm, sarı	07362-02	2
Bağlantı kablosu, 32 A, 750 mm, sarı	07362-04	1
Bağlantı kablosu, 32 A, 750 mm, mavi	07361-01	2
Bağlantı kablosu, 32 A, 500 mm, kırmızı	07361-04	1
Bağlantı kablosu, 32 A, 500 mm, mavi	07360-01	1
Bağlantı kablosu, 32 A, 250 mm, kırmızı	07360-04	1
Bağlantı kablosu, 32 A, 250 mm, mavi	07359-02	2
Bağlantı kablosu, 100 mm, sarı		

Deneye Hazırlık Çalışması

Deneye başlamadan önce aşağıdaki bilgilerin öğrenilmesi deneyin yapılışında kolaylık sağlayacaktır.

- Akım, gerilim ve direnç kavramları
- Elektriksel olarak iletken ve yalıtkan maddelerin tanımları,
- Ohm yasası,
- Direnç değerinin renk kodu ile hesaplanması,
- Direnç, voltmetre ve ampermetrenin bir devreye nasıl bağlanacağı.

Teori: Ohm Yasası

Metallerde ve bazı malzemelerde (bilhassa ticari amaçlı dirençler), deneysel olarak, malzemenin karşısındaki V gerilim düşüşünün, malzemenin içinden akım ile doğrudan orantılı olduğu söylenilebilir (nispeten sabit sıcaklık koşuluyla).

$$V \propto I$$

Bu bağıntı Ohm Yasası olarak bilinir ve bu yasa bir elektrik devresinin incelenmesinde kullanılan en temel yasadır. Direnci aşağıdaki denklemde belirtildiği gibi verilen bir orantı sabiti ile tanımlamak uygundur (birim: Ohm $[\Omega] = V / A$). Bu orantı sabiti bir direncin (R), uçları arasındaki gerilim (V) ile doğru, direnç üzerinden geçen akım (I) ile ters orantılıdır.

$$V = I \cdot R \tag{1}$$

Bu bağıntıya göre, dirençten geçen akım arttıkça, direncin uçları arasındaki gerilim direnç sabit kalacak şekilde artacaktır. Ohm yasasını ispatlamak için öncelikle dirençten geçen akımın, uçlar arasındaki gerilime göre grafiğinin çizilmelidir. Elde edilen grafik lineer (doğrusal) ise doğrunun eğimi bize direnci verecektir. Gerilim-akım grafiği doğrusal olan devre elemanları ohm yasasına uyar ve

omik devre elemanları olarak ifade edilir. Gerilim-akım grafiği doğrusal olmayan devre elemanları ise, omik olmayan bir devre elemanları diye ifade edilir.

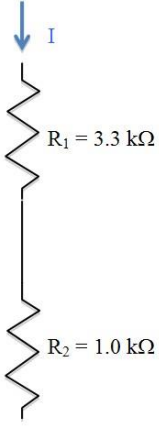
Bir direnç, genel olarak Ohm Yasasına uygun (birçok cihazda yoktur) ve R direnci olan bir cihaz anlamına gelir. İki (veya daha fazla) direnç seri (Şekil 5.1'deki gibi) veya paralel olarak (Şekil 5.2'deki gibi) bağlanabilir. Dirençler, Şekil 5.3'teki gibi bir seri / paralel devrede de bağlanabilir. Eşdeğer bir direnç, aynı toplam voltaj uygulandığında daha karmaşık bir devrenin yerini alabilecek ve aynı toplam akımı üretebilecek tek bir dirençtir. Seri devre için, dirençler ilave edilir:

$$R_{eş} = R_1 + R_2 \quad (2)$$

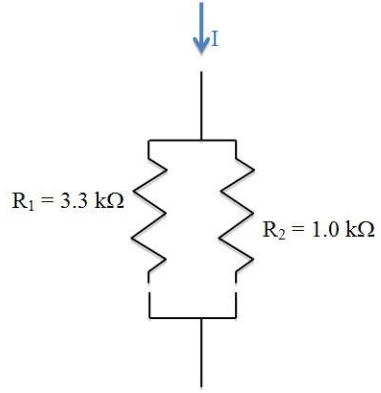
$R_{eş}$ eşdeğer direnç olduğu yerde. Paralel bir devre için, dirençler karşılıklı olarak eklenir

$$\frac{1}{R_{eş}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (3)$$

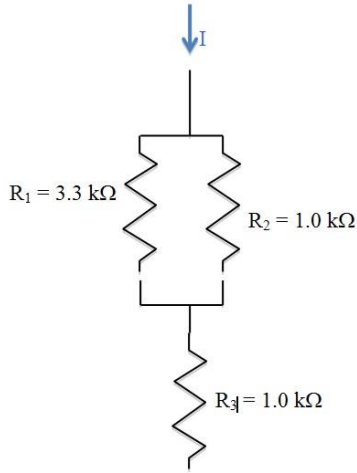
Şekil 6.3'teki gibi daha karmaşık bir devre, R_1 ve R_2 'nin paralel olduğunu ve Denklem 3'ü kullanarak eşdeğer bir dirence indirgenebileceğini belirterek ele alınabilir. Bu eşdeğer direnç R_3 ile seri halindedir ve Eşitlik 2 kullanılarak tüm devrenin direnci hesaplanabilir.



Şekil 6.1 Seri bağlı direnç

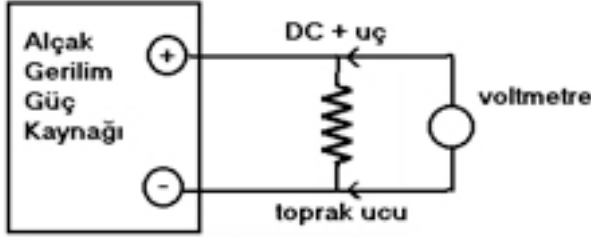


Şekil 6.2 Paralel Bağlı Direnç

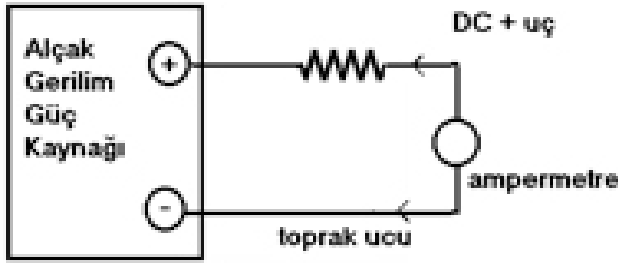


Şekil 6.3 Seri ve Paralel Bağlı Direnç

Deneyin Yapılışı



Şekil 6.4 de bir voltmetrenin devreye bağlanması



Şekil 6.5 Ampermetrenin devreye bağlanması

Şekil 6.4 ve şekil 6.5 deney de kullanacağımız devreleri göstermektedir.

1. Direncin uçları arasındaki potansiyel farkı ölçmek için, avometreyi kullanarak direnci 100Ω olan bir direnç ile alçak gerilim güç kaynağını Şekil 6.4'deki devreyi oluşturacak şekilde kurunuz.

2. Devrede yer alan alçak gerilimli güç kaynağı, devreye bir gerilimi uygulayacaktır. Uygulanan gerilim, devre üzerindeki elektronik

göstergeden okunabilir. Direnç uçları arasındaki gerilimi ölçmek için akım ölçeri şekil 6.4'deki gibi devreye paralel olacak şekilde bağlayınız. Daha sonra elektronik gösterge yardımıyla doğru akım güç kaynağını 2 V'a getiriniz. Voltmetre yardımıyla direncin uçları arasındaki gerilim değerini (elektriksel potansiyel fark) okuyarak Çizelge 1 de yazınız. Elektriksel potansiyel farkını kaydettikten sonra devreyi tekrar eski haline getiriniz ve akım ölçeri akım değerini ölçmek için devreye seri bağlayınız (akım ölçeri (DC-A) konumunda olmalıdır) ve bu potansiyel değerine karşılık gelen akım değerini ölçünüz (Şekil 6.5) ve bu değeri de Çizelge 1 de yazınız. Daha sonra gerilim değerlerini 2'şer Volt arttırarak 20 V'a kadar arttırınız. Sırasıyla, her bir potansiyel (gerilim) değeri için eşzamanlı olarak devreden geçen akım değerini ölçünüz ve çizelge 1 de yazınız.

3. Alçak gerilim güç kaynağının iç direncini bulmak için, farklı büyüklükte bir direnç kullanınız. Örneğin 100 Ω 'luk direnç için 6 V'da ölçüm aldıktan sonra, direnci 1000 Ω 'luk farklı bir direnç ile değiştirin. Aynı potansiyel de (6 V), direncin uçları arasındaki gerilim (elektriksel potansiyel) farkını ölçünüz ve bu değeri kullanarak alçak gerilim güç kaynağının iç direncini hesaplayın.

Aşağıdaki tabloyu ölçtüğünüz değerler ile doldurduktan sonra istenen hesapları yapınız.

Çizelge 6.1 Ölçülen akım ve gerilim değerleri

R=100 Ω		
Giriş Gerilimi	Volt(V)	I(mA)
2		
4		
6 R=100 Ω R=1000 Ω		
8		
10		
12		
14		
16		
18		
20		

Bu çizelgeden yararlanarak aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. Devrenin şemasını akım yönünü göstererek çizin. Pozitif yükü “+” ile negatif yükü “-” ile gösterin.
2. Akım-voltaj grafiğini çizin. Bu grafiğin eğimi size neyi verecektir?
3. Akım-voltaj grafiğini çizin. Bu grafik için dikey kesişmenin fiziksel anlamı nedir?
4. $y = mx + b$ ile başlayarak, dirençler için voltaj - akım arasındaki ilişkiyi temsil eden bir denklem yazın.
5. Bir ampulle direnç arasındaki voltaj-akım ilişkisi neden direncinkinden farklıdır?

Ohm Yasası ile İlgili Sorular

1. İki metal telin sadece uzunlukları birbirinden farklı ve metal cinsi, yarıçapları gibi diğer özellikleri aynı ise hangisi daha fazla elektriksel dirence sahiptir? Açıklayınız.
2. İki metal telin çapları birbirinden farklı, diğer özellikleri aynı ise elektriksel direnci fazla olan hangisidir? Açıklayınız.
3. Metal bir telin öz direnç nedir? Öz direnci ifade eden denklemi yazarak içinde geçen terimleri ifade ediniz.
4. Uzunluğu $l=12$ m ve çapı $2r= 0.04$ cm olan bakır bir telin direncini (R) hesaplayınız ($\rho_{\text{bakır}} 1.678 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$).
5. Ampermetrenin ve Voltmetre devreye nasıl bağlanır, açıklayınız.
6. Sırası ile yeşil, siyah, mor ve altın şeritlerden oluşan bir direncin değerini teorik olarak hesaplayınız.
7. Silindirik biçimindeki bir telin uzunluğu çapı değişmeyecek bir biçimde 2 katına çıkarılıncaya kadar gerilirse direncin değeri nasıl değişir?

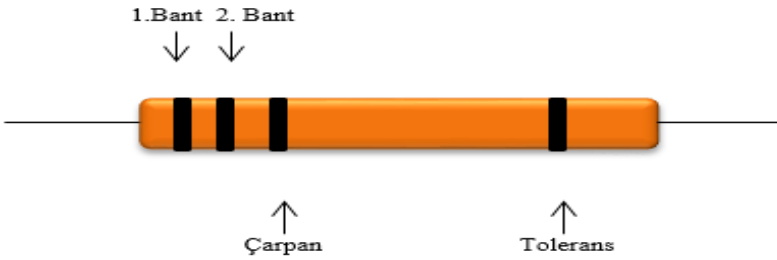
Deney 7. Direnç Okuma

İlgili Kavramlar: Tel direnç, voltmetre, ampermetre, Ohm Yasası, dirençlerin bağlanması

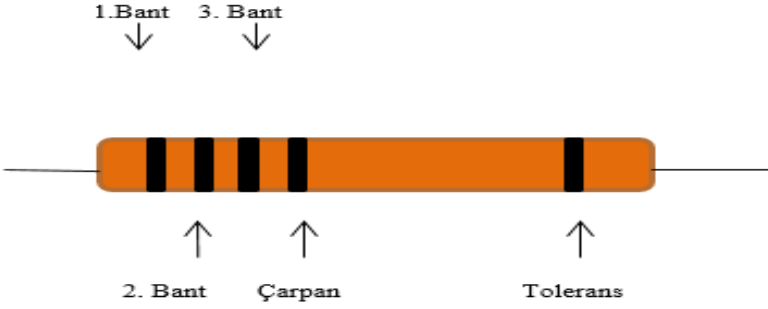
İlke: Farklı renklere sahip tellerin dirençlerini renk kodlarından yararlanarak teorik olarak hesaplamak. Dirençleri seri veya paralel bağlayarak direnç değerlerini hesaplamak.

