



ÜNİTE I

ELEKTROSTATİK

1. Elektrik Alanı
2. Elektrik Alanın Kuvvet Çizgileri
3. Yüklü İki Düzlem Levha Arasındaki Alan
4. Elektrik Potansiyeli, İki Nokta Arasındaki Potansiyel Farkı
5. Sığa
6. Kondansatörler

ÖZET

ÖĞRENDİKLERİMİZİ PEKİŞTİRELİM

DEĞERLENDİRME SORULARI

- Ünite ile İlgili Problemler
- Ünite ile İlgili Test Soruları

**BU BÖLÜMÜN AMAÇLARI**

Bu bölümü çalıştığınızda;

- Elektrik alanı, elektriksel potansiyel ve elektriksel potansiyel enerjiyi bilecek,
- Elektrik yükleri arasındaki çeşitli etkileşimleri bilecek,
- Kondansatör ve sığa kavramlarının ne olduğunu öğrenecek,
- Seri ve paralel bağlı kondansatörlerin eş değer sığasını hesaplayacak,
- Bir kondansatörde depolanan enerji miktarının nelere bağlı olduğunu öğreneceksiniz

**NASIL ÇALIŞMALIYIZ?**

Bu bölümü kavrayabilmek için;

- Fizik ders kitabınızdan; Madde ve Elektrik bölümünü,
- Fizik ders kitabınızdan; Vektörel İşlemler, Dinamik, Newton'un Genel Çekim Kanunu ile İş ve Enerji ile ilgili kısımları bir kez daha gözden geçirmeniz yerinde olacaktır.

1- ELEKTRİK ALANI

Elektrik yüklü bir cisim, elektrikle yüklü başka bir cisme çekme veya itme kuvveti uygular. Bu kuvvet uzaklığın karesi ile ters orantılı olduğundan azalarak sonsuza kadar devam eder. Dolayısıyla belli bir bölgenin dışında etki ölçülemeyecek kadar az olur. O hâlde bir yükün etkisini gösterdiği belli bir bölge vardır. İşte elektrik yükünün etkisini gösterdiği bu bölgeye bu yükün **elektrik alanı** denir. Elektrik alanı vektörel bir büyüklüktür, $\vec{E}$ ile gösterilir.



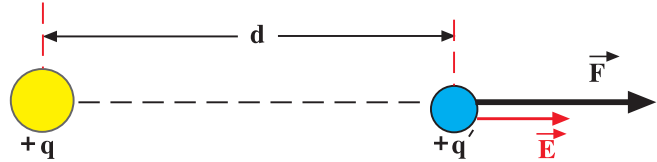
Yüklü bir cismin herhangi bir noktadaki elektrik alanı, cismin o noktada pozitif birim yüke uyguladığı elektrik kuvveti olarak tanımlanır.

Şekil 1.1'deki herhangi bir q yükünden d kadar uzakta alınan birim yük q' ise bu noktadaki elektrik alan şiddeti,

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q'}$$

olur. q yükü ile q' yükü arasındaki etkileşme kuvveti,

$$F = k \frac{qq'}{d^2} \text{ dir.}$$



Şekil 1.1: q' noktasındaki elektrik alan

Dolayısıyla elektrik alanın büyüklüğü ,

$$E = k \frac{q}{d^2} \text{ bağıntısı ile hesaplanır.}$$



Birden fazla yükün bir noktada oluşturduğu elektrik alanın büyüklüğü yüklerin her birinin o noktada oluşturduğu elektrik alanların vektörel toplamına eşittir.

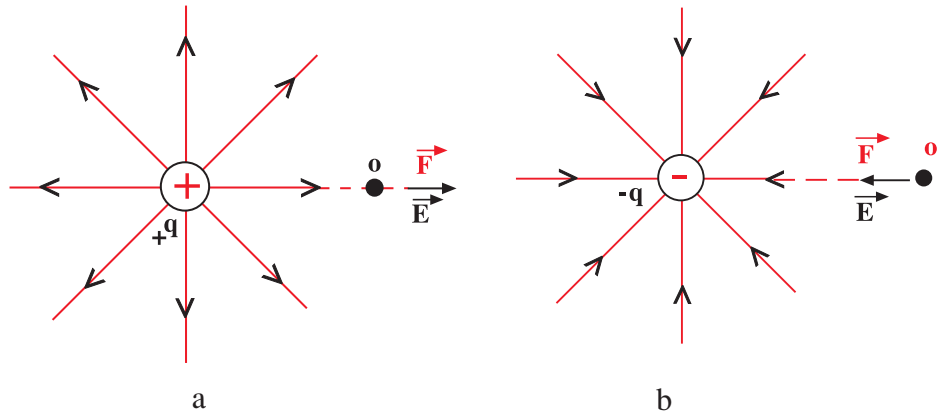
Nicelik	Elektrik Yükü	Sabit	Uzaklık	Kuvvet	Elektrik alan
Sembol	q	k	d	F	E
Birim	C	$N.m^2/C^2$	m	N	N/C

Tablo 1.1: Birim tablosu

2- ELEKTRİK ALANIN KUVVET ÇİZGİLERİ

Bir elektrik yükünün veya elektrik yüklü bir cismin etrafındaki elektrik alanının varlığı, kuvvet çizgileri ile gösterilir. Elektrik alanının yönünü bulmak için; yapılan tanım uyarınca: Bir noktadaki elektrik alan, birim pozitif yüke etkiyen kuvvete eşittir. Dolayısı ile kuvvetin yönü, aynı zamanda elektrik alanının yönünü verir.

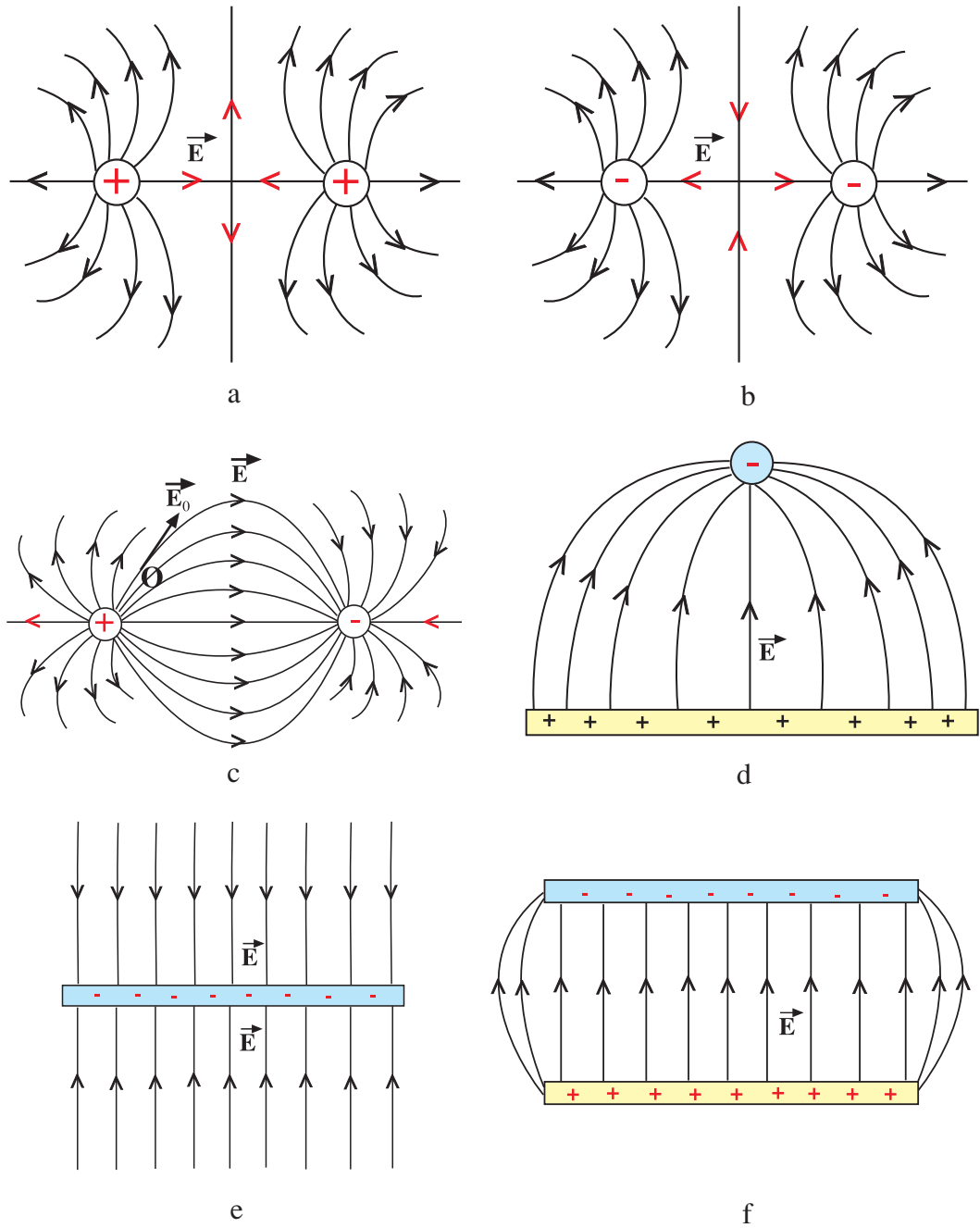
Hareketsiz birim yükün çevresindeki elektrik alan çizgilerinin yük merkezine göre konumları Şekil 1.2’de görüldüğü gibidir.



Şekil 1.2: a. Pozitif yükün etrafında oluşan elektrik alan çizgileri yükten dışarı doğrudur.
b. Negatif yükün etrafında oluşan elektrik alan çizgileri yüke doğrudur.

Elektrik alan içindeki herhangi bir noktanın alan şiddeti vektörü, o noktadaki alan çizgilerine teğettir. Yönü alan kuvvet çizgileri ile aynı yönlüdür. (Şekil 1.3. a. b.c).

Elektrik alanın kuvvet çizgileri yükün olduğu noktanın dışındaki bir noktada hiçbir şekilde kesişmez (Şekil 1.3.d).



Şekil 1.3: a.b.c. Aynı ve zıt işaretli noktasal yük çiftlerinin çevrelerinde oluşturdukları elektrik alanın kuvvet çizgileri

d. Pozitif yüklü levha ile sabit negatif (tek noktasal) yük arasındaki elektrik alanın kuvvet çizgileri

e. Sonsuz büyüklükte negatif yüklü levhanın çevresinde oluşturduğu elektrik alanın kuvvet çizgileri

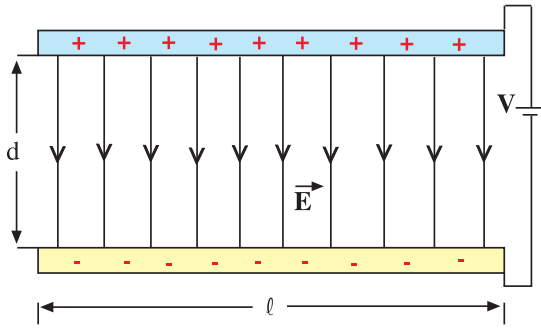
f. Sonsuz büyüklükte zıt yüklü iki levhanın çevrelerinde oluşturdukları elektrik alanın kuvvet çizgileri



Kuvvet çizgilerinin özellikleri:

- Kuvvet çizgileri pozitif yükten uzaklaşacak yöndedir.
- Kuvvet çizgileri negatif yüke doğrudur.
- Kuvvet çizgileri kesişmezler.
- Pozitif yükten çıkan kuvvet çizgileri negatif yükte son bulur.
- Elektrik alanın büyüklüğü bu çizgilerin sıklığı ile orantılıdır.
- Kuvvet çizgilerine teğet vektörler elektrik alanın o noktadaki yönünü verir.

3- YÜKLÜ İKİ DÜZLEM LEVHA ARASINDAKİ ALAN



Şekil 1.4: Zıt yüklü paralel levhalar arasındaki elektrik alan

Şekil 1.4'teki gibi yerleştirilen özdeş iki iletken levha bir bataryanın kutuplarına bağlanırsa, bu iki levha arasında yönü pozitif (+) yüklü levhadan, negatif (-) yüklü levhaya doğru olan bir elektrik alan oluşur. Kenarlardan belirli uzaklıkta ve levhalar arasındaki elektrik alanın çizgileri birbirlerine paraleldir. Ancak levhalar arasındaki uzaklık, levhanın boyutlarına göre küçükse, bu bölgenin her noktasında elektrik alan şiddeti aynı olur.



Her noktasında doğrultu ve büyüklük olarak aynı olan alanlara düzgün elektrik alanı denir.

Levhalar arasındaki elektrik alan şiddeti,

$$E = \frac{V}{d}$$

bağıntısı ile hesaplanır. Yük üzerine etki eden kuvvetin büyüklüğü ile ilgili bağıntıda elektrik alan bağıntısı yerine yazılırsa,

$$F = q E$$

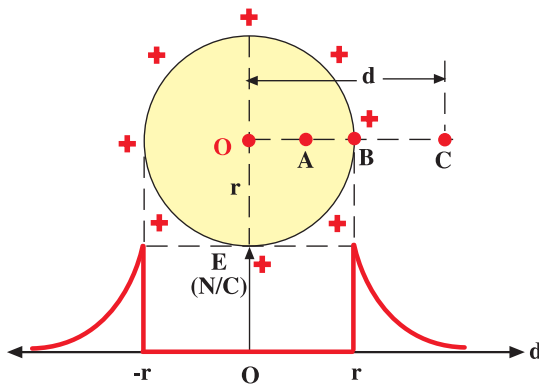
$$E = q \frac{V}{d}$$

ifadesi elde edilir.

Nicelik	Potansiyel Farkı	Uzaklık	Elektrik alanı
Sembol	V	d	E
Birim	V	m	V/m

Tablo 1.2: Birim tablosu

Yüklü İletken Bir Kürenin Etrafındaki Elektrik Alanı



Grafik 1.1 Yüklü İletken bir kürenin elektrik alanının uzaklığa göre değişimi

İletkenlerde elektrik yükünün iletkenin dış yüzeyine dağıldığını, içi boş kürede de aynı durumun görüldüğünü biliyoruz. Kürenin içinde elektrik alan sıfırdır. Elektrik alanın, kürenin merkezinden olan uzaklığa bağlı değişimini gösteren grafiği inceleyelim (Grafik 1.1).

$$d < r \text{ ise } E_o = E_A = 0$$

$$d = r \text{ ise } E_B = k \frac{q}{r^2}$$

$$d > r \text{ ise } E_c = k \frac{q}{d^2} \text{ olur.}$$

Görüldüğü gibi küre içinde elektrik alan sıfırdır. Elektrik alan en büyük değere küre yüzeyinde ulaşmakta, küreden uzaklaştıkça alanın değeri azalmaktadır.

4- ELEKTRİK POTANSİYELİ, İKİ NOKTA ARASINDAKİ POTANSİYEL FARKI

İki kütle arasındaki;

Kütle çekim kuvveti, $F = G \frac{m_1 m_2}{d^2}$

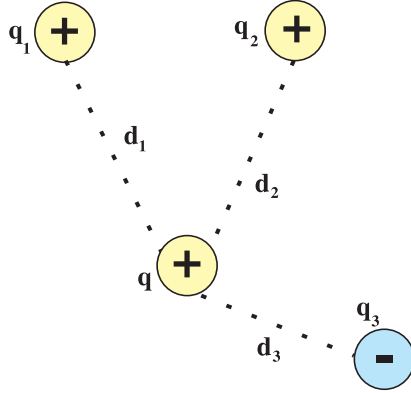
Kütle çekim potansiyeli, $E_p = -G \frac{m_1 m_2}{d}$ olur.

Benzer şekilde İki elektrik yükü arasındaki;

Elektrik kuvveti, $F = k \frac{q_1 q_2}{d^2}$

Elektrik potansiyel enerjisi $E_p = k \frac{q_1 q_2}{d}$ olur.

Bağıntıda q_1 ve q_2 yüklerinden oluşan sistemin potansiyel enerjisi; yükler aynı işaretli olduğunda pozitif, zıt işaretli olduğunda ise negatiftir.



Şekil 1.5: q yükünün potansiyeli

Sabit q_1 , q_2 ve $-q_3$ yüklerinden d_1, d_2 ve d_3 kadar uzaklıktaki q yükünün sahip olacağı elektrik potansiyel enerjisi, q_1 , q_2 ve $-q_3$ yüklerinin q yükünün bulunduğu noktada ayrı ayrı oluşturacakları elektrik potansiyel enerjilerinin cebirsel toplamına eşittir. Bu toplam Şekil 1.5'e göre;

$$E_p = E_{p1} + E_{p2} + E_{p3}$$

$$E_p = k \frac{q_1 q}{d_1} + k \frac{q_2 q}{d_2} + k \frac{(-q_3) q}{d_3} \text{ olur.}$$

Bir Noktanın Elektrik Potansiyeli



+1 birim yük için yapılan iş ya da +1 birimlik yüke düşen elektrik potansiyel enerjisi olarak tanımlanır. Bu noktanın potansiyeli;

$$V = \frac{E_p}{q} \text{ dir. } E_p = k \frac{qq}{d} \text{ ifadesi eşitlikte yerine yazılırsa,}$$

$$V = k \frac{q}{d} \text{ olur.}$$

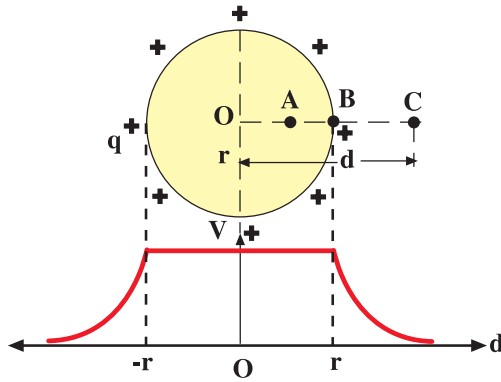
$q_1, q_2, q_3 \dots$ yüklerinin bu yüklerden $d_1, d_2, d_3 \dots$ kadar uzaktaki bir noktada oluşturdukları potansiyel, yüklerin o noktaya kazandırdığı potansiyellerin cebirsel toplamına eşittir. Buna göre;

$$V_{\text{Top}} = k \frac{q_1}{d_1} + k \frac{q_2}{d_2} + k \frac{q_3}{d_3} + \dots \text{ olur.}$$

Nicelik	Potansiyel enerji	Elektrik yükü	Uzaklık	Potansiyel
Sembol	E_p	q	d	V
Birim	J (Joule)	C (Coulomb)	m (metre)	V (volt)

Tablo 1. 3: Birim tablosu

Yüklü Bir Kürenin Potansiyeli



Grafik 1.2 : Yüklü bir kürenin potansiyelinin uzaklıkla değişimi

İçi boş ya da dolu olan iletken bir kürenin potansiyeli, tüm yükün merkezde toplandığı düşünülerek hesaplanır. Grafik 1.2’de görüldüğü gibi r yarıçaplı iletken kürenin;

a. Kürenin içindeki bütün noktaların potansiyelleri aynı olup, küre yüzeyindeki potansiyele eşittir.

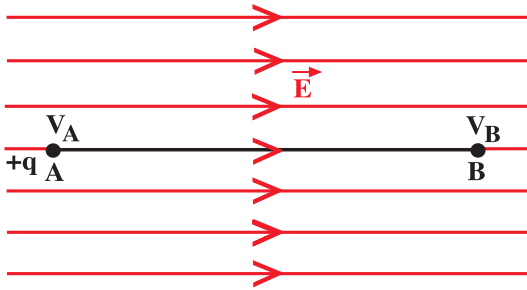
$d < r$ ve $d = r$ için

$$V_o = V_A = V_B = k \frac{q}{r}$$

b. $d > r$ için $V_C = k \frac{q}{d}$ ’dir.

O hâlde iletken kürenin merkezinden yüzeye kadar potansiyeli sabit, yüzeyden sonra uzaklıkla ters orantılı olarak azalır.

İki Nokta Arasındaki Potansiyel Farkı ve Ortak Potansiyel



Şekil 1.6: İki noktanın potansiyeli

$\vec{E}$ elektrik alanı içindeki q yükünü potansiyeli V_A olan A noktasından ya da potansiyeli V_B olan B noktasından alıp sonsuza veya toprağa götürmek için yapılan iş sırasıyla,

$$W_A = qV_A \text{ ve } W_B = qV_B \text{ 'dir.}$$

$+q$ yükü Şekil 1.6’deki A noktasından B noktasına götürüldüğünde yapılan iş,

$$W_{AB} = W_B - W_A$$

$$W_{AB} = qV_B - qV_A$$

$$W_{AB} = q(V_B - V_A) \text{ olur.}$$

Bağıntıdaki $V_B - V_A = V_{AB}$ olup, A ile B noktaları arasındaki **potansiyel farkı** olarak adlandırılır. $V_B > V_A$ için $+q$ yükü;

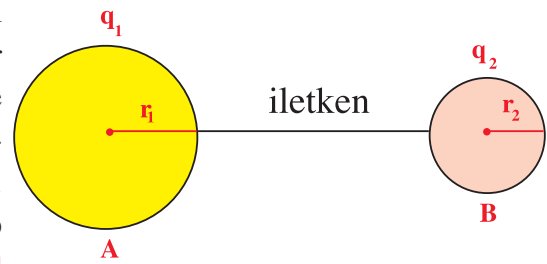
A noktasından B noktasına götürülürse ($V_{AB} = V_B - V_A$) yapılan iş (W_{AB}) pozitif,

B noktasından A noktasına götürülürse ($V_{BA} = V_A - V_B$) yapılan iş (W_{BA}) negatif olur. İşin pozitif olması elektriksel kuvvetlere karşı iş yapıldığını, negatif olması ise, elektriksel kuvvetlerin iş yaptığını gösterir.



İki nokta arasındaki potansiyel farkı bu noktalar arasında izlenen yola bağlı değildir.

Şekil 1.7'deki gibi potansiyelleri farklı iletken iki cisim, yine iletken bir telle birbirine bağlanırsa birinden diğerine yük geçişi olur. Bu olay kürelerin potansiyelleri eşit oluncaya kadar devam eder. Yük alış verişinden sonra cisimlerin sahip olacağı potansiyele **ortak potansiyel** denir ve



Şekil 1.7: İki kürenin ortak potansiyeli

$$V_A = V_B = V_{\text{ortak}}$$

$$V_{\text{ortak}} = k \frac{q_1 + q_2}{r_1 + r_2} \quad \text{şeklinde yazılır.}$$

Değişik yarıçap ve yüke sahip n tane kürenin iletken telle birleştirilmesiyle oluşan sistemde toplam yük, küreler arasında yarıçaplarıyla orantılı olarak bölüşülür.

Yük geçişi tamamlandığında (sona erdiğinde) kürelerin potansiyelleri eşit olmuştur. Bu durumda ortak potansiyel,

$$V_{\text{ort}} = k \frac{\sum q}{\sum r} = k \frac{q_1 + q_2 + \dots + q_n}{r_1 + r_2 + \dots + r_n}$$

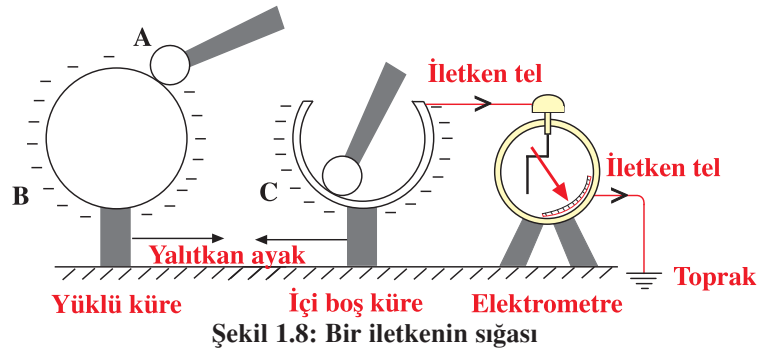
bağıntısı ile bulunur.



Kürelerin birbirine bağlanmadan önceki yükleri toplamı ortak potansiyelden sonraki yükleri toplamına eşittir. Buna yüklerin korunumu kanunu denir.

Bir noktanın potansiyeli ve iki nokta arasındaki potansiyel farkı elektrometre veya voltmetre ile ölçülür.

5- SİĞA



Şekil 1.8: Bir iletkenin sığası

Şekil 1.8’de görülen eksi (-) yüklü iletken B küresine, yalıtkan saplı A küreciğini dokundurarak küreçeği q miktar yükleyelim. Sonra q yüklü küreçeği C küresinin içine dokundurarak bu yükün tamamını içi boş küreye aktaralım. İçi boş C küresinin dış yüzeyine geçen eksi (-) yükler iletken tel aracılığıyla elektrometreye geçer. Bu işlem tekrarlanırsa A küreçeği her seferinde C küresine q kadar yük taşıyarak onun yükünü $q, 2q, 3q \dots$ yapar. Elektrometre ile de C küresinin her yüklenişte potansiyeli ölçülürse $V, 2V, 3V \dots$ olduğu görülür. Her bir durumdaki yük ve potansiyel değerleri oranlanırsa;

$$\frac{q}{V} = \frac{2q}{2V} = \frac{3q}{3V} = \dots = \text{sabit} \quad \text{olduğu görülür.}$$

Bu sabit değer **iletkenin sığası** ya da **kapasitesi** dir. **C** ile gösterilir. Skaler bir büyüklük olan bir iletkenin sığası,

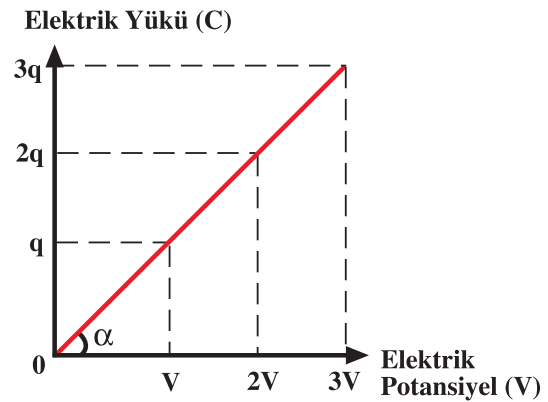
$$C = \frac{q}{V} \text{ bağıntısı ile hesaplanır.}$$



Bir iletkenin sığası yük veya elektriksel potansiyel enerji depolayabilmenin bir ölçüsü olarak tanımlanabilir.

Deneydeki iletken kürenin potansiyelinin yüke göre değişimi Grafik 1.3’teki gibidir. Bu grafiğin eğimi sığayı verir.

$$\tan \alpha = \frac{q}{V} = C' \text{ dir.}$$



Grafik 1.3: Yüklü kürenin potansiyel -yük değişim grafiği

Nicelik	Elektrik Yüğü	Potansiyel	Sığa
Sembol	q	V	C
Birim	C	V	F

Tablo 1.4: Birim tablosu



Farad (F) büyük bir sığa birimi olduğundan uygulamada ast katları kullanılır.
 $1 \text{ F (Farad)} = 10^6 \mu\text{F (mikrofarad)} = 10^9 \text{ nF (nanofarad)} = 10^{12} \text{ pF (pikofarad)}$

Yükü q ve yarıçapı r olan iletken bir kürenin potansiyeli,

$$V = k \frac{q}{r} \text{ 'dir. Bu değer}$$

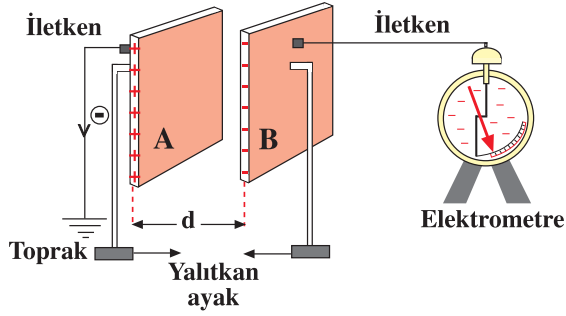
$$C = \frac{q}{V} \text{ 'de yerine yazılırsa kürenin sığası,$$

$$C = \frac{q}{k \frac{q}{r}}$$

$$C = \frac{r}{k} \text{ olarak bulunur.}$$

Burada $k = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ dir.

6- KONDANSATÖRLER



Şekil 1.9: Kondansatörün yapısı

Şekil 1.9'daki sistemde yer alan yüklü (negatif) B levhası elektrometreye bağlandığında üzerindeki yüklerin bir miktarı (yükler eşit oluncaya kadar) elektrometreye geçtiğinde elektrometrenin yaprakları açılır. Yüksüz ve toprak bağlantılı A levhasını B'ye yaklaştıralım. B'deki yüklerin etkisiyle A'daki negatif yükler toprağa gönderileceğinden A levhası pozitif yüklerle yüklenir. A'daki yükler B ve elektrometreden oluşan sistemi etkiler. Elektrometreden B'ye gelen yükten dolayı, yükü azalan elektrometrenin

yaprakları biraz kapanır. Bu durumda sistemin toplam eksi yükü değişmemiş fakat potansiyeli azalmıştır. Bunun sonucu olarak B levhasının,

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

bağıntısına göre q yükü değişmeyip V potansiyelinin azalması C sığasının yani yük alma kapasitesinin artması demektir.

A ve B levhâları arasındaki d uzaklığı değiştirilmeden hava ortamı yerine mika, cam, parafinli kağıt... gibi yalıtkan (dielektrik) konursa yine B nin potansiyeli azalır ve aynı ölçüde sığası artar.



O hâlde sığa ortamın cinsine bağlı olarak değişir.



Aralarında yalıtkan bir ortam bulunan iki iletkenin oluşan sisteme kondansatördenir. Kondansatörler elektrik yükü depolayan düzeneklerdir. İletken levhâlara kondansatörün armatürleri denir.

Armatürler bir üretcin kutuplarına bağlanırsa kondansatör yüklenir. Üretcin pozitif kutbuna bağlanan armatür $+q$, negatif kutbuna bağlanan armatür $-q$ ile yüklenir. Kondansatörün yükü denildiğinde armatürlerden biri üzerindeki yük miktarı belirtilmektedir.



Armatürler arasındaki yalıtkan ortama, kondansatörün dielektriği denir ve ϵ ile gösterilir.

Yükü q ve armatürleri arasındaki potansiyel farkı V olan kondansatörün sığası,

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

olarak ifade edilir.



Armatürleri düzlem levha şeklinde olan kondansatöre düzlem kondansatör adı verilir.

Armatürlerinden birinin yüzölçümü A , armatürler arası uzaklığı (veya ortamın kalınlığı) d ve armatürler arasındaki ortamın dielektrik sabiti ϵ olan düzlem kondansatörün sığası,

$$C = \epsilon \frac{A}{d} \text{ olur.}$$

Bu bağıntıya göre düzlem kondansatörün sığası;

- I. Dielektriğin (ϵ) cinsine bağlıdır.
- II. Armatürlerin yüzölçümü (A) ile doğru orantılıdır.
- III. Armatürler arası uzaklık (d) ile ters orantılıdır.

Madde	Ortamin dielektrik kat sayısı (F/m)
Boşluk	$8,85 \cdot 10^{-12}$
Hava (1 Atm.)	$8,85 \cdot 10^{-12}$
Cam	$(45-90) 10^{-12}$
Lâstik	$(22-300) 10^{-12}$
Mika	$(27-54) 10^{-12}$
Tahta	$(22-72) 10^{-12}$
Su (18°C)	$717 \cdot 10^{-12}$
Parafinli kâğıt	$18 \cdot 10^{-12}$

Tablo 1.5: Bazı maddelerin dielektrik kat sayıları (sabitleri)

Nicelik	Armatürlerden birinin yüzeyi	Armatürler arası uzaklık	Sığa	Ortamin dielektrik sabit
Sembol	A	d	C	ϵ
Birim	m ²	m	F	F/m

Tablo 1.6: Birim tablosu

Devrelerde, sığaları sabit olan kondansatörler; $\text{---} \text{---} \text{---}$ ya da $\text{---} \text{---} \text{---}$

sığaları değiştirilebilen kondansatörler; $\text{---} \text{---} \text{---}$ ya da $\text{---} \text{---} \text{---}$

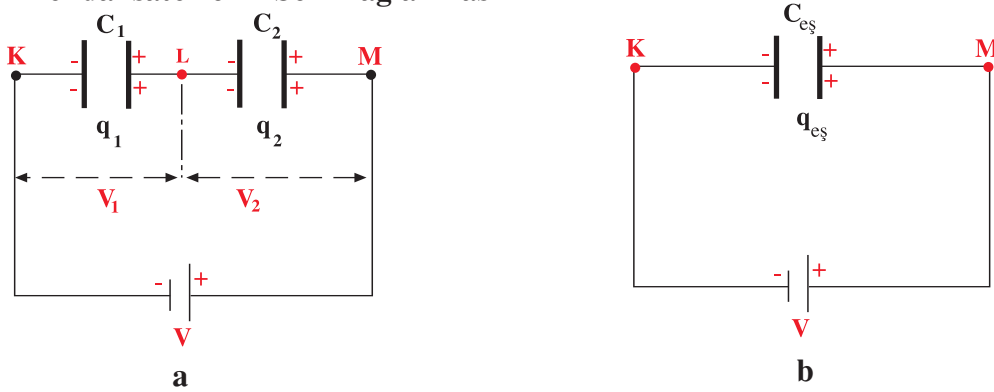
şeklinde gösterilir.



Kondansatörler yük ve enerji depolamakta, elektrostatik deneylerde, alternatif akım, radyo, televizyon ve bilgisayar devrelerinde kullanılır.

a) Kondansatörlerin Bağlanması, Yüklenmesi ve Eş değer Sığanın Bulunması.

1- Kondansatörlerin Seri Bağlanması



Şekil 1.10: a) Kondansatörlerin seri bağlanması

b) Eş değer sığa



Kondansatörlerden birinin pozitif levhası diğer kondansatörün negatif levhasına gelecek şekilde yapılan bağlamaya seri bağlama denir. (Şekil 1.10.a).



Seri bağlanmış kondansatörlerin yükleri birbirine eşittir. Bu da sistemin toplam ya da eş değer yüküne eşittir.

$$q_{eş} = q_1 = q_2$$

C_1 ve C_2 sığalı kondansatörlerin potansiyelleri V_1 ve V_2 ise sistemin potansiyel farkı,

$$V = V_1 + V_2 \text{ 'dir.}$$



Birden fazla kondansatörden oluşan sistemin sığasına eş değer sığa denir.

$C_{eş}$ sembolü ile gösterilir (Şekil 7.10.b).

Eş değer sığa için sistemin potansiyel farkı eşitliğinden;

$$V = V_1 + V_2$$

$$\frac{q_{eş}}{C_{eş}} = \frac{q_1}{C_1} + \frac{q_2}{C_2}$$

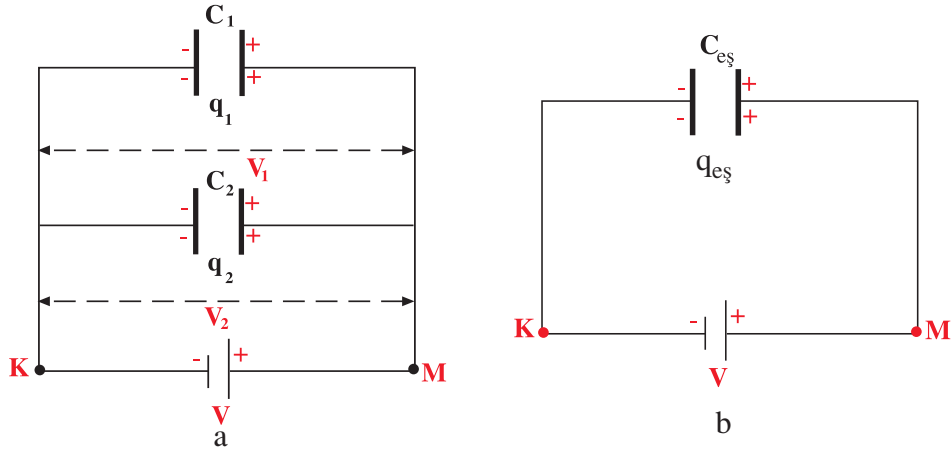
$$q_{eş} = q_1 = q_2 \text{ olduğundan,}$$

$$\frac{1}{C_{eş}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \text{ bağıntısı bulunur.}$$

İkiden fazla kondansatörün seri bağlı olduğu devrede eş değer sığa,

$$\frac{1}{C_{eş}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} \text{ bağıntısıyla bulunur.}$$

2- Kondansatörlerin Paralel Bağlanması



Şekil 1.11: a. Kondansatörlerin paralel bağlanması
b. Eş değer sığa



Şekil 1.11. a'daki **gibi iki veya daha fazla kondansatörün negatif (-) işaretli levhalarının bir noktaya, pozitif (+) işaretli levhaların başka bir noktaya bağlanmasına kondansatörlerin paralel bağlanması denir.**

Sistemin eş değer yükü, her bir kondansatörün sahip olduğu yükün toplamına eşittir.

$$q_{eş} = q_1 + q_2$$

Kondansatörlerin uçları arasındaki potansiyel farkları ile sistemin potansiyeli eşittir.

$$V = V_1 = V_2$$

Yük eşitliğinde, sığa ve potansiyel cinsinden değerler yerine yazılırsa eş değer sığa;

$$C_{eş} V = C_1 V_1 + C_2 V_2$$

$$V = V_1 = V_2 \quad \text{olduğundan,}$$

$$C_{eş} = C_1 + C_2 \quad \text{olur.}$$

İkiden fazla kondansatörün paralel bağlı olduğu devrede eş değer sığa;

$$C_{eş} = C_1 + C_2 + \dots + C_n \quad \text{bağıntısıyla bulunur.}$$

b) Yüklü Bir Kondansatörün Enerjisi

Yüksüz kondansatörün armatürleri arasındaki potansiyel farkı sıfırdır. Kondansatör düzgün olarak yüklenirse, potansiyel farkı da doğru orantılı olarak artar. Yapılan işi bulmak için potansiyel farkının ortalama değeri (V_{ort}) ile taşınan yük miktarı çarpılır.

$$W = qV_{\text{ort.}}$$

$$V_{\text{ort}} = \frac{0 + V}{2} = \frac{V}{2}$$

değeri yerine yazılırsa;

I. $W = \frac{1}{2} qV$ olarak,

$q = CV$ değeri yerine yazılırsa;

II. $W = \frac{1}{2} CV^2$ olarak,

$V = \frac{q}{C}$ değeri yerine yazılırsa;

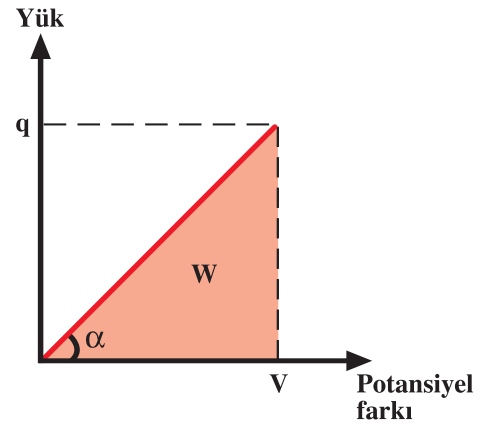
III. $W = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C}$ olarak bulunur.

Yük - potansiyel farkı grafiğindeki doğrunun eğimi sığayı (C) verir (Grafik 1.4).

$$\tan \alpha = \frac{q}{V} = C$$

Grafik altındaki alan ise kondansatörde depolanan enerjiyi verir. Bu enerji;

$$W = \frac{1}{2} qV \text{ dir.}$$



Grafik 1.4: Yük-Potansiyel farkı grafiği

Nicelik	Elektrik yükü	Sığa	Potansiyel farkı	Enerji
Sembol	q	C	V	W
Birim	C	F	V	J

Tablo 1.7: Birim tablosu



ÖZET

Doğada pozitif (+) ve negatif (-) olmak üzere iki cins elektrik yükü olduğunu, aynı cins elektrik yüklerinin birbirlerini ittiğini, farklı cins elektrik yüklerinin birbirlerini çektiğini; Aralarında d uzaklığı bulunan q_1 ve q_2 yüklerinin birbirlerini büyüklüğü,

$$F = k \frac{q_1 q_2}{d^2}$$

olan bir kuvvetle ittiğini veya çektiğini (coulamb yasası) Lise 1 Fizik dersinde öğrendiniz. Lise 2 Fizik dersinin 1. bölümünde ise aşağıdaki konular ele alındı ve incelendi.

Birim yüke etkiyen elektriksel kuvvet olarak tanımlanan **elektrik alanın** büyüklüğü,

$$E = k \frac{q}{d^2}$$

bağıntısıyla bulunur.

Bir yükler sisteminin potansiyel enerjisi, başlangıçta birbirlerinden sonsuz uzaklıkta bulunan yüklerin bir araya getirilebilmeleri için elektriksel kuvvetlere karşı yapılan işe eşittir.

$$E_p = k \frac{q_1 q_2}{d}$$

eşitliği ile hesaplanır.

Bir q yükünden d kadar uzakta olan bir noktanın potansiyeli, birim pozitif yükü sonsuzdan bu noktaya taşımak için yapılan iştir. Elektriksel potansiyel,

$$V = k \frac{q}{d}$$

bağıntısıyla bulunur.

Aralarında yalıtkan bir ortam bulunan iki iletkenin oluşan sisteme **kondansatör** denir. Kondansatörün sığası ise birim potansiyeli altında üzerinde toplayabileceği yük miktarına eşittir.

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

olarak ifade edilen kondansatörün sığası, sistemin geometrisine bağlı ve levhalar

arasındaki dielektrik ortamla orantılıdır. En çok kullanılan düzlem levhali kondansatörün sığası,

$$C = \epsilon \frac{A}{d} \text{ dir.}$$

Kondansatörler seri ve paralel bağlanarak bir elektrik devresinde ihtiyaç duyulan değerde kondansatörler oluşturulabilir. Seri bağlı n tane kondansatörün eş değer sığası;

$$\frac{1}{C_{eş}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

eşitliğinden, paralel bağlı n tane kondansatörün eş değer sığası ise;

$$C_{eş} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

eşitliğinden hesaplanır.

Üzerindeki yük q , sığası C ve levhalar arasındaki potansiyel farkı V olan bir kondansatörün üzerinde depo edilen potansiyel enerji;

- $W = \frac{1}{2}qV$
- $W = \frac{1}{2}CV^2$
- $W = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C}$

eşitlikleri ile hesaplanır.

ÖĞRENDİKLERİMİZİ PEKİŞTİRELİM

1- Aralarındaki uzaklık $2 \cdot 10^{-2}$ m olan paralel iki levhaya uygulanan gerilim 200 V' tur.

a. Levhalar arasında oluşan elektrik alanın değeri,

b. Levhalar arasına konan $4 \mu\text{C}$ 'luk yüke uygulanan kuvvetin büyüklüğü nedir?

ÇÖZÜM

$$d = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$V = 200 \text{ V}$$

$$q = 4 \mu\text{C} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

$$\text{a. } E = ?$$

$$\text{b. } F = ?$$

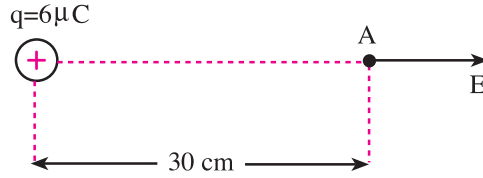
$$\text{a. } E = \frac{V}{d} = \frac{200}{2 \cdot 10^{-2}} = \frac{2 \cdot 10^2}{2 \cdot 10^{-2}} = 10^4 \text{ V/m}$$

$$\text{b. } F = q \cdot E = 4 \cdot 10^{-6} \cdot 10^4 = 4 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$

2- Şekil 1.12'deki $6 \mu\text{C}$ 'luk bir yükün 30 cm uzağında bulunan

A noktasındaki elektrik alanın değeri

kaç N/C'dur? ($k=9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$)



Şekil 1.12

ÇÖZÜM

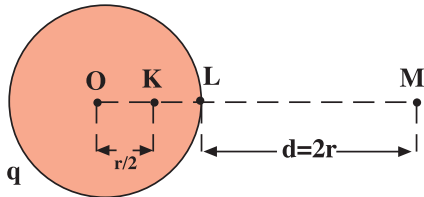
$$q = 6 \mu\text{C} = 6 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

$$d = 30 \text{ cm} = 3 \cdot 10^{-1} \text{ m}$$

$$E = ?$$

$$E = k \frac{q}{d^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 6 \cdot 10^{-6}}{(3 \cdot 10^{-1})^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 6 \cdot 10^{-6}}{9 \cdot 10^{-2}} = 6 \cdot 10^5 \text{ N/C}$$

3-



Şekil 1.13

Şekil 1.13'deki r yarıçaplı iletken kürenin yükü q olduğuna göre O,K,L ve M noktalarında oluşan elektrik alan şiddetlerini bulunuz.

ÇÖZÜM

Kürenin içindeki her noktada elektrik alan şiddeti sıfırdır. Bu nedenle 0 ve K noktalarındaki elektrik alan şiddeti

$$E_o = E_k = 0 \text{ 'dır.}$$

L noktasındaki elektrik alan şiddeti,

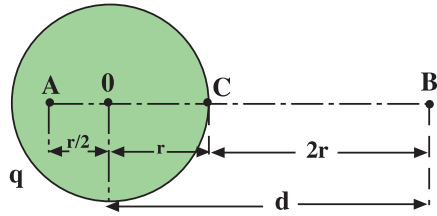
$$E_L = k \frac{q}{r^2} \text{ ile}$$

M noktasındaki elektrik alan şiddeti ise,

$$E_M = k \frac{q}{(r + d)^2} = k \frac{q}{(r + 2r)^2} = k \frac{q}{(3r)^2}$$

eşitliğinden bulunur.

4-



Şekil 1.14

Şekil 1.14'deki r yarıçaplı iletken kürenin yükü q olduğuna göre A ve B noktaları arasındaki potansiyel farkını bulunuz.

ÇÖZÜM

Kürenin içindeki her noktanın potansiyeli yüzeydeki potansiyele eşittir.

$$V_A = V_o = V_c \text{ 'dır.}$$

Bu durumda A noktasının potansiyeli,

$$V_A = k \frac{q}{r}$$

B noktasının potansiyeli ise ,

$$V_B = k \frac{q}{(r + 2r)} = k \frac{q}{d} \text{ 'dır.}$$

A ve B noktaları arasındaki potansiyel farkı,

$$V_{AB} = V_A - V_B$$

eşitliğinden bulunur.

5- Yüğü 2 C olan bir cisim potansiyeli 120 volt olan A noktasından B noktasına giderken 80 J' lük enerji harcadığına göre, B noktasının potansiyeli kaç V'tur.

ÇÖZÜM

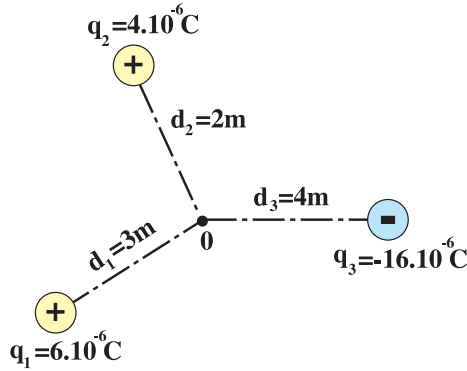
$$q = 2C \quad W = q (V_A - V_B)$$

$$W = 80 J \quad 80 = 2(120 - V_B)$$

$$V_A = 120 V \quad V_B = 120 - 40$$

$$V_B = ? \quad V_B = 80 V$$

6-



Şekil 1.15

Şekil 1.15'teki yüklerin 0 noktasında oluşturacakları toplam potansiyel kaç V'tur? ($k = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$)

ÇÖZÜM

Potansiyel skaler bir büyüklük olduğundan her bir yükün 0 noktasında oluşturacağı potansiyellerin cebirsel toplamı toplam potansiyeli verir.

$$V_{\text{Top}} = V_1 + V_2 + V_3$$

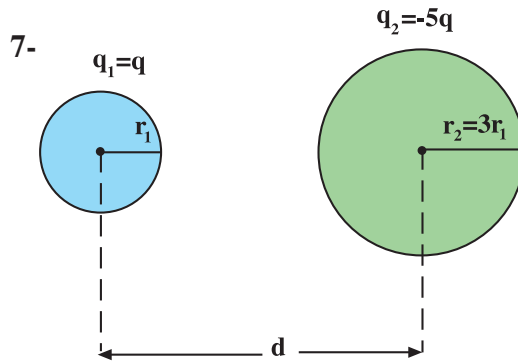
$$V_{\text{Top}} = k \frac{q_1}{d_1} + k \frac{q_2}{d_2} + k \frac{-q_3}{d_3}$$

$$V_{\text{Top}} = 9 \cdot 10^9 \left(\frac{6 \cdot 10^{-6}}{3} + \frac{4 \cdot 10^{-6}}{2} - \frac{16 \cdot 10^{-6}}{4} \right)$$

$$V_{\text{Top}} = 9 \cdot 10^9 \left(\frac{24 \cdot 10^{-6}}{12} + \frac{24 \cdot 10^{-6}}{12} - \frac{48 \cdot 10^{-6}}{12} \right)$$

$$V_{\text{Top}} = 9 \cdot 10^9 \cdot 0$$

$$V_{\text{Top}} = 0$$



Şekil 1.16

Şekil 1.16'daki $q_1 = q$ ve $q_2 = -5q$ yüklü iki iletken küre birbirine dokundurulup aynı d uzaklığına konulursa her birinin üzerindeki yük miktarı kaç q olur?

ÇÖZÜM

$$q'_1 = r_1 \frac{q_1 + q_2}{r_1 + r_2} = r_1 \frac{q + (-5q)}{r_1 + 3r_1} = -q$$

$$q'_2 = r_2 \frac{q_1 + q_2}{r_1 + r_2} = 3r_1 \frac{q + (-5q)}{r_1 + 3r_1} = -3q$$

8- Armatürlerinin yüzey alanı $0,2 \text{ m}^2$ olan düzlem kondansatörün levhaları arasında $4 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ kalınlığında hava bulunmaktadır. Bu kondansatörün;

a. Sığasını,

b. Levhalarının arasına $2 \cdot 10^4 \text{ V}$ 'luk gerilim uygulanırsa depolanacak yük miktarını bulunuz. ($\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$)

ÇÖZÜM

$$A = 0,2 \text{ m}^2$$

$$d = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$V = 2 \cdot 10^4 \text{ V}$$

$$\text{a. } C = ?$$

$$\text{b. } q = ?$$

$$\text{a. } C = \epsilon_0 \frac{A}{d} = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 0,2}{4 \cdot 10^{-2}} = 4,4 \cdot 10^{-11} \text{ F}$$

$$\text{b. } q = VC = 2 \cdot 10^4 \cdot 4,4 \cdot 10^{-11} = 8,8 \cdot 10^{-7} \text{ C}$$

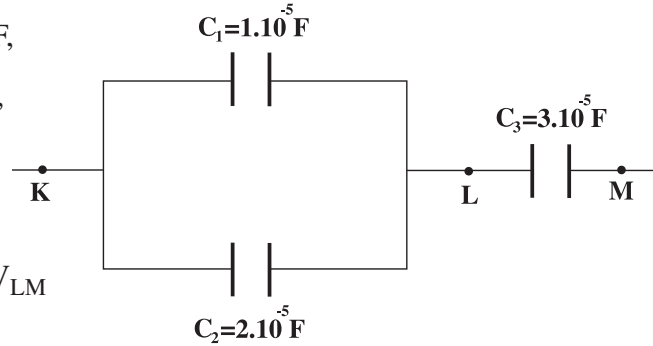
9- Şekil 1.17'deki sistemin K ve M noktaları arasındaki potansiyel farkı 300 Volttur.

a. Sistemin eş değer sığası kaç F,

b. Sistemin toplam yükü kaç C,

c. $3 \cdot 10^{-5} \text{ F}$ 'lık kondansatörün enerjisi kaç J,

d. L ve M noktaları arasındaki V_{LM} potansiyel farkı kaç V'tur?



Şekil 1.17

ÇÖZÜM

a. C_1 ve C_2 sıgılı kondansatörler paralel bağlıdır. Eş değer sığası,

$$C_{eş} = C_1 + C_2 = 1 \cdot 10^{-5} + 2 \cdot 10^{-5} = 3 \cdot 10^{-5} \text{ F'dır.}$$

C_3 kondansatörü C_1 ve C_2 ile seri bağlı olduğundan,

$$\frac{1}{C_{eş}} = \frac{1}{3 \cdot 10^{-5}} + \frac{1}{3 \cdot 10^{-5}} = \frac{2}{3 \cdot 10^{-5}}$$

$$C_{eş} = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ F}$$

b. $q_{\text{Top}} = C_{eş} \cdot V_{\text{KM}} = 1,5 \cdot 10^{-5} \cdot 3 \cdot 10^2 = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ C}$

c. $W = \frac{1}{2} \frac{q_{\text{Top}}^2}{C_3} = \frac{1}{2} \frac{(4,5 \cdot 10^{-3})^2}{3 \cdot 10^{-5}} = 3,375 \text{ J}$

d. $V_{\text{LM}} = \frac{q_{\text{Top}}}{C_3} = \frac{4,5 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 10^{-5}} = 1,5 \cdot 10^2 \text{ V}$

10- 200 V'luk potansiyel farkı altında 40 J'lük enerjiyi depo edebilen kondansatörün sığası kaç F'dır?

ÇÖZÜM

$$V = 200 \text{ V} \quad W = \frac{1}{2} CV^2$$

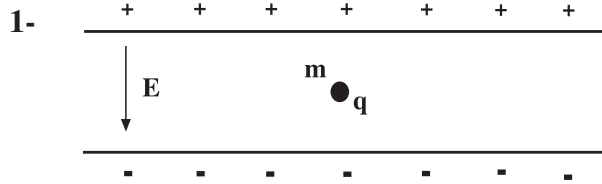
$$W = 40 \text{ J} \quad 40 = \frac{1}{2} C (200)^2$$

$$C = ? \quad C = 2 \cdot 10^{-3} \text{ F}$$



DEĞERLENDİRME SORULARI

a) BÖLÜM İLE İLGİLİ PROBLEMLER



Şekil 1.18

Kütlesi 0,5 g olan yüklü cisim Şekil 1.18'deki gibi, düşey doğrultulu ve aşağı yönlü 500 N/C'luk düzgün bir elektrik alanı içine bırakıldığı yerde dengede kalıyor. Cismin yükünün cinsini ve miktarını bulunuz. ($g=10$ N/kg alınacak)

2- $2 \cdot 10^{-6}$ C'luk bir yükün;

a. 0,3 m uzağında bulunan K noktasında oluşturduğu potansiyeli kaç V'tur?

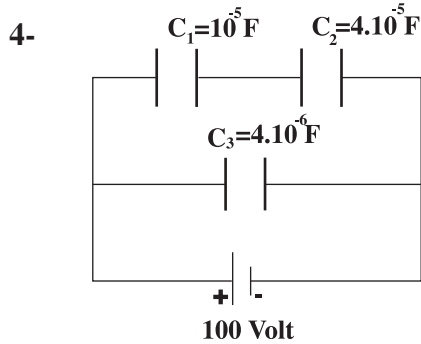
b. $5 \cdot 10^{-4}$ C'luk bir yükü sonsuzdan K noktasına getirmek için kaç J'lük iş yapmak gerekir? ($k=9 \cdot 10^9$ Nm²/C²)

3- Alanı 0,8 m² olan düzlem kondansatörün levhaları arasında kalınlığı $4 \cdot 10^{-3}$ m ve dielektrik sabiti $5 \cdot 10^{-11}$ F/m olan yalıtkan madde bulunmaktadır. Kondansatörün;

a. Sığasını,

b. Levhalarının ucuna $2 \cdot 10^3$ V'luk potansiyel farkı uygulanırsa depolanacak yük miktarını,

c. Enerjisini bulunuz.



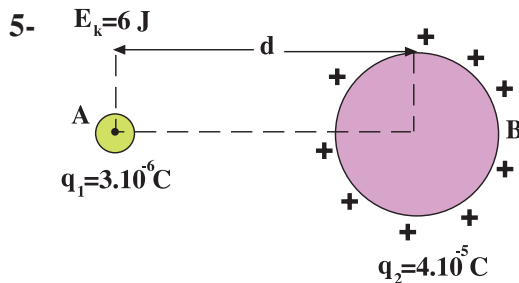
Şekil 1.19

Şekil 1.19'daki devrenin;

a. Eşdeğer sığasını,

b. Toplam yükünü,

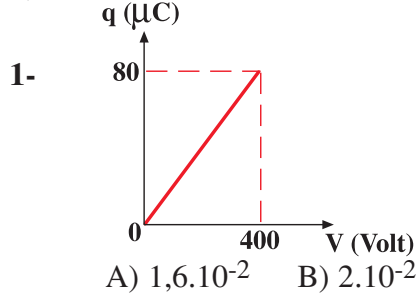
c. C₃ kondansatörünün üzerinde depolanan enerjiyi bulunuz.



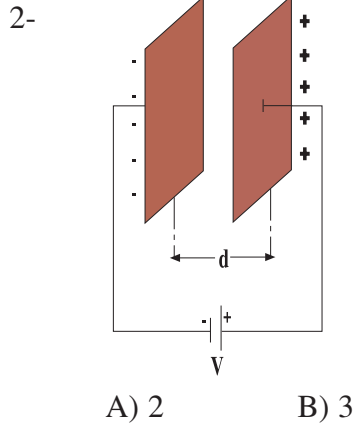
Şekil 1.20

Şekil 1.20'deki kinetik enerjisi 6 J olan A parçacığı B sabit küresine kaç m yaklaşabilir? ($k = 9 \cdot 10^9$ N m²/C²)

b) BÖLÜM İLE İLGİLİ TEST SORULARI



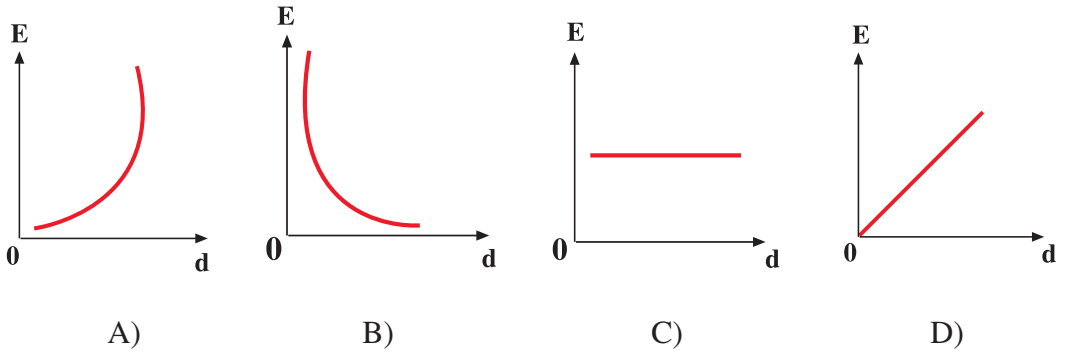
Yük-gerilim (potansiyel) grafiği
şekildeki gibi olan iletken kürenin
400 voltluk gerilim altındaki enerjisi
kaç J'dür?



Şekildeki kondansatörün levhaları arasındaki d
uzaklığı değiştirilirse aşağıdakilerden kaç
tanesinde değişme olur?

- Sistemin enerjisi
- Levhalar arasındaki gerilim
- Levhaların yükü
- Levhalar arasındaki elektrik alanı
- Kondansatörün sığası

3- Bir q yükünün oluşturduğu elektrik alan şiddetinin uzaklığa bağlı değişimini
veren grafik hangisidir?



4- Aşağıdakilerin hangisi ya da hangileri elektrik alan şiddeti birimidir?

- I. Newton/Coulomb
- II. Newton/ metre
- III. Volt /metre

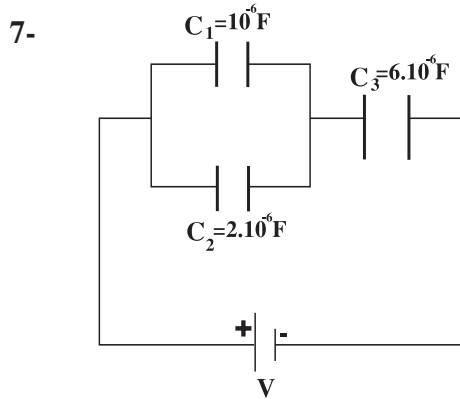
- A) yalnız II B) I ve II C) I ve III D) II ve III

5- Yük birimi aşağıdakilerden hangisidir?

- A) $\frac{\text{Volt}}{\text{Metre}}$ B) $\frac{\text{Newton}}{\text{Coulomb}}$ C) $\frac{\text{Joule}}{\text{Saniye}}$ D) $\frac{\text{Joule}}{\text{Volt}}$

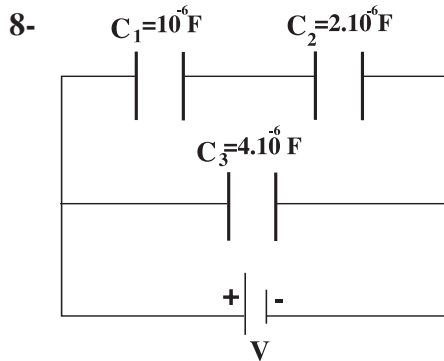
6- Yarıçapı $3 \cdot 10^{-2}$ m, yükü $2 \cdot 10^{-7}$ C olan iletken kürenin merkezinden $6 \cdot 10^{-1}$ m uzaklıktaki elektrik alan şiddeti kaç N/C'dir?

- A) 0 B) $5 \cdot 10^3$ C) $2 \cdot 10^6$ D) 10^{10}



Sıgaları C_1 , C_2 ve C_3 olan kondansatörler şekildeki gibi bağlandığında sistemin eş değer sıgası kaç F olur?

- A) $1,5 \cdot 10^{-6}$ B) $2 \cdot 10^{-6}$
C) $3 \cdot 10^{-6}$ D) $7,5 \cdot 10^{-6}$



Şekildeki C_2 kondansatörünün enerjisi 3 J olduğuna göre C_2 kondansatörünün yükü kaç C'dur?

- A) $2 \cdot 10^{-3}$ B) $2 \cdot 10^{-6}$
C) $6 \cdot 10^{-3}$ D) $6 \cdot 10^{-6}$

9- 8 nci soruda verilenlere göre üretcin potansiyel farkı kaç V' tur?

- A) $2 \cdot 10^3$ B) $3 \cdot 10^3$ C) $4 \cdot 10^3$ D) $6 \cdot 10^3$

10- Yarıçapı $1,8 \cdot 10^{-2}$ m olan bir iletken kürenin sıgası kaç F'dır?

($k = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2 / \text{C}^2$)

- A) $2,7 \cdot 10^{-7}$ B) $2 \cdot 10^{-12}$ C) $1,62 \cdot 10^8$ D) $5 \cdot 10^{11}$