

4. Deney

Deneyde Kullanılan Aletler

1. Siyah İletken Kağıt
2. DC Güç Kaynağı
3. Multimetre
4. Milimetrik Kağıt
5. Bağlantı Kabloları
6. Standart Güç Kablosu

1. Amaç

Bu deneyde;

1. İki zıt yüklü iletkenin eşpotansiyel çizgilerine çalışmak,
2. Eşpotansiyel çizgilerini kullanarak elektrik alan çizgilerini haritalamaya çalışmak,
3. İletken halkanın eşpotansiyel ve elektrik alan çizgilerine etkisine çalışmak,

amaçlanmıştır.

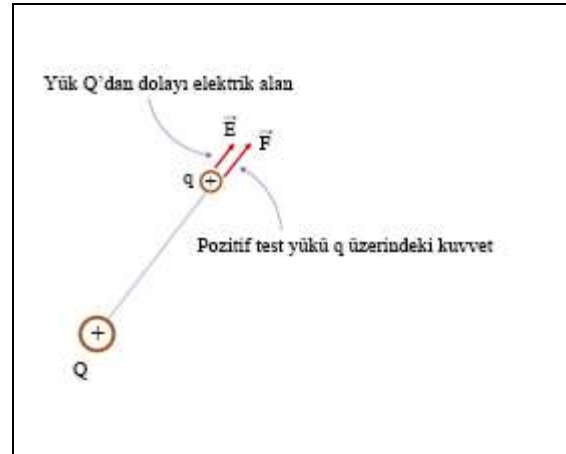
1.1. Elektrik Alan Çizgileri

Elektrostatik çalışmasında olduğu gibi, hareketsiz, küçük bir pozitif test yüküne etkiyen kuvveti ölçerek yük veya yüklerin çevresindeki elektrik alanı inceleyebiliriz. Belirli bir noktada elektrik alan olup olmadığını deneysel olarak ortaya çıkarmak için, o noktaya *test yükü* q olarak adlandırdığımız küçük bir yüklü cisim koyarız. Test yükü elektriksel kuvvete maruz kalırsa, o noktada elektrik alan

vardır. Elektrik alan pozitif test yükü üzerindeki kuvvet cinsinden tanımlanır. Özellikle, boşlukta bir noktada elektrik alan E o noktaya yerleştirilen pozitif test yüküne uygulanan kuvvet F bölü test yükünün q büyüklüğü olarak tanımlanır:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad (1)$$

Test yükü q , o kadar küçüktür ki esasen alan yaratan diğer yüklere kuvvet uygulamaz.



Şekil 1: Elektrik alana yerleştirilen test yükü üzerindeki kuvvet.

Pozitif noktasal bir yük tarafından oluşturulan elektrik alanın yönü Şekil 1'de gösterilmiştir. Denklem 1'deki tanımdan boşlukta bir noktadaki elektrik alanın, o

noktadaki pozitif test yükü üzerindeki kuvvetin yönüyle aynı yönde olan bir vektör olduğunu görürüz. Elektrik alan E test yükü q 'nun büyüklüğüne bağlı değildir. Bu, E 'nin sadece o noktada elektrik alan yaratan yüklerin etkisini tanımladığı anlamına gelir (Şekil 1).

Elektrik alan büyüklüğünün birimi, Coulomb başına 1 Newton'dur (1 N/C).

Boşlukta bir noktadaki elektrik alan tanımdaki gibi hesaplanabilir. Örneğin, noktasal bir yük Q 'dan r uzaklığında elektrik alan aşağıdaki büyüklükte olmalıdır:

$$E = \frac{F}{q} = \frac{kqQ/r^2}{q} \quad (2)$$

$$E = k \frac{Q}{r^2} \quad (3)$$

Burada, k , orantılılık sabitidir ve değeri şudur:

$$k = 8,99 \times 10^9 \text{ Nm}^2 / \text{C}^2$$

Genelde, k sabitini Denklem 3'te şöyle yazarız:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \quad (4)$$

Burada, ϵ_0 (epsilon-sıfır) başka bir sabittir.

Denklem 3, ϵ_0 ile aşağıdaki gibi yazılır:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} \quad (5)$$

Elektrik alan E 'nin test yükü q 'dan bağımsız olduğuna dikkat edin. Yani, elektrik alan E , sadece alanı yaratan yük Q 'ya bağlıdır.