Renk Kodlarından Yararlanarak Direnç Değerinin Hesaplanması

Bir direncin değerini Ohm metre olmadan hesaplamamanın yolu, direnç üzerindeki renkli bant olarak bilinen renkli şeritlerden yararlanmaktır. Bir elektrik devresi oluştururken kullanılan dirençler genellikle dört veya beş renk bant içermektedir. Bu renkler dirençlerin değerine göre değişkenlik göstermektedir. Aşağıdaki şekilde renk bantlarına göre dirençlerin şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 7.1 Dört Renk Bantlı Direncin Şematik Gösterimi



Şekil 7.2 Beş Renk Bantlı Direncin Şematik Gösterimi

Dirençler renk kodlarından yararlanılarak hesaplanır.

$$(1.\text{Renk } 2.\text{Renk})10^{3.\text{Renk}} \pm \% \text{ Tolerans}$$

Direncin Toleransının Hesaplanması

Tolerans direnç değerindeki yüzdelik bir değişim olup, üretimden kaynaklanan hata payının değeridir. Direncin en sondaki bandı altın renginde ise yani; hata payı (toleransı) %5 ise, bu direncin değeri hesaplanan direnç değerinden %5 oranında büyük veya küçük olabilir. Örneğin, Bir direncin renklerinden yararlanarak 80 Ohm ve $\pm \% 5$ toleranslı okuduk diyelim. % 5 fazlası $80 + (80 \times 5/100) = 84$ Ohm, % 5 düşüğü $80 - (80 \times 5/100) = 76$ Ohm olur. Yani bu direncinin değeri 76-84 Ohm arasındadır. Direnç değeri 76-84 Ohm değerlerinin dışında ise, bu direnç bozuk demektir.

Tablo 1. Direnç renk sayı çarpanları ve tolerans

Renk	1.Bant	1.Bant	1.Bant	Çarpan	Tolerans
Siyah	0	0		0	
Kahverengi	1	1	1	10^0	$\pm\%1$
Kırmızı	2	2	2	10^1	$\pm\%2$
Turuncu	3	3	3	10^2	
Sarı	4	4	4	10^3	
Yeşil	5	5	5	10^4	$\pm\%0.5$
Mavi	6	6	6	10^6	$\pm\%0.25$

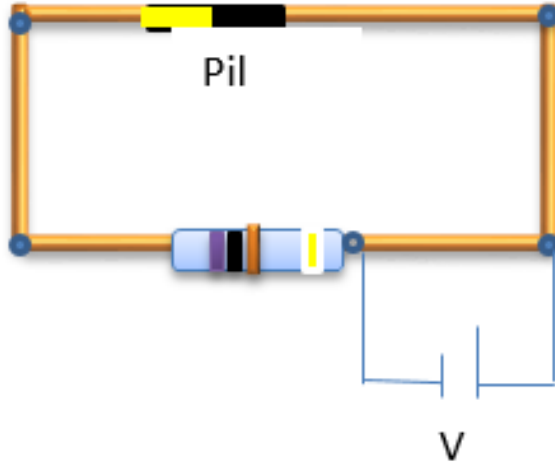
Mor	7	7	7	10^7	$\pm\%0.1$
Gri	8	8	8		$\pm\%0.05$
Beyaz	9	9	9		
Altın				10^{-1}	$\pm\%5$
Gümüş				10^{-2}	$\pm\%10$
Renksiz					$\pm\%20$

Örnek: Mavi, mavi, siyah ve gümüş renk bantlarından oluşan bir direncin değerini hesaplayınız.

	Renk Değeri	Direnç Değeri	Maksimum Direnç Değeri	Minimum Direnç Değeri
Mavi-Mavi-Siyah-Gümüş	$66 \times 10^0 \pm \%1$ 0	66 Ω	72.6 Ω	59.4 Ω

Dirençlerin Bağlanması:

Voltmetre: Gerilim voltmetre ile ölçülüp, birim yük başına düşen potansiyel fark olarak tanımlanır. Voltmetre, elektrik devrelerinde iki nokta arasındaki gerilimi ölçen elektronik bir ayardır. Voltmetreler, şekil 7.3 de gösterildiği üzere bir elektrik devresinin veya gerilim kaynağının iki ucu arasına iç dirençleri büyük olduğu için paralel bir şekilde bağlanır. Voltmetre, elektrik devresine seri bağlanırsa, iç direncinin büyük olmasından dolayı, devreden akım geçmez ve üzerinde büyük bir gerilim oluşur.



Şekil 7.3 Voltmetrenin devreye bağlanması

Yukarıdaki şekilde gösterildiği gibi voltmetre dirence paralel bağlanmıştır ve voltmetrenin de bir iç direnci olduğundan devrenin direnç değerini değiştiriyor. Çünkü voltmetre, devredeki dirence paralel olarak bağlanır ve eşdeğer direnç oluşumuna neden oluyor. Paralel bağlı bu devrenin eşdeğer direnci aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$\frac{1}{R_{eşdeğer}} = \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R_{voltmetre}} \right)$$

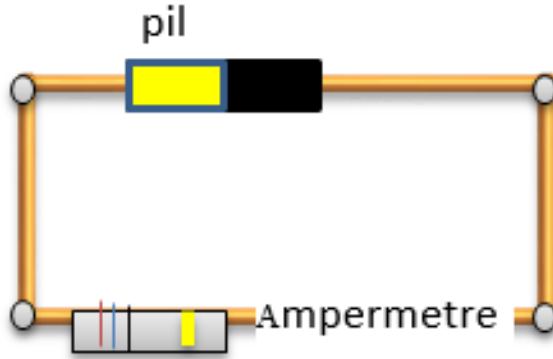
Bu denklemden, voltmetrenin devrenin direncini değiştirmemesinin nedeni voltmetrenin direncinin R'den çok büyük olmasıdır. Yani, matematiksel olarak ifade etmek gerekirse $\frac{1}{R_{voltmetre}} = 0$ olmalı. Başka bir ifade ile $R_{voltmetre} = \infty$ olmalı. Gerçekte sonsuz değere sahip voltmetre yoktur ve gerçek voltmetrelerde direnç çok büyük

olduğu için, elektrik devresinin gerilim değeri ölçülürken voltmetrenin direnci sonsuz kabul edilir.

Voltmetrenin Özellikleri:

1. Voltmetre bir elektrik devresinin gerilimini ölçmeye yarayan alet olup, birimi volt'tur.
2. Voltmetreler iç direnci yüksek olduğu için devreye paralel bağlanır.
3. Voltmetre göstergesinde yazılı değerden daha fazla gerilim uygulanmamalıdır.

Ampermetre: Bir devreden birim zamanda geçen yük miktarına akım denir. Akım, ampermetre ile ölçülür. Ampermetre, bir elektrik devresinde, mevcut devre elemanlarından geçen elektrik akımını belirlemek için kullanılan ölçü aletidir. Elektrik devresinde, devre elemanın üstünden geçen akımı ölçmek istediğimiz için ampermetre devreye seri bağlanır. Bunun için şekil 7.4 de gösterildiği gibi devre elemanları arasındaki bağlantıları koparmak gereklidir.



Şekil 7.4 Ampermetrenin devreye bağlanması

Yukarıdaki şekilde gösterildiği üzere ampermetre dirence seri bağlanmış olup, devrenin direncini etkileyerek değiştirir. Nedeni, ampermetrenin de bir direncinin olmasıdır. Devreye seri bağlanır ve

eşdeğer direnç oluşturuyor. Seri bağlı bu devrenin eşdeğer direnci aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$R_{eşdeğer} = R + R_{ampermetre}$$

Bu denklemden ampermetrenin devrenin direncini değiştirmemesi gerekiyor. Bunun tek yolu ampermetrenin direncinin 0Ω olmasıdır. Başka bir ifadeyle $R_{ampermetre} = 0$ olmalı, bu da ideal ampermetrenin direnç değeri olup, ampermetrenin direnci, devre analizinde sıfır olarak kabul edilir. Ampermetreyi devreye paralel ağlırsak, devre üzerinden çok yüksek bir akım geçer. Bu yüksek akım değeri sonucu devrenin de çok ısındığı görülür.

Deneyin yapılışı:

1. Farklı renk kodlarına sahip dirençlerin değerini teorik olarak hesaplayıp, ohmmetre yardımıyla elde ettiğiniz direnç değeriyle karşılaştırınız. Renk kodlarının günlük hayatta getirdiği kolaylığı tartışınız.
2. Renk kodlarının yer aldığı dirençleri kullanarak seri bağlı devre oluşturun. Her bir direnç üzerinden geçen gerilim ve akım değerlerini teorik olarak hesaplayıp, voltmetre ve ampermetre kullanarak ölçtüğünüz değerlerle karşılaştırınız.
3. Renk kodlarının yer aldığı dirençleri kullanarak paralel bağlı devre oluşturun. Her bir direnç üzerinden geçen gerilim ve akım değerlerini teorik olarak hesaplayıp, voltmetre ve ampermetre kullanarak ölçtüğünüz değerlerle karşılaştırınız.

Deney 8. Kirchoff Kuralları

İlgili kavramlar: Düşük gerilimli güç kaynağı, 100 Ω ve 1000 Ω değerlerinde dirençler, analog akım ölçer ve bağlantı kabloları.

Deneyin Amacı: Akım ve gerilim ifadelerinden yararlanarak Kirchoff Kurallarının sınanması amaçlanmaktadır.

Kirchoff kuralları, akım ve gerilim kuralları temel alınarak aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

Kirchoff Gerilim Kuralı: Bir kapalı devrede, bütün devre elemanlarının (hem güç kaynağının elektromotor kuvveti (emk) hem de tüm direnç elemanları) üstündeki (uçları arasındaki) potansiyel farklarının cebirsel toplamı sıfır olmalıdır. Bu aşağıdaki seri bağlı devreye uygulandığında,

$$\Sigma V = 0 \quad (1)$$

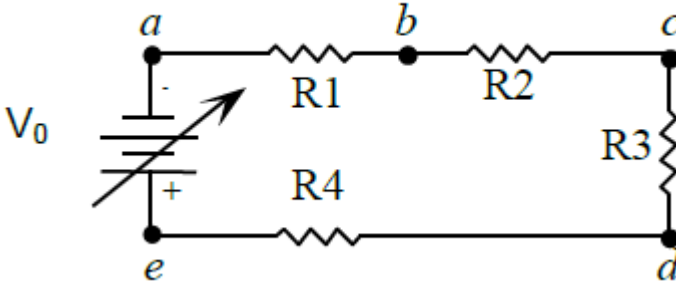
olur. Burada; V, güç kaynağının uçları arasındaki potansiyel farkıdır. Bu kural elektrostatik kuvvetin korunumunu tanımlar.

