

4. Çembersel elektrotlar

Amaç

Bu deneyde:

- Düzgün yük dağılımları tarafından oluşturulan elektrik alanları incelenecektir.
- Eşpotansiyel yüzeyin (çizginin) tanımı yapılarak elektrik alan ile ilişki incelenecektir.
- Deneysel uygulama olarak ise iç içe geçmiş eşeksenli iki silindirden r kadar uzaklıktaki elektriksel potansiyel için teorik olarak türetilen bağıntı sınanarak, bu sistem için eşpotansiyel yüzeyler ve elektrik alan çizgileri bulunacaktır.

Deneye Hazırlık Bilgileri

İki noktasal yük arasındaki elektriksel kuvvet Coulomb kanunu (4.1) ile verilir ve bu kuvvet korunumludur.

$$F = k_e \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \quad (4.1)$$

Elektrik yüklerinin uzayda bir elektriksel alan oluşturduğu varsayılır ve uzayda bir noktadaki \vec{E} elektrik alanı, o noktaya konulan (+) bir deneme yüküne etkileyen \vec{F} kuvvetinin deneme yüküne oranı olarak tanımlanır.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad (4.2)$$

Bu deneme yükü elektrik alan içerisinde hareket ettirilirse; yük üzerine alan tarafından yapılan iş, yer değiştirmeye neden olan dış etken tarafından yapılan işin negatifine eşit olur. $d\vec{r}$ yer değiştirmesi için, yük üzerine \vec{E} elektrik alanı tarafından yapılan iş

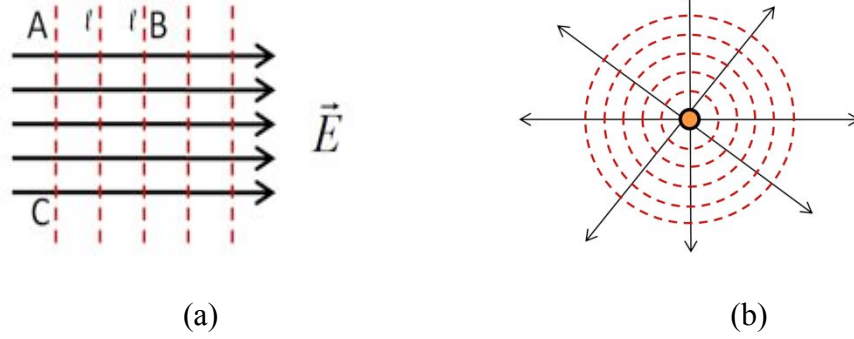
$$dW = \vec{F} \cdot d\vec{r} = q_0 \vec{E} \cdot d\vec{r} \quad (4.3)$$

olur. Bu durumda sistemin potansiyel enerjisi

$$dU = -q_0 \vec{E} \cdot d\vec{r} \quad (4.4)$$

kadar azalır. Potansiyel enerji, elektriksel potansiyel (potansiyel) ile karıştırılmamalıdır. Potansiyel (V), birim yük başına potansiyel enerji olarak tanımlanır.

$$V = \frac{U}{q_0} \quad (4.5)$$



Şekil 4.1 (a) Düzgün bir elektrik alanı ve alanın eşpotansiyel çizgileri (b) Noktasal bir yükün elektrik alanı ve eşpotansiyel çizgileri

Şekil 4.1 'i dikkate alırsak; A ve B noktaları arasındaki potansiyel fark,

$$V_B - V_A = -\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{r} = -\int_A^B |\vec{E}| |d\vec{r}| \cos 0 = -\int_A^B E dr = -E \cdot l \quad (4.6)$$

olarak elde edilir. Denklem (4.6)' dan aşağıdaki sonuçlar elde edilir.

- $V_A > V_B$
- \vec{E} elektrik alan çizgileri, daima potansiyelin azalan doğrultusundadır.
- Bir elektron elektrik alan doğrultusunda hareket ederse, potansiyel enerji artar.

Şekil 4.1 de belirtilen A-C noktaları arasındaki potansiyel fark ise aşağıdaki gibidir.

$$V_C - V_A = -\int_A^C \vec{E} \cdot d\vec{r} = -\int_A^C |\vec{E}| |d\vec{r}| \cos 90 = 0 \quad (4.7)$$

Bu sonuçtan ise:

- $V_A = V_C$,
- $\vec{E} \perp d\vec{r}$ elde edilir.