\vec{E} vektörel bir büyüklük olduğu için bir yönü olmalıdır. Herhangi bir yük dağılımı tarafından yaratılan elektrik alanın yönü, alana yerleştirilen pozitif test yükü q 'ya etkiyen kuvvetin yönüyle aynıdır.

Boşlukta bir noktada elektrik alan E veriliyorsa, o noktaya yerleştirilen herhangi bir yük q üzerindeki kuvvet F aşağıdaki gibi yazabiliriz:

$$\vec{F} = q\vec{E} \quad (6)$$

q pozitifse, F ve E aynı yönde olur. q negatifse, F ve E zıt yönde olur.

1.2. Elektriksel Potansiyel ve Potansiyel Fark

Herhangi bir yük dağılımının etkileri ya elektrik alan ya da elektriksel potansiyel cinsinden tanımlanabilir. Elektriksel potansiyel skaler olduğu için, vektör alan olan elektrik alana göre kullanımı daha kolaydır. Elektrik alanı birim yük başına düşen kuvvet olarak tanımlayabiliriz. Aynı şekilde, *elektriksel potansiyeli* (ya da

basitçe potansiyel), birim yük başına düşen elektriksel potansiyel enerji olarak tanımlamak kullanışlıdır. Elektriksel potansiyel V sembolüyle gösterilir. Elektrik alan içindeki pozitif test yükü q , a noktasında elektriksel potansiyel enerji U_a 'ya sahiptir. Bu noktadaki elektriksel potansiyel V_a şöyledir:

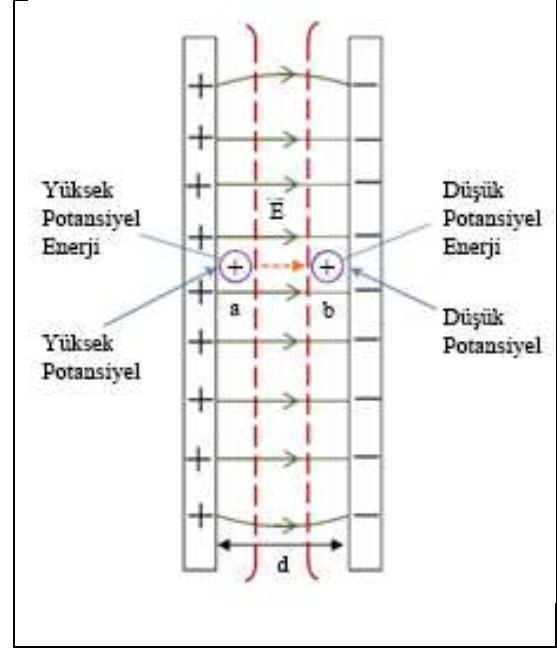
$$V_a = \frac{U_a}{q} \quad (7)$$

Bu yüzden, a ve b noktaları arasındaki potansiyel fark (V_{ba}) aşağıdaki bağıntıya eşit olacaktır:

$$V_{ba} = V_b - V_a = \frac{U_b - U_a}{q} \quad (8)$$

Bir noktasal yük q , bir a noktasından b noktasında hareket ettiğinde, elektriksel potansiyel enerjideki değişimi ($U_b - U_a$), elektriksel kuvvet tarafından yapılan işin negatifi olarak tanımlarız.

Elektriksel potansiyel ve potansiyel farkın birimi, sırasıyla *joules/coulomb* ve *volt* olarak verilir. Bu yüzden $1V = 1J/C$ 'dir. Potansiyel fark, çoğu zaman *voltaj* olarak adlandırılır.



Şekil 2: Pozitif test yükü q 'nun a konumundan b konumuna hareketinde elektrik alan tarafından yapılan iş.

Potansiyel enerjideki fark ($U_b - U_a$), yük a noktasından b noktasında hareket ettiğinde elektrik alan tarafından yapılan iş W_{ba} 'nın negatiline eşit olduğu için potansiyel fark V_{ba} aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$V_{ba} = V_b - V_a = \frac{U_b - U_a}{q_0} = -\frac{W_{ba}}{q_0} \quad (9)$$

Örneğin, iki eşit ama zıt yüklü paralel levhaları ve bunların arasındaki mesafenin, genişlik ve yüksekliklerine göre küçük olduğunu düşünün. Elektrik alan, çoğu bölgede düzgün olacaktır (Şekil 2).

Şimdi, pozitif levhanın çok yakınına a noktasına şekildeki gibi yerleştirilen küçük pozitif bir noktasal yük q düşünün. Bu yük q o kadar küçüktür ki E üzerinde etkisi

yoktur. a noktasındaki bu q yükü serbest bırakılırsa, elektriksel kuvvet yük üzerinde iş yapacak ve onu negatif levhaya doğru hızlandıracaktır.

Yüke d mesafesini aldirmek için elektrik alan E tarafından yapılan iş W aşağıda gösterildiği gibidir:

$$W = Fd = qEd \quad (10)$$

Burada, yüke etkileyen kuvvet şöyle verilir:

$$F = qE \quad (11)$$

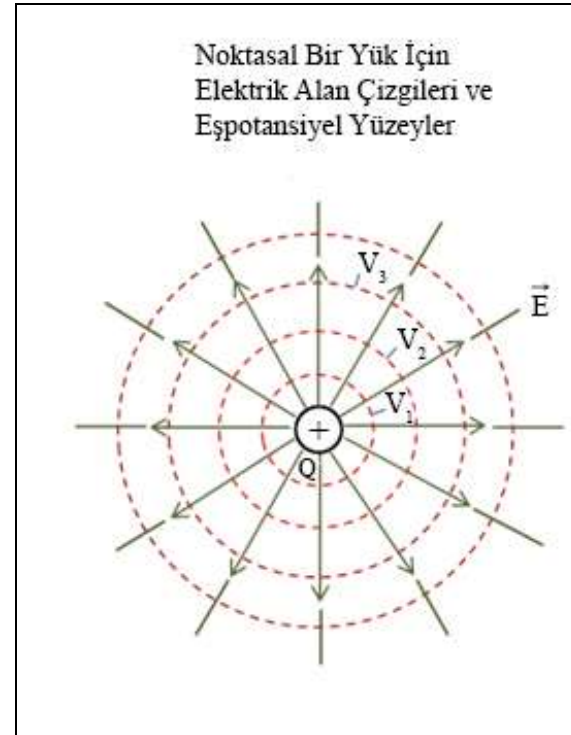
Elektriksel potansiyel enerjideki değişim elektriksel kuvvet tarafından yapılan işin negatifine eşit olduğu için, şu bağıntıyı elde ederiz:

$$U_b - U_a = -W = -qEd \quad (12)$$

Şekil 2'de görüldüğü gibi, potansiyel enerji azalır (ΔU negatiftir) ve yüklü parçacık a noktasından b noktasına hızlandığı için parçacığın kinetik enerjisi artar. Pozitif yük q , pozitif levhanın yakınında a noktasında en büyük potansiyel enerjiye sahiptir. Eşpotansiyel çizgileri, zıt yüklü paralel levhalar arasında kesikli çizgilerle gösterilir. Bunlar elektrik alan çizgilerine diktir. Negatif levhanın gelişigüzel 0 volt seçildiğini ve elektrik alan çizgilerinin düşük V değerinin göstergesi olduğunu not edin.

Verilen bir deneyde, a noktasındaki potansiyel V_a 'yı ölçmek isterseniz, V_a 'nın potansiyelin sıfır seçildiği yere bağlı olduğunun farkında olmalısınız. Verilen bir durumda elektriksel potansiyel için sıfır, potansiyel enerji için olduğu gibi gelişigüzel seçilebilir. Çünkü sadece potansiyel enerjideki fark ölçülebilir. Genelde, toprak ya da toprağa doğrudan bağlı iletken sıfır potansiyel olarak alınır ve diğer potansiyeller toprağa göre belirlenir. Böylece, gerilimin 5 V olduğu nokta, o ve toprak arasındaki potansiyel farkın 5 V olduğu yerdedir.

1.3. Eşpotansiyel Yüzeyleri



Şekil 3: Pozitif test yükü Q için elektrik alan çizgileri ve eşpotansiyel yüzeyleri.

Elektriksel potansiyel, eşpotansiyel çizgileri ya da üç boyutta eşpotansiyel yüzeyleri çizilerek gösterilebilir. Bir eşpotansiyel yüzeyi, tüm noktaların aynı potansiyele sahip olduğu yerdedir. Yani, yüzeydeki herhangi iki nokta arasındaki potansiyel fark sıfırdır ve bir yükü bir noktadan başka bir noktaya hareket ettirmek için iş yapmak gerekmez. *Bir eşpotansiyel yüzey bir noktadaki elektrik alana dik olmalıdır.* Bunlar yüzeye paralel olan E bileşenleri olsalardı, E 'nin bu bileşenine karşı yüzey boyunca yükün hareket etmesi için iş yapmak gerekecekti ve bu eşpotansiyel yüzey mantığına ters düşecekti.