Kirchoff Akım Yasası: Bir devrede düğüm noktasına gelen akımların cebirsel toplamı her zaman sıfırdır. Yani,

$$\Sigma I = 0 \quad (2)$$

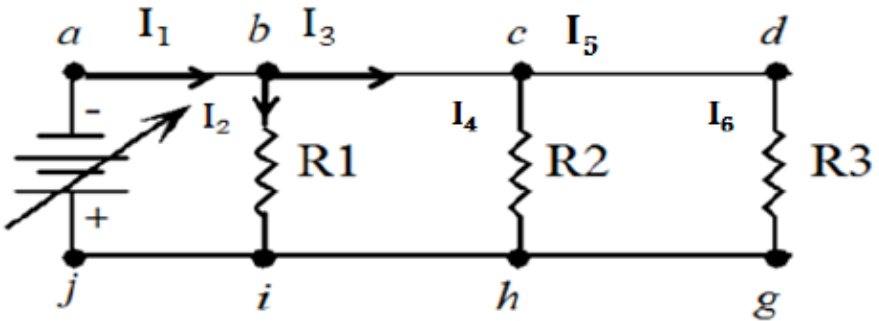
Bu kural yükün korunumunu tanımlar. Bu kural elektrik yükünün korunumunu oluşturur. Buna göre kavşakta elektrik yükü birikmeyeceğinden, birim zamanda kavşağa giren yük kavşaktan çıkan yüke eşit olmalıdır.

Deneyin Yapılışı



Şekil 8.1 Devrede dirençlerin seri bağlı

1. Şekil 8.1'deki devreyi oluşturmak için dirençleri seri bağlayınız ve bu devreye güç kaynağını 10 V verecek şekilde ayarlayarak bağlayıp, devreyi oluşturunuz. Sonra her bir direncin gerilimini (potansiyel farkını) ve üzerlerinden geçen akım değerlerini ölçüp çizelge 1'i oluşturunuz. Elde ettiğiniz sonucu Kirchhoff gerilim kuralını göz önüne alarak yorumlayınız. Ohm yasasını kullanarak, dirençlerin değerini teorik olarak bulunuz ve elde ettiğiniz sonuçları devrede kullandığımız dirençlerin gerçek değerleri ile karşılaştırınız. Teorik olarak hesaplanan direnç değeri ile deneysel olarak hesaplanan direnç değeri arasında fark var mıdır? Açıklayınız. Şekil 8.1'deki eşdeğer devrenin eşdeğer direncini hesaplayınız.



Şekil 8.2 Devrede dirençlerin paralel bağlanması

2. Şekil 8.2'deki devreyi oluşturmak için dirençleri paralel bağlayınız ve bu devreye güç kaynağını 5 V verecek şekilde ayarlayarak bağlayıp, devreyi oluşturunuz. Daha sonra geçen akım değerlerini

ölçüp çizelge 3'ü oluşturunuz. Düğüm noktasına gelen akımları okuyup çizelge 2'ye yazınız. Ayrıca, her bir dirençten geçen akımı Ampermetre ile ölçüp Çizelge 2'ye kaydediniz. Kirchhoff akım kurallarına göre b, c ve d noktaları için bu sonuçları yorumlayınız. Şekil 8.2'deki paralel bağlı devrenin eşdeğer direncini hesaplayınız.

$$(R_1 = \Omega, R_2 = \Omega, R_3 = \Omega)$$

ÖLÇÜMLER

Çizelge 1: Kirchhoff Gerilim Yasası Hesabı

Volt	V _{ab}	V _{bc}	V _{cd}	V _{de}	V _{ea}	ΣV
ΔV						
Devre akımı						
Teorik			Deneysel			
R ₁ :			R ₁ :			
R ₂ :			R ₂ :			
R ₃ :			R ₃ :			
R ₄ :			R ₄ :			
R _{eş}			R _{eş}			
Hata değeri						

Çizelge 2: Kirchhoff Akım Yasası Hesabı

Amper	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅	I ₆
I						

Deney 9. Mıknatıslar ve Özellikleri

İlgili Kavramlar: Renkli çubuk mıknatıslar, ip, pusula, demir tozu, 20 x 20 cm boyutunda karton, Üç ayak, 1 adet destek çubuğu (10x500mm), 1 adet destek çubuğu (10x250mm) 1 adet Bağlama parçası

İlke:

1. Mıknatısların manyetik malzemeler üzerindeki itme ve çekme kuvvetinin deneyle belirlenmesi.
2. Manyetik alan çizgilerinin gözlemlenmesi
3. Sürtünme ile mıknatıslık özellik oluşturmak ve tek manyetik kutbun (N veya S) elde edilemeyeceğini görmek.
4. Mıknatıs kullanılarak pusula elde etmek

Teorik Bilgi

Mıknatıslar, manyetik alanlar oluşturur. Bu alanlar, mıknatısın etrafında oluşur ve diğer manyetik materyalleri çekebilir veya itebilir ve manyetik özelliklere sahip olan ve genellikle demir, nikel ve kobalt gibi ferromanyetik materyalleri çekebilen nesnelere sahiptir. Her mıknatıs iki kutba sahiptir: kuzey (N) ve güney (S) kutbu. Zıt kutuplar birbirini çekerken, Aynı kutuplar birbirini iter. Bu, manyetik alan çizgilerinin kutuplar arasında nasıl hareket ettiğinin sonucudur.

Mıknatıs Türleri:

- a) Doğal Mıknatıslar: Doğada bulunan ve doğal olarak manyetik özellik gösteren materyallerdir. Lodestone (manyetit) bu tür bir örnektir.
- b) Yapay Mıknatıslar: İnsan yapımıdır ve genellikle metal alaşımlarından yapılır. Bunlar da iki ana gruba ayrılır:
- c) Sabit Mıknatıslar: Manyetik özellikleri kalıcıdır. Örneğin, seramik veya alnico mıknatıslar.
- d) Geçici Mıknatıslar: Sadece bir elektrik akımı geçtiğinde manyetik özellik gösterirler. Elektromıknatıslar buna örnektir.

Mıknatıslar, Elektrik Motorları, jeneratörler, trafolar, sabit diskler, hoparlörler, çeşitli sensörlerde ve tıpta, MRI (Manyetik Rezonans Görüntüleme) cihazlarında kullanılır.

Pusula: Yön saptamak için kullanılmak üzere tasarlanan ve kuzey (N)-güney (S) doğrultusunu gösteren içinde bir mıknatıs iğnesinin bulunduğu kadranlı bir araçtır.

Deneyin Yapılışı

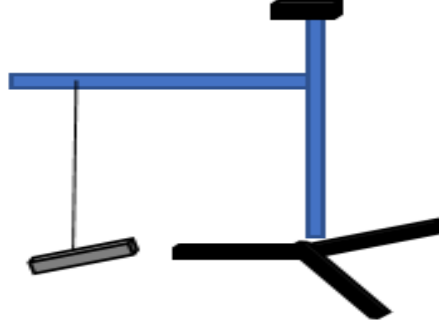
1. Çekme ve itme kuvvetini hissetmek için çubuk mıknatıslar ile oynayın. Mıknatısları birbirine çarptırmaktan ya da birbirlerini itmelerine karşı zorlamaktan sakının, çünkü mıknatıslık özellikleri zayıflayabilir. Çubuk mıknatıslarımızdan birini manyetik bir malzemenin yapılmamış ve etrafında demir gibi manyetik bir malzemenin olmadığı deney masasının üzerine koyunuz. Masa üzerine koyduğumuz çubuk mıknatısın yanına şekil 9.1 deki gibi ikinci bir mıknatısı yaklaştırınız ve ne gözlemlediğinizi belirtiniz. Şimdi de masa üzerindeki mıknatısın ucuna ikinci mıknatısın diğer tarafını yaklaştırınız. Hissettiklerinizi ve gözlemlerinizi belirleyiniz.



Şekil 9.1 Masa üzerinde mıknatıs yerleşimi

2. Çubuk mıknatısı ortasından iple bağlayarak şekil 9.2'deki düzeneği kurun ve mıknatısı sallandırın. Daha sonra mıknatısın tamamen durmasını bekleyiniz. Destek olarak masanın ya da tezgâhın bir kenarına takılmış ve ağırlıkla sabit tutulan bir kalem kullanabilirsiniz. Mıknatısın gösterdiği kuzey(N) - güney(S) doğrultusunu belirleyiniz. Mıknatısın gösterdiği doğrultu ile pusulanın gösterdiği doğrultuyu karşılaştırınız. Ağırlık merkezinden asılan bir çubuk mıknatıs, dünyanın manyetik alanı nedeni ile N-S

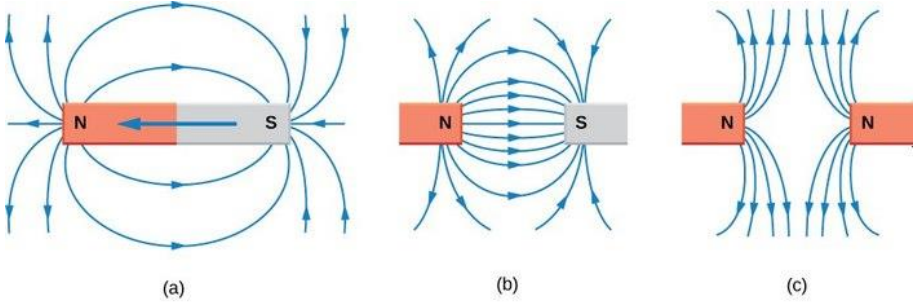
doğrultusuna yöneleceği için Dünya kutupları çubuk mıknatıs gibi davranır. Asılı mıknatısın yerine küçük bir pusula kullanın. Pusula farklı yerlerdeki çekim yönünü göstermek üzere mıknatısın etrafında hareket ettirilebilir.



Şekil 9.2 Yön bulmamızı sağlayan düzenek

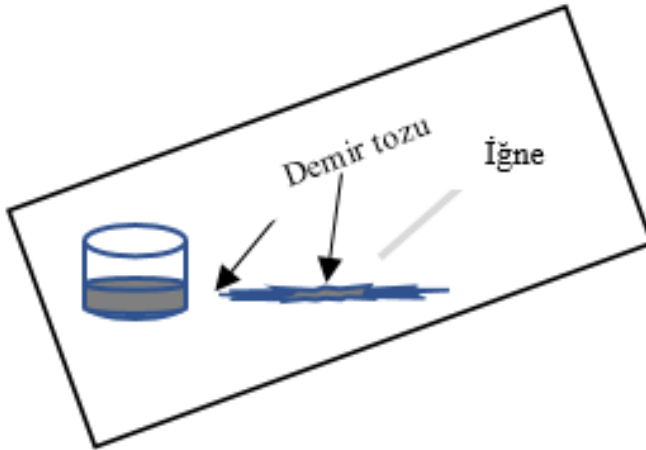
3. Çubuk mıknatısın çevresindeki etkiyi küçük bir pusula yardımıyla sistematik olarak araştırın. Uzaklıkla olan etkinin değişimini ve pusulanın kuzey-güney kutulanmasının nasıl olduğuna dikkat edin. Aynı ve zıt yönlü kutuplar arasındaki manyetik alan çizgilerini gözlemlemek için çubuk mıknatısın zıt kutupları karşılıklı gelecek şekilde (şekil 9.3) masa üzerine koyunuz. Üzerine cam levha veya kâğıt yerleştiriniz. Daha sonra yerleştirdiğiniz levhanın ve/veya kâğıdın üzerine demir tozları serpiniz. Demir tozlarının alacağı deseni yani meydana gelen manyetik alan çizgilerini inceleyiniz ve elde edilen sonuçları tartışınız.

4. Çubuk mıknatısların aynı kutupları bir araya gelecek masaya yerleştirin ve deneyi tekrarlayınız. Pusulayı cam levhanın veya kâğıdın üzerinde çeşitli noktalara yerleştirin ve yönünü desenin yönü ile karşılaştırın. Kullanılan cam levha veya kâğıt kısa bir mesafe yukarıda kalacak şekilde tahta bloklarla desteklenmelidir. Manyetik alan, çizgilerin birbirine en yakın olduğu yerde en güçlüdür. Bu çizgiler bize sanal “akı çizgilerinin” bir resmini verir ve manyetik alanın yönünü tanımlar. Yoğunluklarıyla da (azlık, çokluk ve derişim türünden) alanın şiddetini ve/veya akı yoğunluğunu verir.