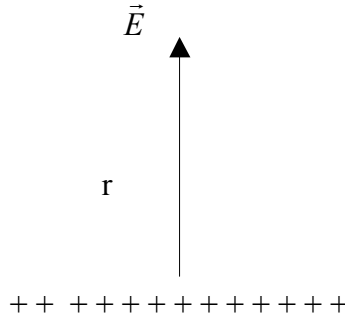
Aynı potansiyele sahip noktaların oluşturduğu herhangi bir yüzeye eşpotansiyel yüzey denir. Yukarıda görüldüğü gibi eşpotansiyel yüzeyler elektrik alan çizgilerine her noktada diktir. Eşpotansiyel üzerinde, herhangi iki nokta arasındaki hareket iş yapmaz.

$$W = q_0 \int \vec{E} \cdot d\vec{r} = 0 \quad (4.8)$$

Bu deneyde elektrik alan çizgileri ile eşpotansiyel yüzeyler arasındaki ilişki incelenecektir. Bu incelemeler daha kolay ifade edilebildiğinden iki boyutlu teledeltos kağıt düzlemi kullanılacaktır. Teledeltos kağıdı grafitle doyurulmuş ve bir yüzeyi alüminyumlanmıştır. Elektrotlar ise kağıdın üzerine gümüş boya sürülerek yerleştirilmiştir. Bu kağıtlar yardımıyla eş eksenli silindirler yerine eş merkezli iki dairede kullanılabilir. Çünkü elektrotlar, teledeltos kağıdın yüzeyi elektrik alanına paralel olacak şekilde yerleştirilmiştir.

Pozitif λ_0 çizgisel yük yoğunluğuna sahip bir dağılımı etrafındaki elektrik alan aşağıdaki gibi verilebilir.

$$E \cong \frac{\lambda_0}{r} \quad (4.9)$$



Şekil 4.2 Çizgisel yük dağılımının etrafındaki elektrik alan

İç içe geçmiş iki silindiri dikkate alalım. İçerideki silindirin yarıçapı a dışarıdaki silindirin yarıçapı ise b olsun. a yarıçapa sahip silindirin gerilim değeri V_a olarak alınırsa yarıçap doğrultusunda herhangi bir r noktasındaki potansiyel aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$V(r) = V_a - \int_a^r \frac{\lambda_0}{r} dr \Rightarrow V(r) = V_a - \lambda_0 \ln \frac{r}{a} \quad (4.10)$$

Bu durumda b yarıçaplı silindirin V_b potansiyeli biliniyorsa çizgisel yük dağılımı potansiyeller cinsinden aşağıdaki gibi elde edilir.

$$V_b = V_a - \lambda_0 \ln \frac{b}{a} \Rightarrow \lambda_0 = \frac{V_a - V_b}{\ln \frac{b}{a}} \quad (4.11)$$

Bu iki silindir arasında herhangi bir r değerindeki potansiyel ise denklem (4.12) ile verilir.

$$V(r) = \frac{V_b \ln \frac{r}{a} - V_a \ln \frac{r}{b}}{\ln \frac{b}{a}} \quad (4.12)$$

Özel olarak $V_a = 0, V_b = V_0$ olarak alınırsa denklem (4.13) elde edilir.

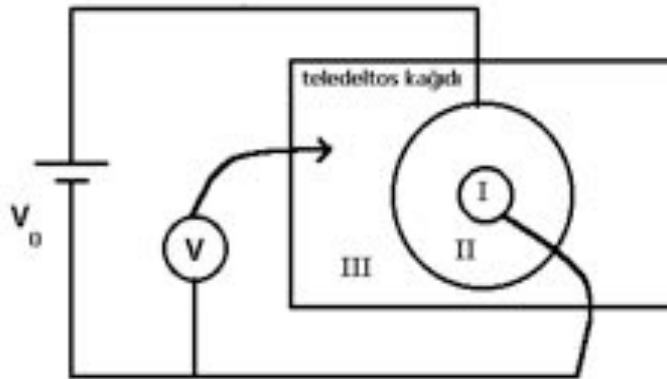
$$V(r) = \frac{V_0 \ln \frac{r}{a}}{\ln \frac{b}{a}} \quad (4.13)$$

Deney Malzemeleri:

Bu deneyde; d.a. alçak gerilim güç kaynağı, multimetre, yarı iletken teledeltos kağıdı ve bağlantı kabloları kullanılacaktır.

Deneyin Yapılışı

- 1- Şekil (4.3)' deki devreyi kurun. V_0 gerilim değerini multimetre yardımıyla 10V'a ayarlayın. Deneyde kullanılan teledeltos kağıdı iletken özelliği olan özel bir kağıttır. **Üzerini kurşun kalem veya tükenmez kalem ile kesinlikle çizmeyiniz.**
- 2- Boş bir milimetrik kağıdı teledeltos kağıdı üzerine yerleştirip, üzerine yarıçap doğrultusunda uygun delikler açınız.
- 3- Merkezden itibaren belirlenen yarıçap boyunca 0.5 cm aralıklar ile gerilim değerlerini okuyup Çizelge(4.1)' e aktarınız.



Şekil 4.3 Deney düzeneği

4- II. bölgede eşgerilim yüzeyleri belirleyiniz ve eşgerilim çizgilerini milimetrik kağıt üzerine çizip sonucu yorumlayınız.