Elektrik alan çizgileri ve eşpotansiyel yüzeylerin birbirine dik olduğu bilgisi, elektrik alan çizgileri bilindiğinde eşpotansiyelin yerini saptamamıza yardım edecektir.

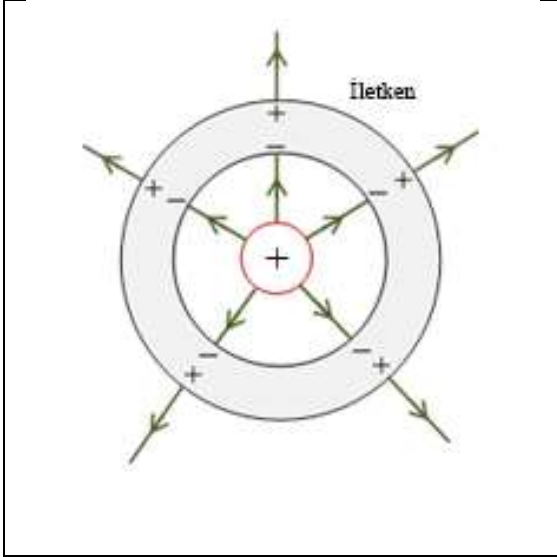
Normal iki boyutlu çizimde, eşpotansiyel yüzeylerin çizim düzlemiyle kesişimi olan eşpotansiyel çizgilerini gösteririz. Şekil 3'te, eşpotansiyel çizgileri kesikli kırmızı çizgilerle çizilmiştir. Elektriksel potansiyel V yükten r uzaklığına bağlıdır. Pozitif noktasal yükün elektrik alanı merkezden dışarıya doğrudur. Eşpotansiyel yüzeyleri

elektrik alan çizgilerine dik olacağı için noktasal yük çevresinde küresel şekilde olacaktır. En yüksek potansiyelli eşpotansiyel yüzey pozitif yüke en yakın olandır.

Aynı şekilde, verilen yük dağılımı tarafından meydana gelen elektrik alanda aynı potansiyele sahip bir sürü nokta olacaktır. Bu noktalar *eşpotansiyel noktaları* olarak da adlandırılır. Tüm eşpotansiyel noktaların yeri saptanır ve bu noktalar birleştirilirse eşpotansiyel çizgi elde edilir.

Eşpotansiyel çizgi üzerinde bulunan tüm noktalar aynı potansiyele sahip olacak ve bu yüzden bir yükü eşpotansiyel çizgisi üzerinde iki nokta arasında hareket ettirmek için gereken iş sıfır olacaktır. Bu, verilen bir yük dağılımının eşpotansiyel çizgilerinin elektrik alan çizgilerine dik olacağı anlamına gelir.

1.4. Elektrik Alanları ve İletkenler



Şekil 4: Nötr küresel metal bir kabuğun içindeki yük kabuğun yüzeyine yük indükler. Elektrik alan kabuğun dışında bulunur ama iletkenin içinde yoktur.

Şimdi, iletkenlerin bazı özelliklerine çalışacağız. Öncelikle, iletken içindeki elektrik alan durağan durumda yani yükler hareketsiz olduğunda sıfırdır (bu çalışma elektrostatik olarak adlandırılır). İletken içerisinde elektrik alan olsaydı, serbest elektronlar üzerinde kuvvet olacaktı. Elektronlar, elektrik alanın ve bu nedenle üzerlerindeki elektrikselsel kuvvetin sıfır olduğu yere ulaşmaya kadar hareket edeceklerdi.

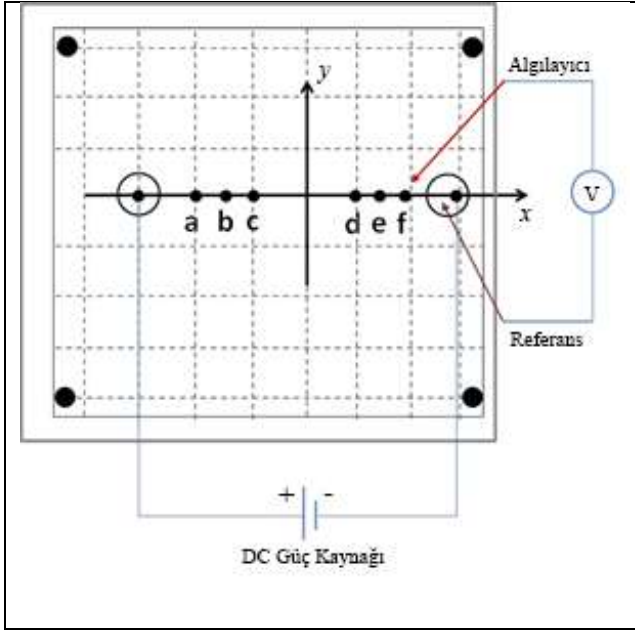
Şekli küresel kabuk olan izole yüksüz bir metal iletken ile sarılı pozitif bir Q yükü düşünün (Şekil 4). Metal içerisinde alan olmadığı için, merkez pozitif yükten çıkan çizgiler metalin iç yüzeyindeki negatif yüklerde son bulmalıdır. Böylece, eşit büyüklükte ama negatif yük, $-Q$, küresel kabuğun iç yüzeyinde indüklenir.

Kabuğ nötr olduğu için, aynı büyüklükte pozitif yük, $+Q$, kabuğun dış yüzeyinde toplanması gerekir. Bu nedenle, metal içinde hiçbir alan olmamasına rağmen Şekil 4'te gösterildiği gibi dışında elektrik alan vardır.

Durgun elektrik alanlar ve iletkenlerin bir başka özelliği, elektrik alanın her zaman iletkenin dışındaki yüzeye dik olmasıdır. Elektrik alanın yüzeye paralel bir bileşeni olsaydı, yüzeydeki serbest elektronlara kuvvet uygulayacaktı. Bu, elektronların üzerlerine etkiyen net kuvvetin sıfır olduğu yere kadar yüzey boyunca hareket etmelerine neden olacaktı.

Bu nedenle, bir yük izole bir iletken üzerine yerleştirildiğinde, bu yük iletkenin yüzeyine bağlanır ve kendini özel durgun dağılım içinde düzenler. Elektrik alanın yüzey boyunca bileşeni yoktur ve elektrik alan çizgileri iletkenin yüzey normalidir. Bu, yükleri yüzeyde hareket ettirmek için iş yapmaya gerek olmadığı ve iletkenin yüzeyinin eşpotansiyel yüzeyi olduğu anlamına gelir.

2. Deneyin Yapılışı

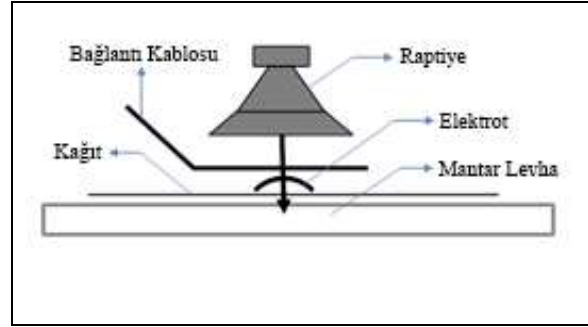


Şekil 5: Sistemin eşpotansiyel çizgilerini belirlemek için deney devresi. İletken halkalar DC güç kaynağına bağlıdır.

Bu deneyde, zıt yüklü iletken halkalardan oluşan sistemin eşpotansiyel çizgilerinin bazılarını belirleyecek ve haritasını çizeceksiniz. Deney düzeneği Şekil 5'te gösterilmiştir. DC güç kaynağına bağlı iletken halkalar, düzgün sert bir yüzey üzerine yerleştirilen siyah iletken bir kâğıt üzerine gümüş iletken mürekkepli tükenmez kalemle çizilir. Herhangi iki nokta arasındaki potansiyel fark o noktadaki kâğıda algılayıcılarla dokunarak ölçülebilir. İki nokta aynı potansiyelde ise bu noktalara eşpotansiyel noktalar denir.

1. Deney devresini şekil 5'te gösterildiği gibi kurun. Elektrotları, DC güç kaynağına bağlantı kablolarını kullanarak bağlayın.

2. Milimetrik kâğıdın üzerine iki iletken halkanın yerleşim planını çizin.



Şekil 6: Raptiye, elektrot, bağlantı kablosu ve kâğıdı mantar levhaya bağlama.

2.1. Halkaları kâğıda x ve y eksenleri boyunca simetrik olarak çizmелisiniz.

2.2. Yüklü yollar aslında iletken mürekkepli elektrotlar olacağından, elektrot olarak bahsedilecektirler.

3. İletken kâğıdı, köşelerine birer metal raptiye tutturarak mantar levhaya monte edin.

4. Bağlantı kablosunun ucunu iletken halka elektrodu üzerine yerleştirin.

- 4.1. Sonra, bağlantı ucunu ve elektrodu mantar levha üzerinde raptiye ile birleştirin.
- 4.2. Raptiyenin, bağlantı ucunu Şekil 6'da gösterildiği gibi elektroda sıkıca tutturması gerektiğini not edin.
5. Halkaların uygun iletkenliğini test etmek için, halkanın üzerindeki raptiyenin yakınına bir algılayıcı bağlayın. Sonra, diğer algılayıcıyla aynı halkanın bazı noktalarına dokununuz.
- 5.1. Halka, düzgünce çizildiyse, halka üzerindeki herhangi iki nokta arasındaki potansiyel fark elektrotlar arasına uygulanan potansiyelin %1'ini aşmayacaktır.
6. Güç kaynağının çıkış gerilimini **5-6** volta ayarlayın ve anahtarı açın.
- 6.1. **Voltmetrenin** bir bağlantı kablosunu (toprak) elektrot raptiyelerin birine bağlayın. Şimdi, elektrot referans olur.
- 6.2. Voltmetrenin diğer bağlantı kablosu (algılayıcı), kağıt üzerindeki herhangi bir noktanın potansiyelini, algılayıcıyla o noktaya dokunarak ölçmek için kullanılır.
7. Milimetrik kağıdın x eksenini boyunca, A , B , C , D , E ve F olarak 6 referans noktası

seçin. Bu noktaları orijin çevresinde simetrik olacak şekilde seçin.

- 7.1. Algılayıcıyı, bu noktalardan birine dokundurun, sonra referans elektroduna göre bu noktanın potansiyelini ölçün ve kaydedin.
- 7.2. Bir eşpotansiyel haritası çizmek için, voltmetrede aynı potansiyel gösterilene kadar algılayıcıyı hareket ettirin.
- 7.3. Bu noktayı, kağıda yumuşak kurşun kalemle işaretleyin.
- 7.4. Algılayıcıyı, voltmetrenin aynı değeri okumaya devam ettiği yönde hareket ettirmeye devam edin.
- 7.5. x ekseninin 5 yukarısında ve 5 aşağısında olmak üzere 10 eşpotansiyel noktası bulun.
- 7.6. 6 referans noktası için deneyi tekrarlayın.
- 7.7. Noktalarınızı milimetrik kağıda çizin.

8. Her referans noktası için *eşpotansiyel noktalarını* pürüzsüz bir eğriyle bağlayarak *eşpotansiyel çizgileri* çizin. Elektrik alan çizgileri, eşpotansiyel çizgilerine dik olduğu için, elektrik alan çizgilerini halkaların arasındaki bölgeye çizin.

9. Üzerinde halka bulunan karbon kağıdı kullanarak, önceden seçmiş olduğunuz referans noktalarının üçünün bulunduğu çeyrekte eşpotansiyel noktaları araştırın.

9.1. Bu referans noktalarının her biri için eşpotansiyel noktaları bulun ve verilerinizi kaydedin.

9.2. İkinci kağıt üzerinde, bu yeni eşpotansiyel noktaları için verileri yerleştirin ve eşpotansiyel çizgilerini çizin.

9.3. Eşpotansiyel çizgilerinin iletken halkaların varlığında nasıl değiştiğine çalışın.

10. Algılayıcıları kullanarak, iletken halkanın yüzeyinin gerçekten eşpotansiyel yüzeyi olduğunu teyit edin.

3.

LABORATUVAR RAPORU İÇİN VERİ KAĞIDI

| | |
|--------------------|--|
| Adı-Soyadı: | |
| Bölüm: | |
| Öğrenci No: | |
| Tarih: | |

1. Eşpotansiyel noktaları ve çizgilerini bularak, yüklü iki halkanın elektrik alan çizgilerinin milimetrik kağıda çizin.
2. Grafiğinizdeki elektrik alan çizgilerinin yönüne nasıl karar verdiğinizi açıklayın.
3. Eşpotansiyel noktaları ve çizgilerini bularak, iletken halkanın yakınındaki eşpotansiyel çizgileri ve elektrik alan çizgilerini ikinci milimetrik kağıda çizin.
4. İletken halkanın yüzeyinin eşpotansiyel yüzey olduğunu nasıl teyit ettiğinizi tanımlayın.