Şekil 9.3 (a) Bir mıknatısın manyetik alan çizgileri, (b) N-S veya S-N kutuplar birbirini çeker, (c) N-N veya S-S kutuplar birbirini iter

Mıknatıslar birbirini etkileyecek kadar ayrı tutularak arada oluşturulan alan, demir tozları kullanıldığında yaklaşık olarak paralel çizgilerden oluşmuş olduğu görülür. Pusulada aynı yönü işaret eder ve bu bölgede nereye konulursa konulsun eşit dereceli hızlarda titreşir. Bu, gözlenebilir bir bölge boyunca aynı şiddet ve yöne sahip olup, düzgün bir manyetik alan oluşturur. Şekil 9.2'deki ve şekil 9.3'deki düzeneği kullanarak deneyi tekrarlayınız.



Şekil 9.4 Sürtünme ile mıknatıslanma için gerekli düzenek

5. Sürtünme ile mıknatıslık oluşturmak ve manyetik tek kutbun elde edilemeyeceğini gözlemlemek için önce kâğıt üzerine bir miktar demir tozu dökünüz ve ardından iğneyi demir tozlarına yaklaştırarak çekip çekmediğini gözleyiniz. Daha sonra kullandığınız iğnenin uç kısmını mıknatısa yaklaşık 30 defa aynı yönde sürtünüz ve ardından iğneyi demir tozlarına tekrar yaklaştırdığınızda demir tozlarını çektiğini gözlemleyiniz elde ettiğiniz sonuçları tartışınız.

6. Bir Elektrik Akımından Oluşan Manyetik Alan

1. Özel güç kaynakları akülerden daha uygun bir akım kaynağıdır. Çünkü takip eden deneylerdeki yüklenme sık sık kısa devre olması anlamına gelmektedir. Birimler aşırı yüklenme olmaksızın sürekli bir kısa devreye izin vermek için yeterli bir iç dirence sahip olmalıdır. Kısa devredeki akım yaklaşık olarak 8 Amper olmalıdır. Ayrıca siyah ve yeşil terminaller arasında 1 Volt AC alınabilir ya da iki yeşil terminal arasından 2 Volt AC alınabilir.

Elektriksel bağlantılar sadece demir tozları serpilirken yapılmalıdır, bağlantılar asla daha evvel yapılmamalı veya daha sonraya bırakılmamalıdır.

Tabla güç kaynağının bir yedek terminalinin altına yatay olarak tutturulur. Yaklaşık 25 cm uzunluğunda bir bakır tel parçası tabladaki küçük bir delik içinden geçirilir ve her bir ucu güç kaynağındaki DC kaynak terminallerinin uçlarına (+,-) yerleştirilir. Anahtar açılır ve demir tozları beyaz tablaya serpilir. Tablayı bir kurşun kalemle tıklayın ve oluşan deseni gözlemleyin.

Tel, deliğin içinden geçerken tablanın birkaç cm altında veya üstünde tablaya dik konumda tutulmalıdır. Telin geri kalanı tablanın yüzeyinde ihmal edilebilir olacak şekilde tabladan uzakta tutulmalıdır. Akım olmadığı zaman hiçbir alan oluşmadığına dikkat edilmelidir.

2. Tablada yaklaşık 2.5/8 cm genişliğinde iki paralel aralık kestikten sonra teli tahta silindir üzerinde arada boşluk bırakmadan 5 sarım olacak şekilde sarın. Daha sonra bobinleri aralıkların içine geçecek şekilde bağlayın ve demir tozlarını serperek oluşan deseni inceleyin. Onucu yorumlayınız.

3. Pusulayı bobin içine yerleştirin ve eksen boyunca yöneldiğine dikkat edin. Akım anahtarını açmak ve kapatmak pusula iğnesinin kontrolsüz bir biçimde hareket etmesine neden olur. Şimdi akımı azaltmak için kaynağa seri olacak şekilde 200 Ω a kadar bir direnç bağlayın. Derece derece artan akım iğnesinin N-S kutbunda E-W kutbuna doğru sapmasına neden olacaktır.

4. Deneyin 2. Aşamasındaki gibi fakat 10 veya daha fazla sarım olacak şekilde ve tellerin arasında boşluk olacak şekilde bir bobin hazırlayın. Önceki gibi tablolardaki aralıkların içine bobini kaydırın ve uçlarını kaynağa bağlayın. Demir tozlarını serpin ve bobinin ve/veya selenoidin içindeki alana dikkat edin. Sonucu yorumlayın.

5. Demirden yapılmış "C" biçimli çubuk alın ve üzerine bir kart koyun. Demir tozlarını bu kartın uçlarına serpin. Alan ya yoktur ya da yok denecek kadar azdır. Şimdi "C" biçimli nesnenin bir kolu etrafına 10 veya 20 sarımlık tel sarın ve öncekiler gibi kaynağa bağlayın. Bu nesnenin etrafında oluşan kuvvetli alana dikkat edin. Burada N ve S kutularını belirlemek için bir pusula koyun. Gözlemlediğiniz sonuçları yorumlayınız.

Deneyin 10. Tek Bobinlerin Manyetik Alanı

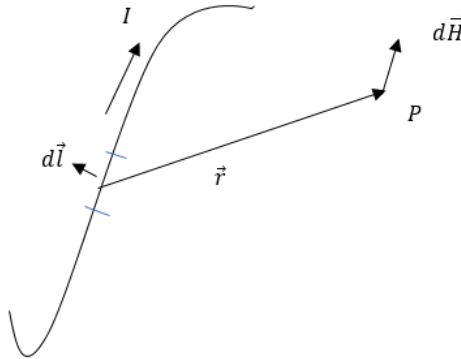
İlgili Kavramlar: Manyetik alan, elektrik alan, Tel halka, Biot-Savart yasası, Hall etkisi, Amper yasası

İlke: Farklı boyutlara sahip tel halka ve bobinlerin eksenleri boyunca manyetik alan değerleri Hall probu ile ölçülür. Elde edilen değerlerden yararlanılarak maksimum alan şiddeti ve tel boyutları arasındaki ilişki değerlendirilir. Ayrıca konumun, ölçülen ve teorik olarak hesaplanan etkiler arasında karşılaştırma yapılır.

Teorik Bilgi

1. Biot-Savart Yasası

Üzerinden akım geçen düz veya eğrisel bir telin **P** noktasında oluşturduğu toplam manyetik alan şiddeti \vec{H} , iletkeni oluşturan her bir **dl** tel parçasının **P** noktasında oluşturdukları **dH** manyetik alanların toplamına eşittir. Üzerinden **I** akımı geçen **dl** uzunluklu iletken parçasının **P** noktasında oluşturduğu manyetik alan $d\vec{B}$ olsun, bu alan $d\vec{l}$ ve **P** nin tanımlandığı düzlemin normaline diktir.



Şekil 10.1 İletken bir telin manyetik alanı

Biot-Savart yasasına göre, $d\vec{H}$ alanı aşağıdaki denklem ile ifade edilir:

$$d\vec{H} = \frac{1}{4\pi} \frac{I d\vec{l} \times \hat{r}}{r^2} \quad (1)$$

Burada, \hat{r} , $d\vec{l}$ ile P noktasını birleştiren doğru yönündeki birim vektörüdür. Toplam \vec{B} manyetik alan şiddetini belirlemek için (1) nolu denklemin iletken tel boyunca integrali alınmalıdır.

$$\vec{H}(P) = \frac{1}{4\pi} \int \frac{I d\vec{l} \times \hat{r}}{r^2} \quad (2)$$

Manyetik alan şiddeti, alanı meydana getiren akım ile tanımlanır. Alanın etkisi (örneğin, alan içindeki akım taşıyıcı teller) alanın içinde yer alan maddenin doğasına bağlıdır. Manyetik akı yoğunluğu B , içinden I^l akımı geçen ve kuvvet çizgilerine dik olan s uzunluğundaki iletken tele etki eden \vec{F} kuvveti ile tanımlanır.

$$\vec{B} = \vec{F} / (I^l, s) \quad (3)$$

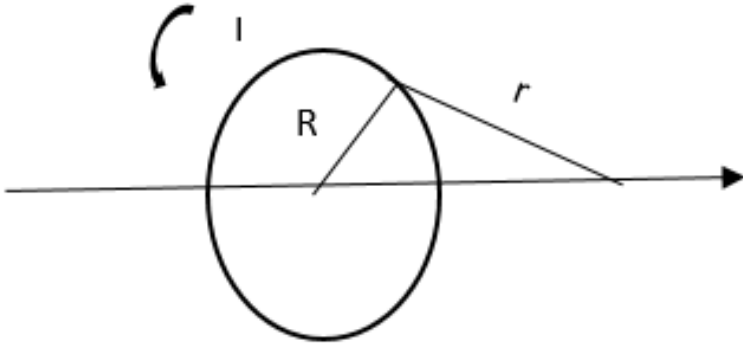
Manyetik alan şiddeti ile manyetik akı yoğunluğu arasındaki ilişki aşağıdaki denklem ile verilmektedir.

$$\vec{B} = \mu_0 \mu_r \vec{H} \quad (4)$$

Burada, μ_0 , boşluğun manyetik geçirgenlik katsayısı olup, değeri $4\pi \times 10^{-7}$ T·m/A olup, μ_r çarpanı da havanın boşluğa göre bağlı manyetik geçirgenlik sabiti olup değeri 1.0000004 dir. Bu nedenle bu çarpan ihmal edilir.

1. Çember Şeklindeki Bir İletkenin Manyetik Alanı

Biot-Savart yasasını kullanarak, çembersel bir iletkenin dönme simetri eksenini (x) boyunca, manyetik akı yoğunluğu hesaplanacak olursa, $d\vec{B}$ nin simetriden dolayı y bileşenleri birbirini yok edeceğinden, sadece x bileşenleri hesaplanır. Çünkü iletkenin y eksenini boyunca üretilen alan bileşenleri simetriden dolayı birbirini yok edecektir.



Şekil 10.2 Halka şeklindeki bir tel üzerinden geçen akımın manyetik akı yoğunluğu gösterimi

$$B(x) = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot I \int \frac{dlsin\alpha}{r^2} \quad (5)$$

$$B(x) = \frac{\mu_0 \cdot I}{4\pi} \int \frac{dl \cdot R}{r^3}$$

İntegralin iç kısmı sabit olup (çembersel boyunca integral alındığından), üstteki ifade aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$B(x) = 2\pi R \cdot \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot I \cdot \frac{R}{(x^2 + R^2)^{3/2}}$$

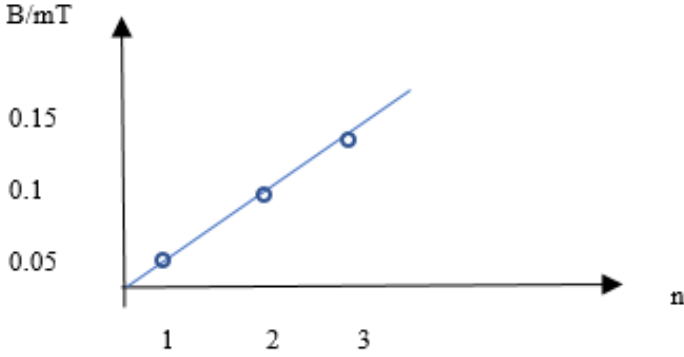
$$B(x) = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot R^2}{2 \cdot (x^2 + R^2)^{3/2}} \quad (6)$$

$\mu_0 = 1.2566 \times 10^{-6}$ H/m manyetik alan sabiti ile verilir.

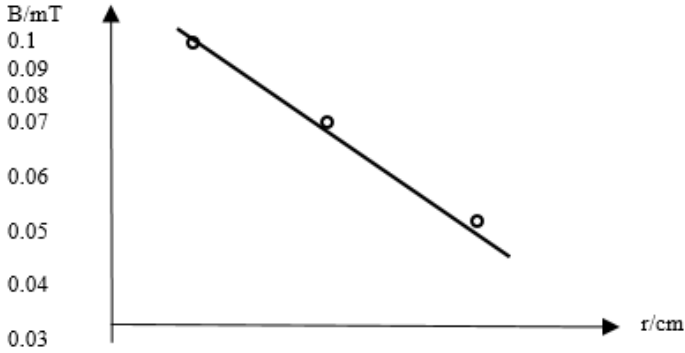
Birbirine yakın az sayıda benzer halkalar varsa, manyetik alan yoğunluğu n sarım sayısı ile çarpılarak elde edilir.

$$(B(x)) = \left(\frac{n\mu_0.I.R^2}{2.(x^2+R^2)^{3/2}} \right)$$

Halkanın merkezinde $x=0$ alınarak $B(x) = \frac{\mu_0.I.n}{2R}$ elde edilir.



Şekil 10.3 n sarım sayısının bir fonksiyonu olarak bobinin merkezindeki manyetik akı yoğunluğu

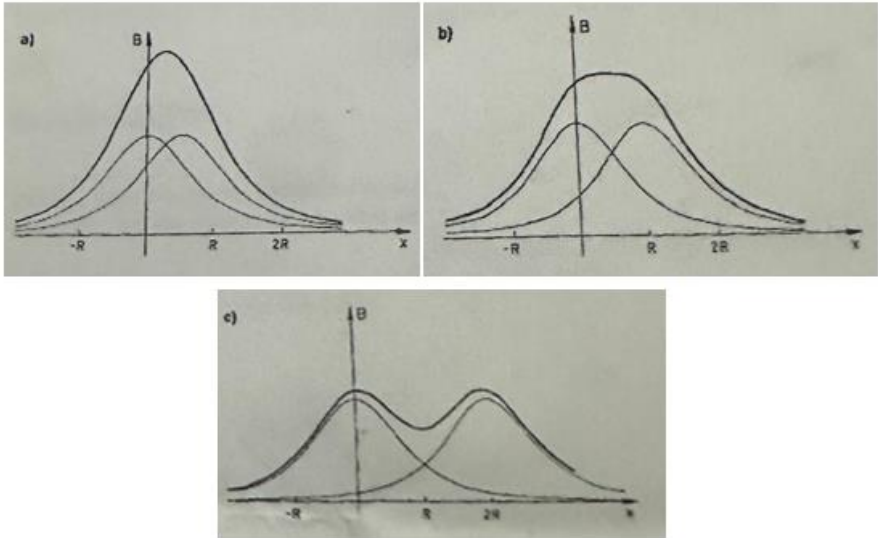


Şekil 10.4 Yarıçapın bir fonksiyonu olarak tek sarımlı bir bobinin merkezindeki manyetik akı yoğunluğu

$B = A_1 n^{E_1}$ ve $B = A_2 n R^{E_2}$ ifadelerinin kullanılmasıyla şekil 10.3 ve şekil 10.4'deki ölçülen değerler için regresyon çizgileri $E_1 = 0.96$, $S_{E_1} = 0.04$, yarıçap için; $E_2 = -0.97$, $S_{E_2} = 0.02$ olmak üzere E bileşenlerini ve standart sapmaları verir. Şekil 10.3 ve şekil 10.4 de ölçülen değerleri ve $B(x) = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot n}{2R}$ denklemini kullanarak manyetik alan sabiri için,
 $\mu_0 = (1.28 \mp 0.01) \times 10^{-6}$ H/m elde edilir.

1. Helmholtz Bobini

Şekil 10.3'de aralarında a uzaklığı bulunan birbirine paralel iki çembersel akım kaynağının meydana getirdiği manyetik alanların üstüste binmesi ile oluşan manyetik akı gösterilmektedir.



Şekil 10.5 Farklı uzaklıklarda bulunan çembersel iki akım kaynağının manyetik alanlarının üstüste binmesi a) $a = 0.5R$, b) $a = R$, c) $a = 2R$

Çembersel akım halkaları arasında belli bir a mesafesinde akı yoğunluğunun çok az değiştiği ve oluşan alanın neredeyse homojen olduğu bir bölge görülebilir.

Bu a uzaklığı, akı yoğunluğu $x = a/2$ için bir minimum olacağından aritmetik olarak bulunabilir. Bunun için gerekli şart, aşağıdaki denklem ile ifade edilmektedir.

$$d^2B/dx^2|_{x=a/2} = 0 \quad (7)$$

Denklem (6)'ya göre aşağıdaki denklem, akım kangallarının ikisinin akı yoğunluğuna uygulanabilir.

$$B(x) = B_1x + B_2x = \frac{1}{2}\mu_0IR^2 \left[\frac{1}{(x^2+R^2)^{3/2}} + \frac{1}{((x-a)^2+R^2)^{3/2}} \right] \quad (8)$$

İki kangalın toplam sarım sayısı n olup, uzunluğu ise ihmal edilebilir bir uzunlukta olmak üzere çembersel akımların yerine kullanılırsa, yukarıdaki ifade denklem (9) a indirgenir.

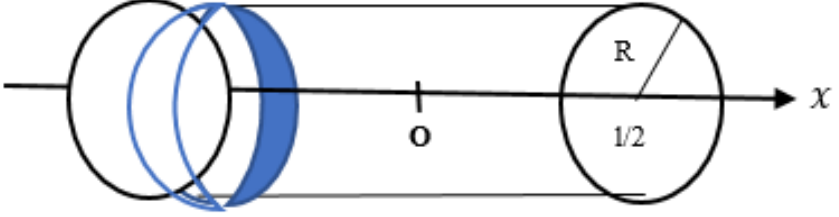
$$B(x) = \frac{1}{2}\mu_0nIR^2 \left[\frac{1}{(x^2+R^2)^{3/2}} + \frac{1}{((x-a)^2+R^2)^{3/2}} \right] \quad (9)$$

Bu denklemin iki defa türevi alındığında $a = R$ koşulu için denklem (7) elde edilir. $a = R$ için elde edilen bu sisteme Helmholtz bobin çifti denilmektedir. $a = R$ ifadesi denklem (9) da yerine yazılırsa, sistemin merkezindeki manyetik akı yoğunluğu elde edilir.

$$B\left(x = \frac{a}{2}\right) = \mu_0n \frac{I}{R} \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2\right]^{3/2}} = 0.716\mu_0n \frac{I}{R} \quad (10)$$

1. Uzun Bir Bobinin manyetik Alanı

n sarımlı ve l uzunluğu ihmal edilemeyecek kadar uzun bir bobinin, eksenini boyunca oluşan manyetik akının, sonsuz küçük dl uzunluklu bobinlerden oluştuğu varsayılır.



Şekil 10.6 l uzunluklu bir bobin

Merkezden belirli bir mesafede, bir bobin kesiti, sonsuz küçük bir akı yoğunluğu meydana getirir.

$$dB(x) = \frac{1}{2} \mu_0 I R^2 \frac{1}{[R^2 + (x-a)^2]^{3/2}} \frac{n}{l} da \quad (11)$$

$\frac{n}{l} da$ ifadesi, da kalınlığına sahip bir bobin kesiti içindeki sarım sayısını ifade etmektedir. Denklem (11)'in integrali alınırsa;

$$B(x) = \frac{\mu_0 n I R^2}{2l} \int_{-l/2}^{l/2} \frac{da}{[R^2 + (x-a)^2]^{3/2}} \quad (12)$$

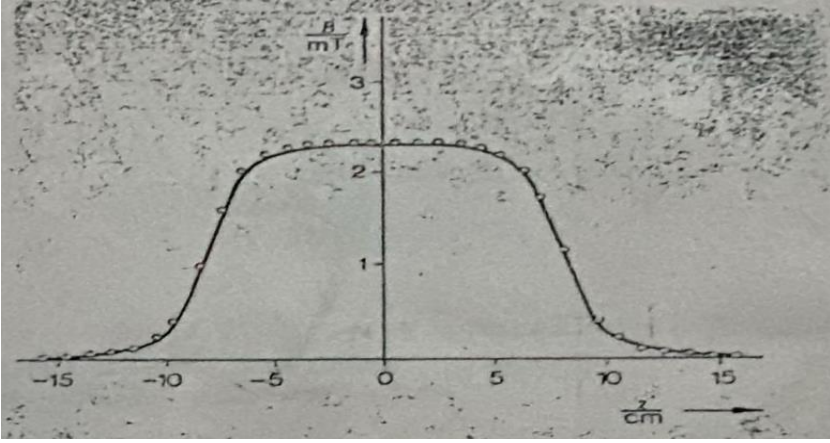
ve

$$B(x) = \frac{\mu_0 n I}{2L} \left[\frac{x + \frac{l}{2}}{\sqrt{R^2 + \left[x + \frac{l}{2}\right]^2}} - \frac{x - \frac{l}{2}}{\sqrt{R^2 + \left[x - \frac{l}{2}\right]^2}} \right] \quad (13)$$

elde edilir. Bobinin merkezine yakın noktada $R \ll l$ yaklaşımı kullanılarak akı yoğunluğu denklemi,

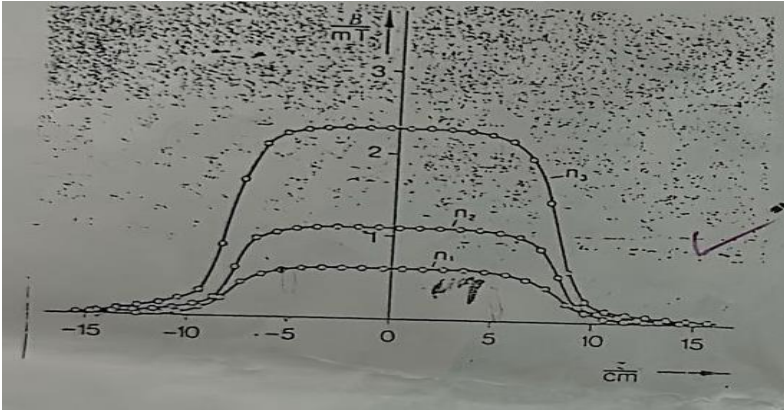
$$B(x) = \frac{\mu_0 n I}{l} \quad (14)$$

bulunur. Verilen yaklaşımlar dikkate alınarak l uzunluklu bir bobinin merkezinde belirli bir bölgede homojen bir manyetik alan elde edilir.

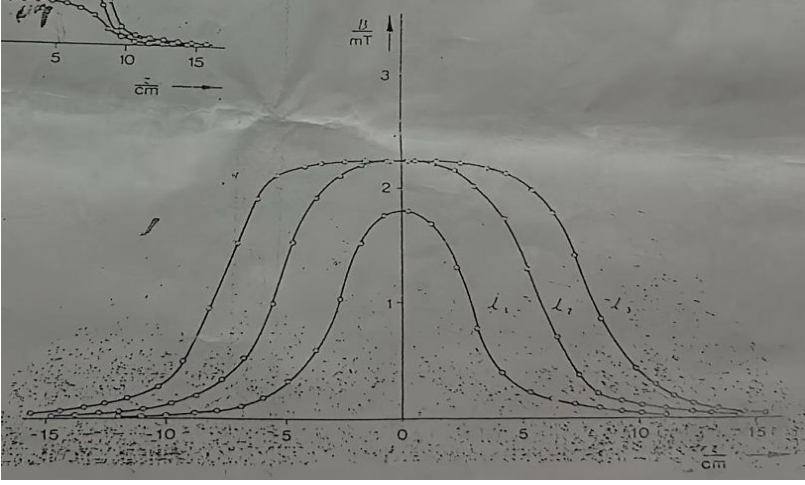


Şekil 10.7 $l = 162$ mm uzunluğa sahip $R = 16$ mm yarıçaplı ve 300 sarımlı bir bobinin eksenine boyunca manyetik akı yoğunluğu; ölçülen değerleri ve denklem (13) ile uyum içindeki kuramsal eğriyi göstermektedir.

Sabit uzunluk ve yarıçap durumunda sarım sayısı ve manyetik akı yoğunluğu arasındaki orantısal ilişki Şekil 10.7'de gösteriliyor. n/l sarım yoğunluğu da sabit olmak üzere sabit yarıçap durumunda bobinin uzunluğunun etkisi Şekil 8'de gösterilmektedir.



Şekil 10.8 $l = 160$ mm uzunluğa sahip $R = 13$ mm yarıçaplı ve sırasıyla $n_1 = 75$, $n_2 = 150$ ve $n_3 = 300$ sarımlı bobinlerin eksenine boyunca ölçülen manyetik akı yoğunluğu eğrisi



Şekil 10.9 Sabit bir sarım yoğunluğuna, $R= 20$ mm yarıçaplı ve sırasıyla $l_1 = 53$, $l_2 = 105$ ve $l_3 = 162$ mm uzunluklarına sahip bobinler için ölçülen manyetik akı yoğunluğu eğrisi, bobin merkezindeki akı yoğunluğunun ölçülen değerleri ile,

$$B(o) \frac{\mu_0 n I}{2} \left(R^2 + \frac{l}{2} \right)^{-1/2}$$

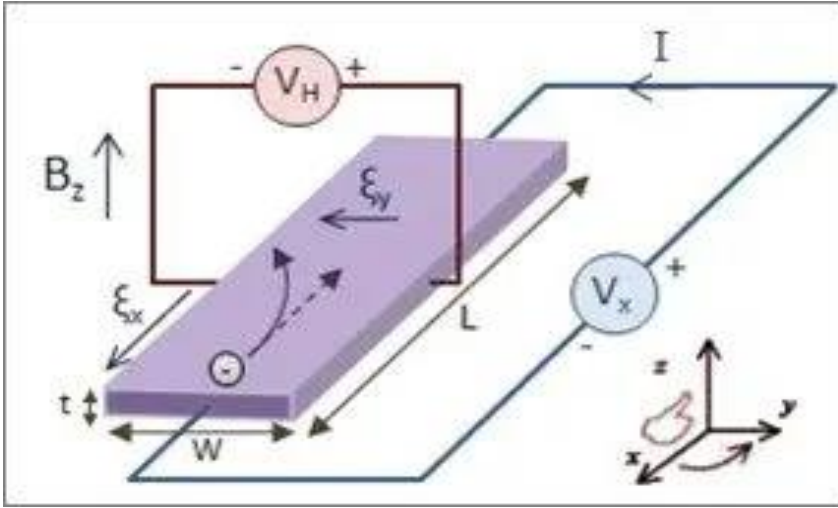
şeklinde hesaplanan değerler ile karşılaştırma sonucu aşağıdaki tablo elde edilir.

Tablo 1. Bobin parametreleri

Sarım sayısı (n)	Uzunluk (mm)	Yarıçap (mm)	B(o)/mT Ölçülen	B(o)/mT Hesaplanan
75	160	13	0.59	0.58
150	160	13	1.10	1.16
300	160	13	2.30	2.32
100	53	20	1.81	1.89
200	105	20	2.23	2.24
300	160	20	2.23	2.29
300	160	16	2.31	2.31

5. Hall Manyetik Alan Algılayıcısı

Manyetik alan içerisinde bulunan ve üzerinden I akımı geçen bir iletken plaka boyunca gerilim oluşması olayına Hall etkisi denilmektedir. Burada Lorentz kuvveti etkisi ile serbest yük taşıyıcıları toplanır. Serbest yük taşıyıcılarının toplanma süreci Lorentz kuvveti ile elektrik kuvveti birbirine eşit oluncaya kadar devam eder.



Şekil 10.10 Hall olayı şematik gösterimi



Şekil 10.11 Bir manyetik alan ölçümü düzeneği

Donanım	Kod No	Adet
Silindirik ayak	02006.55	2
Destek çubuğu, 400 mm	02026.55	1
Dik açılı mengene	02040.55	1
4'lü destekleme blokları	02070.00	1
Cetvel	03001.00	1
Distribütör	06024.00	1
Dairesel iletkenler	06400.00	1
1/5 DC akım ölçer	07038.00	1
500 mm mavi bağlantı kablosu	07361.04	4
750 mm kırmızı bağlantı kablosu	07362.01	1
11006.07	11006.07	1
25 mm çaplı, 75 sarımlı indüklemeye bobini	11704.93	1
11749.93	11749.93	1
Güç kaynağı	11006.88	1
Teslametre	03948.55	2
İndüklemeye bobinleri	11620.27	1
07132.00	07132.00	1
Tezgah mengenesi	07132.00	1
2A dijital çok aralıklı ölçer	07496.10	1
07921.10	07921.10	1
9V batarya	07921.10	1
Ni-Cd Akü	07921.93	1

Dairesel Halkaların yarıçapa bağlı manyetik alanı

1. Teslametreyi açtıktan sonra öncelikle sıfırlama işlemini yapınız (Hall probu bilinen bir alan şiddeti için Hall voltajı ölçümü yapılarak, ölçümden önce kalibre edilmelidir).
2. Sıfırlama işleminin ardından, güç kaynağını 24 Volt a getirin ve akımı 5 amper olacak şekilde yavaşça getirin.
3. Çapları 4, 8 ve 12 cm olan 3 farklı çembersel halkaların manyetik alan değerleri Hall probu kullanarak ölçünüz.
4. Manyetik alan sensörünün uç kısmını halkaların orta noktasına getirerek elde aşağıdaki tabloda verilen akım değerlerine getirin ve ölçülen manyetik alan değerlerini tabloya yazınız. Elde ettiğiniz sonucu yorumlayınız.

Tablo 1. $R = 4$ cm çaptaki halkanın akıma karşı manyetik alan değerleri.

I(A)	0	1	2	3	4	5
B(mT)						

Tablo 2. $R = 8$ cm çaptaki halkanın akıma karşı manyetik alan değerleri.

I(A)	0	1	2	3	4	5
B(mT)						

Tablo 3. $R = 12$ cm çaptaki halkanın akıma karşı manyetik alan değerleri.

I(A)	0	1	2	3	4	5
B(mT)						

Elde ettiğiniz ölçüm sonuçlarına göre, akım ve bobin çaplarının manyetik alana etkisi hakkında ne söylenebilir? Yorumlayınız.

Problem

1. Çeşitli tel halkaların ortasındaki manyetik akı yoğunluğunun Hall probu ile ölçülmesi ve manyetik akı yoğunluğunun yarıçap ve sarım sayısına bağlılığının araştırılması.
2. Manyetik alanın belirlenmesi (μ_0)
3. Uzun bobinlerin eksen boyunca manyetik akı yoğunluğunu ölçmek ve kuramsal değerler ile karşılaştırmak

Deney Düzenegi ve İşlem

a) Deney düzenegini şekil 10.11'deki gibi kurun. Güç kaynağının voltajını 18 V'a ayarlayın. Akımı istenilen değere getirerek güç kaynağını sabit bir akım kaynağı gibi işletin.

b) Bobinlerin manyetik alan şiddetini ($I=1A$) Z –ekseni boyunca Hall probu yardımıyla ölçün ve sonuçları grafikte gösterin.

c) Akımı 5A'ya ayarlayın ve ölçümleri dairesel iletkenlerin merkezinde yapın

d) Girişim alanlarını ve deneysel düzenekteki bakışimsızlığı ortadan kaldırmak için güç kaynağını açın ve alandaki bağıl değişikliği ölçün. Elde ettiğiniz sonucu yorumlayın. Akımı ters çevirin ve tekrar ölçün.

Sonuç ölçülen değerlerin ortalaması ile verilir.

Deney 11. Osiloskop Kullanımı Deneyi

İlgili Kavramlar: Osiloskop, Avometre, sinyal üretici, Frekans sayacı (varsa) ve DC güç kaynağı.

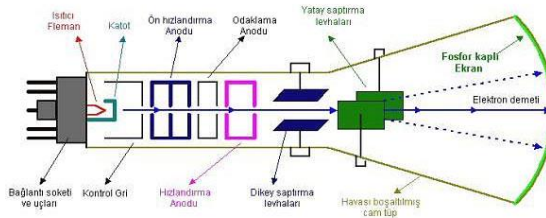
İlke: Bu deneyde,

1. Bir osiloskobun yapısı ve temel çalışma prensibi,
2. Osiloskop yardımıyla frekans, genlik ve faz farkı gibi çeşitli büyüklüklerin nasıl değiştiği,
3. Osiloskop cihaz ile DC ve AC gerilimlerinin ölçülmesi ve cihazın AC/DC/GND anahtarının, farklı dalga yapısındaki gerilim sinyallerine etkisinin anlaşılması amaçlanmıştır.

Deneyle İlgili Teorik Bilgi:

Osiloskop: Osiloskoplar, laboratuarda (özellikle Elektrik ve Elektronik laboratuvarı) kullanılan temel ölçüm aletlerinin biridir. Osiloskoplar frekans ölçümlerinde, genlik ölçümlerinde ve farklı bir kaç sinyalin aynı anda faz farklarını hesaplayabilmemizi sağlayan ve sinyalin özelliklerini dalga formları ile birlikte görebilmezi sağlayan elektronik cihazdır. Özetle osiloskop, elektriksel işaretlerin anlık değerini ve bunların zamana göre değişimini gösteren ve hesaplamamızı sağlayan cihaz olarak tanımlanabilir. Bu sebeplerden dolayı, deney yaparken zaman ayırarak, osiloskobun mevcut fonksiyonlarını öğrenmeliyiz.

KATOT IŞINI TÜPÜ



Şekil 11.1 Katot ışını tüpünün yapısı

Osiloskopun en önemli ünitesini katot ışını tüp oluşturmaktadır. Katot ışını tüpü 3 ana kısımdan oluşur:

1. Elektron tabancası ve elektronları hızlandırma devreleri
2. Dikey ve yatay elektrik alan ve manyetik alan saptırma levhaları
3. Elektron ışını çarpınca parlayan iç yüzeyi fosfor tabakasıyla kaplı bir ekrana sahip vakumlu muhafaza

Oksitli bir tabaka içeren Katot ışını tüpün arka kısmında bulunan flâma ısıtıldığında katot yüzeyinden elektronlar serbest duruma gelerek yayılmaya başlar. Tüp içerisindeki elektron miktarı kontrol ızgarası ile ayarlanır ve daha sonra elektron merceği ve hızlandırma anotları elektronları odaklayarak yüksek hızlı ince bir elektron demeti haline getirir. Yüksek hızlı elektronlar dikey ve yatay saptırma levhaları arasından geçer. İlk olarak dikey levhalar arasından geçer. Bu levhalar elektron demetini düşey doğrultuda yukarı-aşağı yönlü saptırır. Dikey saptırmanın yön ve miktarını, sırasıyla levhalara uygulanan bobin geriliminin polaritesi ve genliği belirler. Daha sonra bu elektron demeti, yatay levhalara uygulanan bobin gerilimin polaritesine ve genliğine bağlı olarak elektron demetini yönlendirir. Böylece, elektron demetinin iç yüzeyi fosfor tabakası ile kaplı ekran üzerinde hangi noktaya düşeceği belirlenmiş olur ve elektron demeti ekran üzerinde nokta şeklinde bir görüntü oluşturur. Elektron demetinin yüksek enerjili olması, fosforun parlamasını sağlayarak, görüntü oluşmasına neden olur. Örneğin; girişte sinüzoidal şeklinde gerilim sinyali uygulandığında, ekranda sinüs eğrisi şeklinde bir görüntü oluşur.

Osiloskopun Kullanım Alanları ve Önemi

Osiloskoplar, elektriksel potansiyel (gerilim) sinyallerini görünür duruma getirmektedirler. Bu nedenle, devre tasarımlayanlar ve imalat edenler tarafından yoğun bir şekilde kullanılır. Osiloskop, karmaşık elektronik devrelere sahip, TV, kamera ve video gibi cihazların bakımı yapılırken büyük kolaylık sağlar. Bu cihazlar üretilirken, üreten firmalar tarafından devre şemaları çizilir ve belirli noktalardaki sinyalin şekli bu şemada gösterilir. Teknisyenler,

arızanın niteliğini belirlemek için, şemadaki sinyal ile ölçtüğü sinyali karşılaştırarak arızanın niteliğini ve yerini belirler.

Fonksiyon Tuşları ve İşlevleri

Açma/Kapama Anahtarı: Osiloskobu kullanmak için güç sağlama anahtarıdır. Düğmeye basıldığında, osiloskoba besleme gerilimi uygulanır ve cihaz çalışmaya başlar. Tekrar basıldığında ise enerji kesilir ve cihaz kapanır.

Pilot Lamba: Bu lamba yardımıyla osiloskobun çalıştığını anlarız. Açma/Kapama anahtarına basıldığında osiloskoba güç uygulanır ve lamba yanar.

“CAL” Terminali: Osiloskopla doğru ölçme yapabilmek için ilk önce 1 kHz frekansa ve 1V P-P değerine sahip kalibrasyon işlemi gerçekleştirilir. Bu terminal sayesinde, aynı zamanda ölçme uçlarının ayarı yapılır.

Parlaklık Kontrolü: İki fonksiyona sahip olup, osiloskop ekranının parlaklığını ayarlama için kullanılır.

Odaklama Kontrolü: Bu düğme ile ekranda oluşan görüntünün odaklanmasını sağlar.

Yatay Eğim Ayarı: İzin eğiminin çeşitli etkenlerden (yerin manyetik etkisi gibi) dolayı değişebilmesinden dolayı, eğiminin ayarlanmasında kullanılır. Bu nedenle, ekranın yatay ekseni ile izin tam olarak birbirine paralel olması gerekiyor. Bu ayar tornavida ile yapılır.

GND Terminali: Osiloskop ile birlikte kullanılan diğer cihazların birlikte topraklanması için kullanılan bir giriş terminalidir.

Pozisyon Kontrol: CH1 konumunda, ekranda oluşan dalganın dikey konumunun ayarlanmasında kullanılır. X-Y modunda ise, Y ekseninin dikey konumunun ayarlanması için kullanılır.

Volt/Kare Ayarı: CH1 dikey ekseninin gerilim hassasiyetinin (TIME/DIV) 1, 2 ve 5'lik adımlarla ayarlanması için kullanılır.

Değişebilen Kontrol: Yatay eksen hassasiyetinin (VOLT/DIV) sürekli değiştirilebilir bir ayarı mümkün kılarak ince ayar yapılmasında kullanılır. Bu düğme, en sağa (CAL konumuna) alınırsa, zayıflatıcı kalibrasyon olur.

AC-GND-DC Anahtarı: Üç adet farkı konuma sahip olan CH1 girişine uygulanan sinyal seçimi için kullanılır.

AC: Bu konumda; Giriş sinyalinden DC bileşenler yok edilecektir. Koaksiyel kablo veya 1/1 prob kullanıldığında, -3dB zayıflatma noktası 10 Hz veya daha düşük bir değer olacaktır. 10/1 prob kullanıldığında, bu nokta 1 Hz veya daha düşük bir değer olacaktır. Giriş sinyaline uygulanan AC tipi gerilim sinyalinin osiloskop ekranında görülmesi sağlanacaktır.

GND: Bu düğme yardımıyla, DC veya AC tipi giriş sinyalleri topraklanır ve böylece ekranda sinyal oluşmaz. Girişe verilen 0 V seviyesini belirlenerek ekran ortasında düz bir çizgi oluşur.

DC: Bu konumda; sinyalin girişine uygulanan DC tipi gerilimin seviyesi ya da AC tipi sinyalinin DC seviyesi belirlenebilir. Anahtar DC konuma getirilmeden önce mutlaka "GND" toprak konumuna getirilip, 0 V gerilim seviyesi ekranın merkezinde yatay düz çizgi olarak ayarlanmalıdır.

Frekans Aralığı Seçme Düğmesi: Çıkış geriliminin frekansını ayarlamak için bu düğmeden yararlanılır. Sinyal üreticinin çıkışından alınan gerilimin frekans aralık değerini belirlemede kullanılır. Frekans aralık değeri 10'luk adımlar şeklinde (1, 10, 100, 1K, 10K, 100K,1M) değiştirilebilir.

Fonksiyon Seçici: Bu ayar, sinyal üreticinin AC gerilim sinyallerinin dalga şeklini belirlemek için kullanılır. Sinüs, kare ve üçgen dalga olmak üzere, üç farklı dalga şekli vardır. Bu düğme yardımıyla bu dalga şekillerinden biri tercih edilir.

Genlik Kontrolü: Bu ayar, sinyal üreticinin 50 Ω 'luk çıkışından elde edilecek AC gerilim sinyalinin genliğini 0 ile ± 10 V aralığında ayarlama için kullanılır. Bundan yararlanılarak sinyal üretici çıkışından tepe noktasından diğer tepe noktasına maksimum $V = 20$ V'luk bir AC gerilimi elde edilebilir.

DC Denge: Genlik kontrolü düğmesi ile yapılan genlik ayarlamalarından bağımsız olan DC Denge, İşaret üreticinin 50 Ω 'luk çıkışından alınan işarete ± 5 V olarak ayarlanabilen negatif veya pozitif DC seviyeler ilave etmede kullanılır.

Frekans Ayar Düğmesi: Sinyal üreticinin 50 Ω ve ATT çıkışlarının frekanslarını ayarlamak için kullanılır. Frekans aralığı komütatör ile birlikte kullanılarak uygulanır.

ATT Çıkışı: Bu çıkış sayesinde, bütün devreler için ATT uyumlu kare dalga şeklinde AC gerilimi alınır. Frekans aralığı seçme düğmesi ve frekans ayar düğmesi ile bu gerilim sinyalinin frekansı istenildiği değere getirilir. Tepe değeri en fazla 5 V olan sabit bir gerilim sinyalidir.

50 Ω 'luk Çıkış Ucu: Çıkış direnci 50 Ω olan sinyal üreticinin, çıkış gerilim sinyali bu uçtan alınır.

VCF Girişi: Sinyal üreticinin arka panelinde olan bu giriş, çıkış potansiyel (gerilim) sinyalinin işaretinin frekans değerini değiştirmek için dışarıdan harici bir potansiyel uygulanabilmesine olanak sağlar.

Dönüşümlü veya Kesikli Tarama

Ekranında farklı iki sinyal gözlenmek istenildiğinde osiloskobun “dönüşümlü tarama” veya “kesikli tarama” modlarından biri tercih edilir. Dönüşümlü tarama modunda kanallardan birine uygulanan sinyal ekranın birinci taraması sırasında, kesikli tarama modundaki sinyal ise ekranın ikinci taraması sırasında gösterilir. İki kanal birbirinden, düşey saptırma ayarı sayesinde, görsel olarak ayırt edilir. İnsan gözü, tarama hızının 1 ms üzerinde olduğu yüksek frekans değerlerinde, dönüşümlü taramayı ayırt edemez. Bu

durumda, her iki sinyalde aynı anda ekranda oluşmuş gibi görülebilir. Düşük frekanslı sinyal varlığında ise, tarama hızı düşük olduğu için bu dönüşümlü hareket göz tarafından algılanıp insan üzerinde rahatsız edici bir etki yaratır. Bu tür düşük frekanslı sinyaller için kesikli tarama modu tercih edilmelidir. İki kanal, kesikli tarama modunda, çok küçük zaman aralıklarıyla ard arda ekranda gösterilir. Kesikli taramanın hızı gözün fark edebileceğinden o kadar büyük ki, bu sayede her iki kanaldaki sinyal ekranın tam bir kez taranması ile sürekliliği gibi bir görünüm yaratır. Yüksek frekans değerine sahip sinyaller için bu modu kullanmak oldukça sakıncalıdır, çünkü kanallardan herhangi birindeki sinyalin bir bölümünün oluşumu sırasında diğer kanaldaki sinyal seviyesi değişebilir.

Volts/Div: Osiloskopta görüntülenen sinyalin dikey ekseninin çözünürlüğünün ayarlanmasında kullanılmaktadır. Bu düğmeyi çevirerek ekranda oluşan her bir karenin, dikey adımlarda kaç V gerilime denk düşeceği ayarlanabilir. Genellikle 1 mV ile 5 V arasında değişik adımlarla bu çözünürlüğü değiştirme olanağına sahibiz.

Secs/Div: Osiloskop ekranda oluşan sinyalin yatay çözünürlüğünü belirlemede rol oynar. Bu düğmeyi çevirerek ekranda oluşan her bir yatay karenin kaç saniye (s), milisaniye (ms) ya da mikrosaniyeyi (μ s) göstereceğini bu düğme ile ayarlayabiliriz.

AC/DC Coupling: Bu düğmeye basıldığında giriş sinyali doğrudan yatay saptırıcı amplifikatör'ün girişine uygulanır ve osiloskopun göstereceği sinyalin, DC ya da AC gerilim farkı şeklinde ayarlanmasına olanak sağlar. Örneğin, elimizde DC coupling modunda 9V batarya olsun. Osiloskop probunun uçlarını bataryanın + ve - kutuplarına bağladığımızda, ekranda düz bir çizgi şeklinde bataryanın gerilimini okumuş olacağız. Fakat bunun için AC coupling seçeneği seçtiğimizde, bataryanın gerilimi herhangi bir AC sinyal içermediğinden dolayı ekranda herhangi bir görüntü olmayacaktır. Osiloskobun potansiyel (gerilim) değeri 2 V'a getirilir ve 5 V'luk bir sinyal girişi yapılırsa, bu sinyalin oluşturduğu iz merkezden 2,5 kare yukarıda oluşur. Bundan yararlanılarak, osiloskop coupling modunda %5 hassasiyet ile çalışan bir voltmetre gibi kullanılabileceği söylenebilir.

Tetikleme Kaynağı: Bu ayar sadece dijital osiloskoplarda mevcuttur. Osiloskop sinyalinin hangi seviyeye geldiğinde ölçüm almaya başlayacağını bu düğme yardımı ile ayarlarız. Bu ekranda durağan bir dalga oluşumunda uygulanan sinyal ile taramanın aynı faz ilişkisi içerisinde olmasını sağlar. Yani, ekrandaki görüntü sürekli olarak farklı doğrultulara sıçramalar yapıyorsa bu ayar işimize yarayacaktır.

Horizontal Pos: Ekranda oluşan sinyalin yatay konumunu ayarlamak için kullanılır. Ekranı sığmayacak kadar uzun sinyaller için oldukça kullanışlı bir fonksiyondur.

Vertial Pos: Ekranda oluşan sinyalin dikey konumunu ayarlamak için bu ayar kullanılır. Özellikle aynı anda iki farklı sinyal incelenirken bu özellik sayesinde iki sinyalin dikeyde farklı konumlarda bulunmasına olanak sağlar.

Auto: Bu düğme sadece dijital osiloskoplarda bulunur. Ölçülen sinyalin en uygun bir biçimde yatay ve dikey çözünürlüğünü ayarlayabilmemiz için bu düğme kullanılmaktadır.

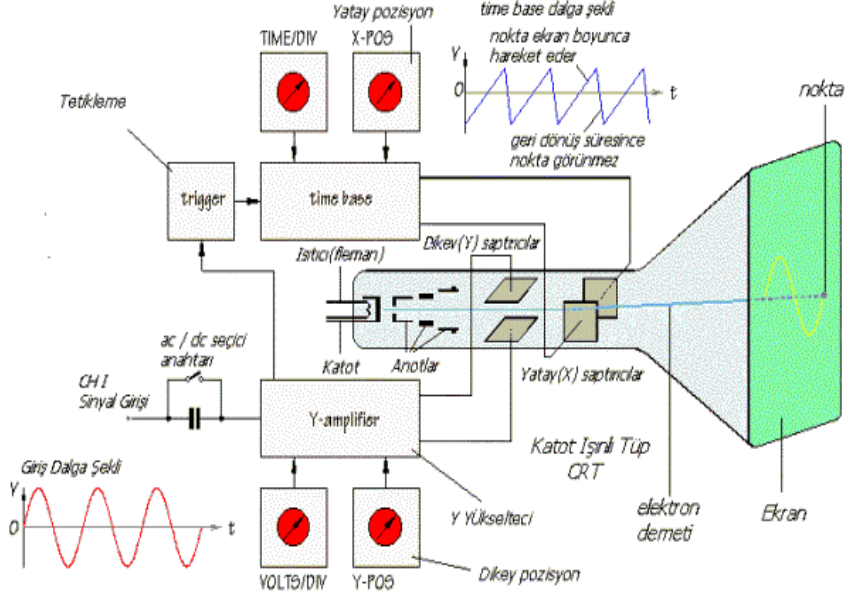
Stop: Sadece dijital osiloskoplarda bulunan bu düğme, sinyalin o anki halinin anlık görüntüsünü alıp daha detaylı bir şekilde incelememize imkân tanır.

DENEYİN YAPILIŞI

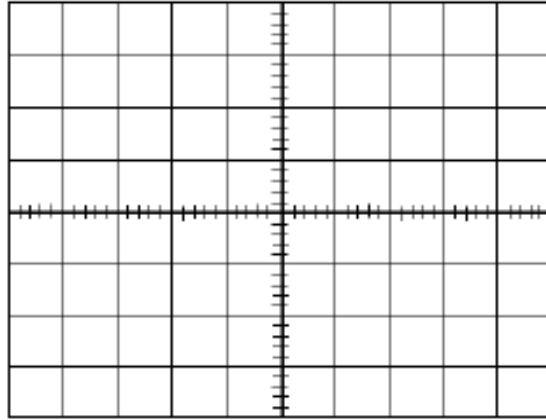
1. Aşama: Başlarken

1. Power düğmesine basarak Osiloskobun çalışmasını sağlayınız. Vert. Mode düğmesini kanal-1 (CH) konumuna getiriniz. Ekranda düz bir çizgi elde etmek için Hor.tim/Div düğmelerini kullanınız.

2. İntensity(şiddet) ve focus(odaklama) düğmelerini kullanarak ekranda oluşan görüntünün şiddetini ve netliğini ayarlayınız. Ver Pos düğmeleri ile elde ettiğiniz çizgiyi sağa-sola ya da aşağı-yukarıya hareket ettirerek görüntünün ekranın merkezine getirilmesini sağlayınız.



Şekil 11.2 Osiloskop Şeması



Şekil 11.3 Osiloskop ekranı

2. Aşama: DC Gerilim Ölçümü (Voltmetre olarak Osiloskop)

1. Osiloskobun DC/AC/GND anahtarı "GND" toprak konumuna getirilir. Daha sonra ekranda oluşan görüntü ekranın merkezinde yatay düz bir çizgi olacak şekilde ayarlanır.

2. DC gerilim kaynağının (1,5 V'luk pil) siyah ucu pilin "-" ucuna ve kırmızı ucu pilin "+" ucuna gelecek şekilde osiloskobun CH1 ucuna bağlanır. Daha sonra osiloskobun "VOLT/DIV" (1V/div konumuna gelecek) ve "TIME/DIVE" kademe ayarları yapılır. "GND" konumunda olan anahtar "DC" konumuna getirilir ve ekranda görünen düz yatay çizginin düşey ekseninde ne kadar kaydığı kareler sayılarak hesaplanır.

Düşey kayma=.....kare bölme

Elde ettiğiniz bu değere karşılık gelen DC tipi gerilim değerini aşağıdaki denklemi kullanarak

DC gerilim = Düşey kayma miktarı x "VOLT/DIV" (1V/div)
(1) hesaplayınız.

3. Şimdi (1V/div) dikey eksen hassasiyeti değerini, 0.5 V/div olarak ayarlayınız.

Ekranda oluşan görüntü değişti mi? Gözleminizi nedenleri ile açıklayınız.

DC gerilimini denklem x'i kullanarak 0.5 V/div değeri için tekrar hesaplayınız.

4. Hesapladığınız bu iki ölçüm arasında fark oluştu mu? Sizce hangi ölçüm sonucu daha doğrudur? Açıklayınız.

5. Voltmetre skalasını ölçüm alınabilecek en hassas konuma getirerek, analog DC voltmetre yardımıyla aynı pilin uçları arasındaki gerilim farkını ölçünüz. Son olarak da DC voltmetre ve osiloskop ile ölçülen gerilim değerlerinin karşılaştırınız? Hangi ölçüm sonucu daha doğrudur? Açıklayınız.

3. Aşama: AC gerilim sinyalinin dc seviyesinin ölçülmesi

1. on/off düğmelerini kullanarak Sinyal üreticini açınız. Frekans değerini $f=12$ kHz olarak ayarlayıp, sinyal türünü sinüzoidal olarak seçiniz (“VOLT/DIV” ve “TIME/DIVE” ayarları ile oynayarak). Sinyal üreticinin kırmızı çıkış ucunu osiloskobun kırmızı çıkış ucuna, siyah ucu ise osiloskobun siyah ucuna bağlayınız.

2. Osiloskobun CH1’ e ait VOLT/DIVE , “1V/div” olarak ayarlanır ve konumuna getiriniz. TIME/DIV “0.5ms/div” olacak şekilde ayarlanır.

3. Osiloskobun DC/GND/AC anahtarını “GND” konumuna getirilir ve daha sonra osiloskobun giriş gerilim sinyali referans seviyesini ekrandaki yatay çizgiyi ekranın tam ortasına getirecek şekilde ayarlanır.

4. DC/GND/AC anahtarı “AC” konumuna getirilir ve sinyal üreticiden alınan sinüzoidal gerilim sinyalinin genliğini tepeden tepeye 6V olacak şekilde ayarlayınız. Elde edilen AC gerilimi ifadesi aşağıdaki bağıntı ile verilir.

$$V=V_m \sin(2\pi ft)=(3)\sin(2\pi 12000t) \text{ V}$$

AC konumunda bulunan anahtarı “DC” konumuna getiriniz ve Osiloskop ekranında görüntünün değişimi oldu mu? Açıklayınız.

5. Sinüzoidal AC gerilimi,

$$V=(3)\sin(24000\pi t) \text{ (V)'} \text{ nın etkin (rms) değeri}$$

$$V_{\text{etkin}}=0,707 \times V_m=(3V) \times (0.707)=2.121 \text{ V}$$

bağıntısı ile verilir.

6. Osiloskobun “DC/GND/AC” anahtarı “AC” konumda olacak şekilde sinyal üreticinin uçlarını “AC rms” skalasında ölçüm yapan voltmetreye bağlayınız. Sinyal üreticinin genlik ayarlarını değiştirerek V_{etkin} değerini 2.121 V olacak şekilde ayarlayınız. Daha sonra, sinyal üreticini voltmetreden ayırıp Osiloskobun CH1 giriş uçlarına bağlayınız. Ekrandaki sinyalinin tepeden tepeye, maksimum,

etkin, periyot ve frekans değerleri hesaplayarak değerlerini kaydediniz.

4. Aşama: Osiloskop ile Frekans Ölçümü

Amaç: Osiloskop yardımıyla AC gerilimin genlik, periyot ve frekans değerlerinin hesaplanması

Araçlar: AC Güç Kaynağı, Osiloskop, 1k Ω direnç, 220 Ω direnç, Dizilim Kartı, Bağlantı Kablosu.

Teorik Kısım: Osiloskop ekranındaki AC gerilimin dalga şeklini gözlemleyerek gerilimin tepeden-tepeye değeri, maksimum değeri ve periyodu ölçülebilir. Bu hesaplamalar, gerilimin etkin (RMS) değeri ölçülen maksimum değerinden, frekansı ise ölçülen periyot değerinden yararlanarak hesaplanabilir.

Deneyin bu kısımda osiloskop yardımı ile sinüzoidal dalganın frekansının nasıl ölçüleceği gösterilecektir.

1. $V=2\sin(2\pi 500t)$ AC geriliminin frekansını hesaplayarak işe başlayalım.

$V=A\sin(2\pi ft)$ bağıntısı ile karşılaştırsak, $f=500$ Hz olarak görülür.

Periyot ise,

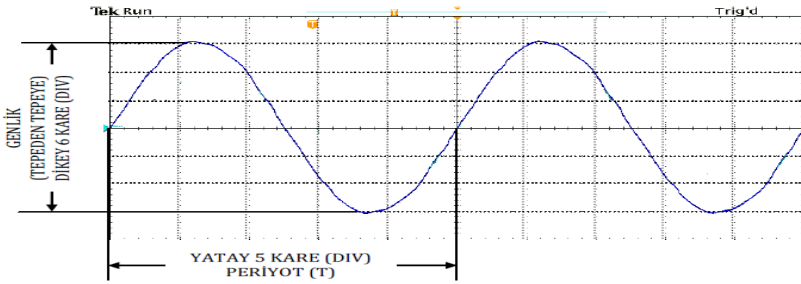
$T=1/f=1/500=2$ ms elde edilir.

CH1'in TIME/DIV düğmesi 0.5 ms/div ayarında iken ekrandaki bir tam sinüs dalgası 4 yatay kare bölmeyi kaplayacaktır. Eğer sinüs eğrisi dört kare kaplamıyorsa veya fazla kapılıyorsa, frekans ayar düğmesi ile ince ayar yapılır ve dalganın tam dört kare bölmesini kaplayacak şekilde ayarlanır. Bu durumda sinyal üreticinden alınan AC potansiyelinin (geriliminin) frekansı Osiloskobun yatay ekseninden elde edilen frekansa eşittir.

2. Deneyin bu kısmında ise, Osiloskobun ekranında;

$V=0,4\sin(62832t)$ ve $V=5\sin(377t)$ AC gerilimlerini elde etmeye çalışınız. Bunu elde etmek için sinyal üreticinin genlik ve frekans ayarlarını değiştiriniz. Osiloskop'unun VOLT/DIV ve TIME/DIV düğmelerini kullanarak ekranda bir periyotluk sinüs dalgasını elde ediniz. Osiloskop ekranında elde ettiğiniz AC sinüzoidal dalgayı milimetrik kağıt kullanarak çiziniz. AC gerilim dalga şeklinin tepeden tepeye, maksimum, etkin, periyot ve frekans değerleri hesaplanarak milimetrik kağıt üzerinde gösteriniz.

Osiloskop ile Gerilim Ölçümü



Şekil 11.4 Osiloskopta sinyal genliği ve periyodunun gösterimi

Gerilimin Tepeden Tepeye Değeri (V_{TT})'ni hesaplayalım,

$$V_{TT} = (\text{Dikey kare sayısı}) \times (\text{VOLT/DIV}) \times (\text{Prob çarpanı}) \quad (2)$$

$$V_{TT} = (6) \times (5) \times (1) = 30V$$

Gerilimin en Yüksek Değeri (V_Y)

$$V_Y = V_{TT}/2 \quad (3)$$

$$V_Y = 30/2 = 15V$$

Gerilimin Etkin (RMS) Değeri

$$V = V_Y \times 0.707 \quad (4)$$

$$V = 15 \times 0.707 = 10.6$$

KAYNAKLAR

- Purcell, E. M. (2013). *Electricity and magnetism*: Cambridge university press.
- Serway, R. A., Jewett, J. W., & Perroomian, V. (2000). *Physics for scientists and engineers* (Vol. 2): Saunders college publishing Philadelphia.
- Sonnenfeld, R. (2016). Experiments with Electricity and Magnetism for Physics 336L. *New Mexico: New Mexico Tech Socorro*.
- Young, H. D., Freedman, R. A., & Bhathal, R. (2010). *University physics: Australian edition*: Pearson Higher Education AU.