5- $E/1/r_{ort}$ grafiğini çizin ve bu grafiği yorumlayınız. Çizelgede elektrik alan sütununu

doldururken ardışık iki r_i ve r_{i+1} noktaları arasında oluşan gerilim farkı ΔV ise $\frac{\Delta V}{\Delta r}$ 'nin

$\frac{r_i + r_{i+1}}{2}$ noktasındaki yani iki nokta arasındaki elektrik alanının değeri olup olmadığını

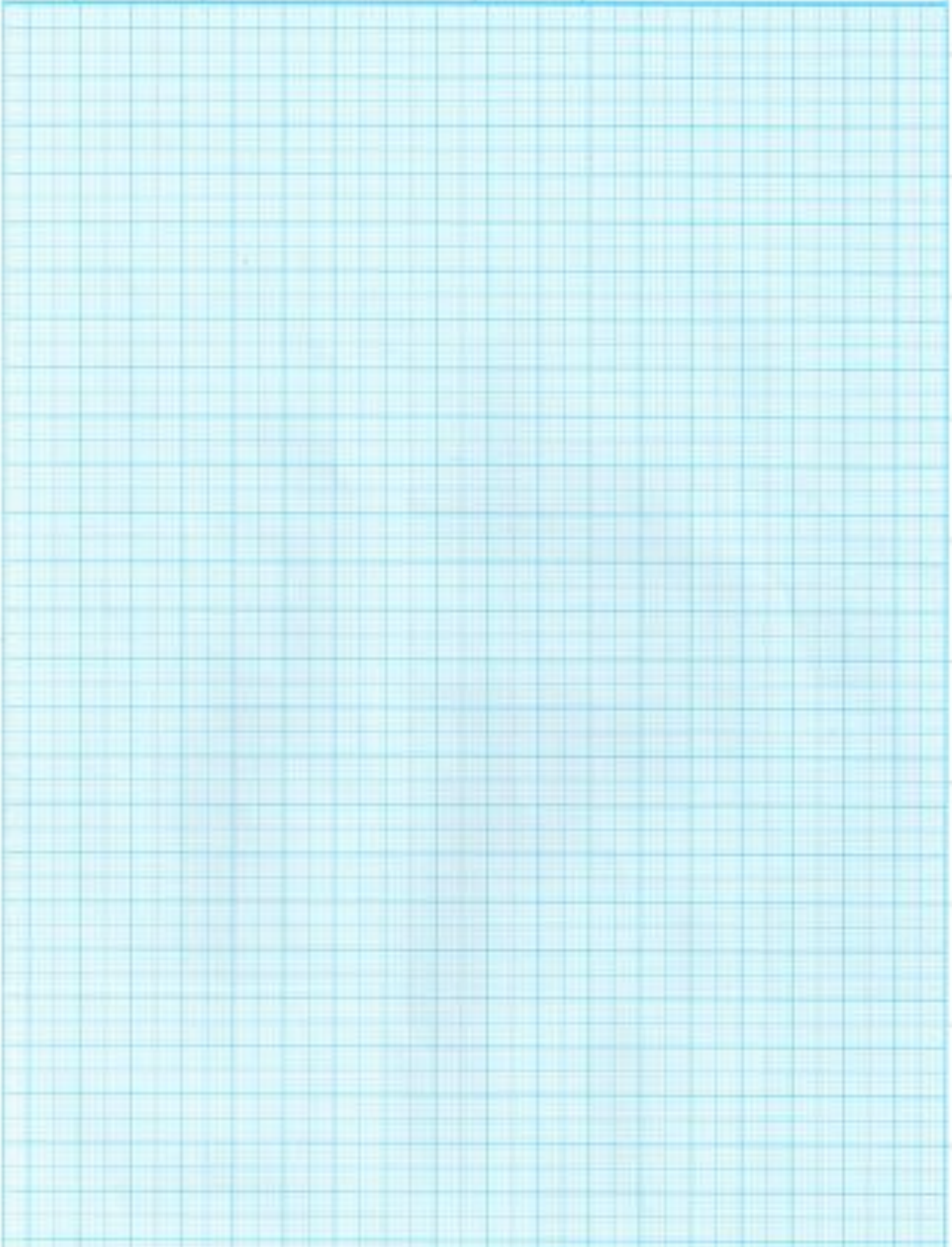
inceleyiniz.

6- $V/\ln r$ grafiğini çizin ve denklem (4.13) ile verilen ifadeyi doğrulamaya çalışarak grafiği yorumlayınız.

Ölçümler ve Hesaplamalar

r (cm)	$\ln r$	V (Volt)	ΔV (Volt)	r_{ort}	$\frac{1}{r_{ort}}$	$E = -\frac{\Delta V}{\Delta r} \left(\frac{V}{cm} \right)$
0						
0.5						
1.0						
1.5						
2.0						
2.5						
3.0						
3.5						
4.0						
4.5						
5.0						
5.5						
6.0						
6.5						
7.0						
7.5						
8.0						
8.5						
9.0						
9.5						
10						

Çizelge 4.1



Yorum

Sorular

1. Şekil 4.3 ile verilen deney düzeneğinde I, II ve III nolu bölgelerdeki elektrik alan ve potansiyel için ne söyleyebilirsiniz? Her bölge için en az üçer eşgerilim çizgisi çizerek elektrik alanı bu şekil üzerinde gösteriniz.

Cevap:

2. Bir dipolün elektrik alanını ve eş gerilim yüzeylerini çizerek gösteriniz.

Cevap: