



# (FZM 114) FİZİK -II

---

*Dr. Çağın KAMIŞCIOĞLU*

# İÇERİK

---

- + *Sığa*
- + *Kondansatör*
- + *Paralel Plakalı Kondansatör*
- + *Silindirik Kondansatör*
- + *Küresel Kondansatör*
- + *Yüklü Kondansatörde Depolanan Enerji*
- + *Dielektrik*

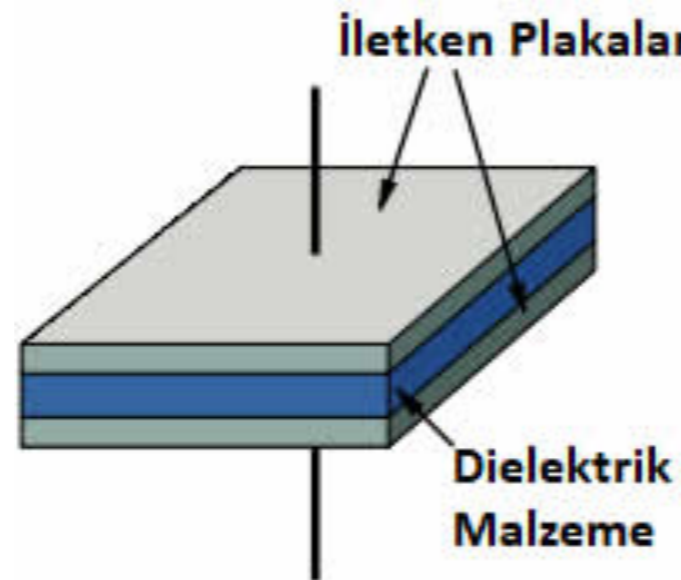
# SİĞA

*Bu bölümde yük depolayan bir aygıt olan kondansatörleri inceleyeceğiz. Günlük hayatta çokca karşımıza çıkan kondansatör gerçekte iki iletken arasına koyulan bir yalıtkandan oluşan bir sistemdir. İşte bu sistemin yani kondansatörün sığasından bahsedebiliriz.*

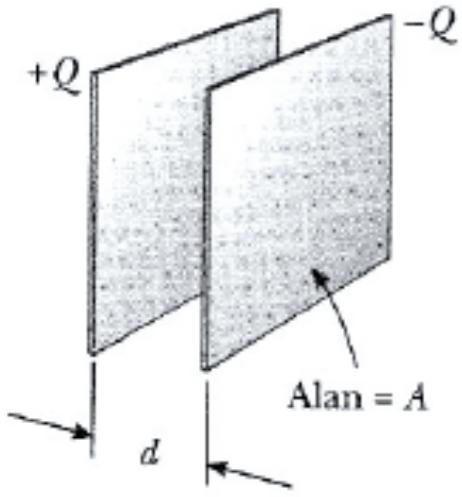
*Böyle bir kondansatörün sığası;*

*geometrisine ve*

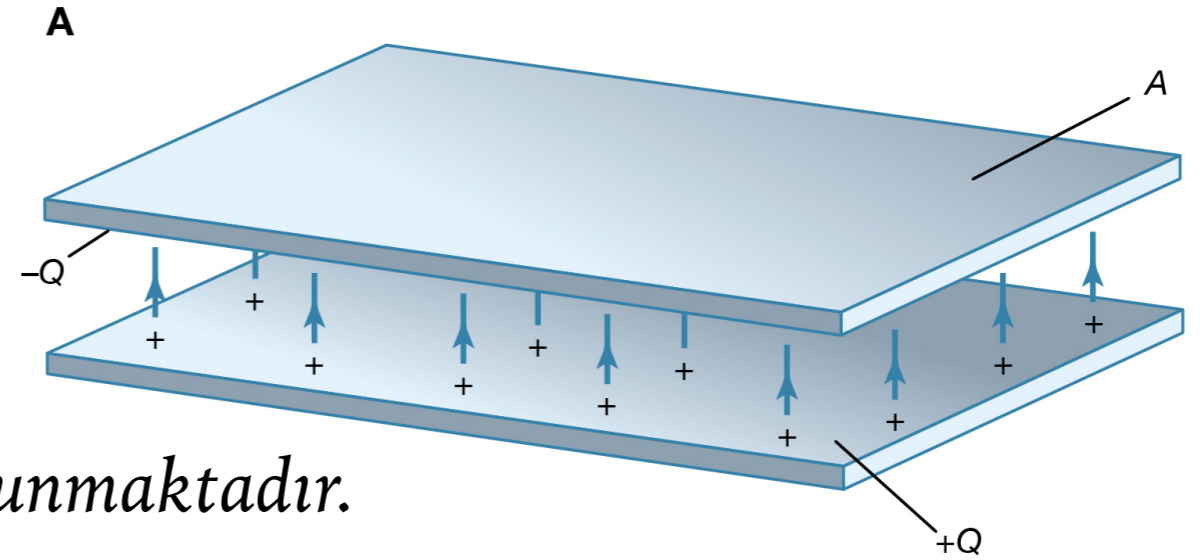
*yüklü iletkenleri ayıran ve dielektrik denilen maddeye bağlıdır.*



# KONDANSATÖR



Bu şekildeki gibi iki iletkenin eşit büyüklükte ve zıt işaretli yük taşıdığını varsayalım, bu iletkenin böyle birleşimine kondansatör denir.



Burada her bir iletkene plaka veya

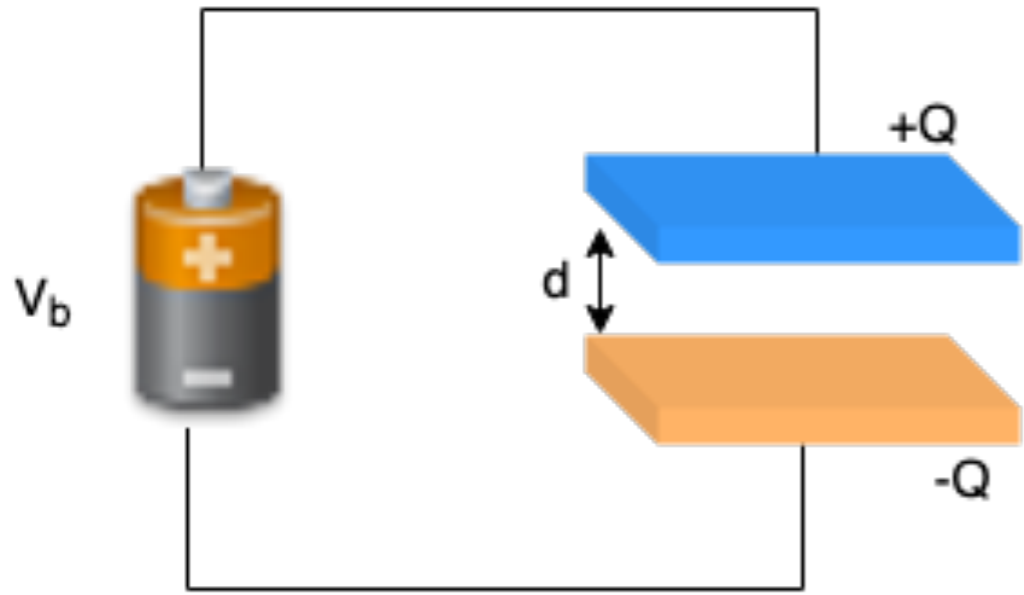
levha denir. İletkenler üzerinde yükler bulunmaktadır.

Bunlar artı ve eksi olacak şekilde belirtilmiştir, ( $+Q$  ve  $-Q$ )

Bu yükler nedeniyle iletkenler arasında  $\Delta V$  kadar potansiyel farkı meydana gelir. Bu nedenle iletkenler üzerindeki yük ve potansiyel fark birbirine bağlı niceliklerdir. Belirli bir  $\Delta V$  değerinde yük depolamak için sığa ne olmalıdır sorusunun cevabı;

$$C \equiv \frac{Q}{\Delta V}$$

# PARALEL PLAKALI KONDANSATÖR



*Paralel plakalı bir kondansatörü inceleyelim.*

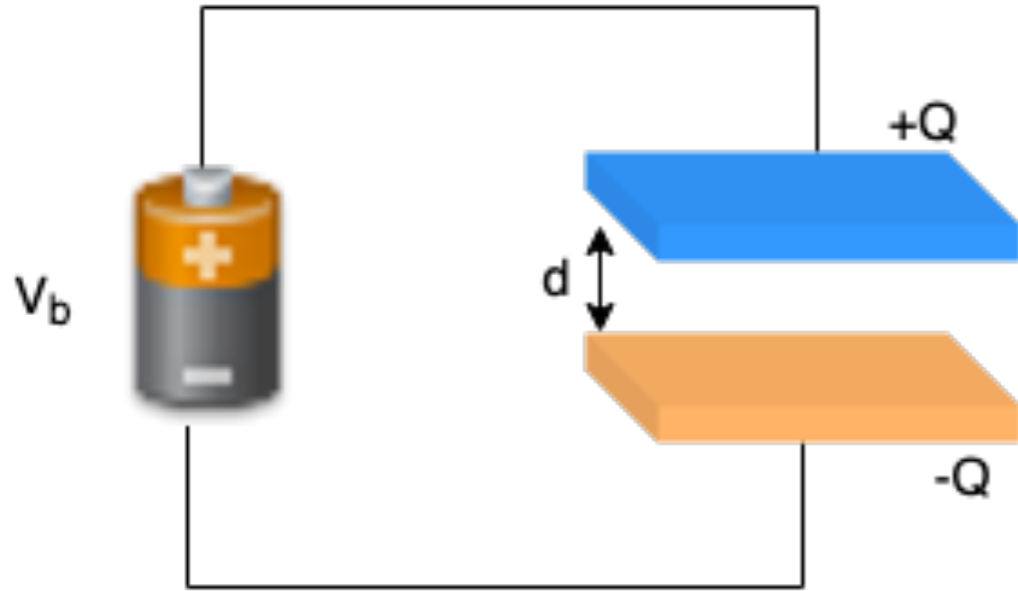
*Her bir plakayı pilin bir kutbuna bağlayalım.*

*Başlangıçta yüksüz olan plakalar üzerinde yük birikmeye başlar. Örneğin negatif kutba bağlanmış olan plaka dışında oluşan elektrik*

*alan tel içindeki elektronlar üzerinde bir kuvvet uygular. Bu kuvvet elektronların plaka üzerine doğru bir hareketine sebep olur. Bu hareket plaka ve üreteç aynı potansiyele gelineceye kadar devam eder. Her iki kutupda da aynı olay oluşur.*

*Sonuçta kondansatörün plakaları arasındaki potansiyel farkı pilin kutupları arasındaki kadardır.*

# PARALEL PLAKALI KONDANSATÖR



*Yandaki paralel plakalı kondansatörü inceleyelim.*

*Bu kondansatör 5pF'lık olsun. (Normalde Farad*

*oldukça büyük bir değerdir, bu nedenle ön ekler*

*kullanılmaktadır.)*

*Böyle bir kondansatörü farzedelim 10V'luk bir pile*

*bağlayalım. Bu durumda kondansatörün*

*uçlarındaki yükü bulmaya çalışalım,*

$$C = \frac{Q}{\Delta V}$$

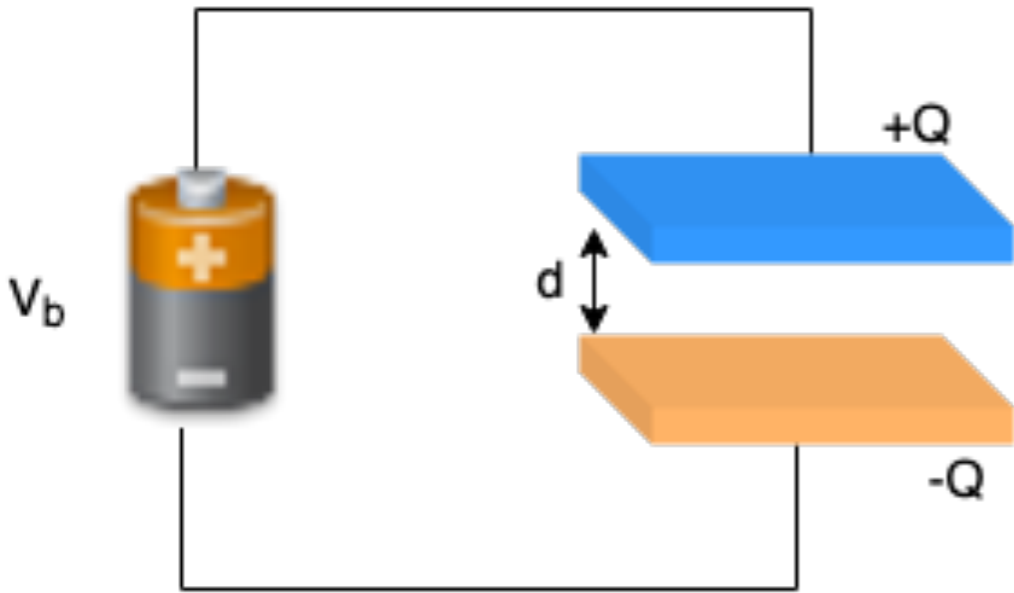
$$C = 5\text{pF},$$

$$\Delta V = 10\text{V},$$

$$Q = C \cdot \Delta V = 50\text{ pC} \text{ (kondansatörün}$$

*uçları +50 pC ve -50 pC ile yüklenecektir)*

# PARALEL PLAKALI KONDANSATÖR



Eşit  $A$  yüzey alanına sahip iki metal paralel plaka  $d$  uzaklığı ile birbirlerinden ayrılınsınlar. Biri  $+Q$  diğeri  $-Q$  ile yüklensin. Kondansatör bir batarya tarafından yüklenirken elektronlar pozitif plakadan negatif plakaya doğru akar. Kondansatörün plakaları büyük ise toplanan yükler plaka yüzeyinin her tarafına kendi kendine dağılır ve plaka alanı arttığında sığa da artar.

Plakalar arasındaki potansiyel farkı batarya ile denk olduğunda teller boyunca yük hareketi durur. Bu arada plakalar arasında bir elektrik alan oluşur. Eğer plakaları birbirlerinden biraz uzaklaştırır,  $d$  mesafesini artırırsak plakalar üzerindeki yük azalır. ( $\Delta V = Ed$ ) Sonuç olarak sığa iletkenin geometrisine bağlıdır ve;

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

Boş uzayın elektriksel geçirgenliği,  
 $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot \text{C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$

# PARALEL PLAKALI KONDANSATÖR

## ÖRNEK 26.1 Paralel Plakalı Kondansatör

$A = 2 \times 10^{-4} \text{ m}^2$  yüzeye sahip bir paralel plakalı kondansatörün plakaları arasındaki uzaklık  $d = 1 \text{ mm}$  dir. Bu kondansatörün sığasını bulunuz.

**Çözüm** Eşitlik 26.3 den,

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d} = (8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2) \left( \frac{2,00 \times 10^{-4} \text{ m}^2}{1,00 \times 10^{-3} \text{ m}} \right)$$

$$= 1,77 \times 10^{-12} \text{ F} = 1,77 \text{ pF}$$

olarak buluruz.

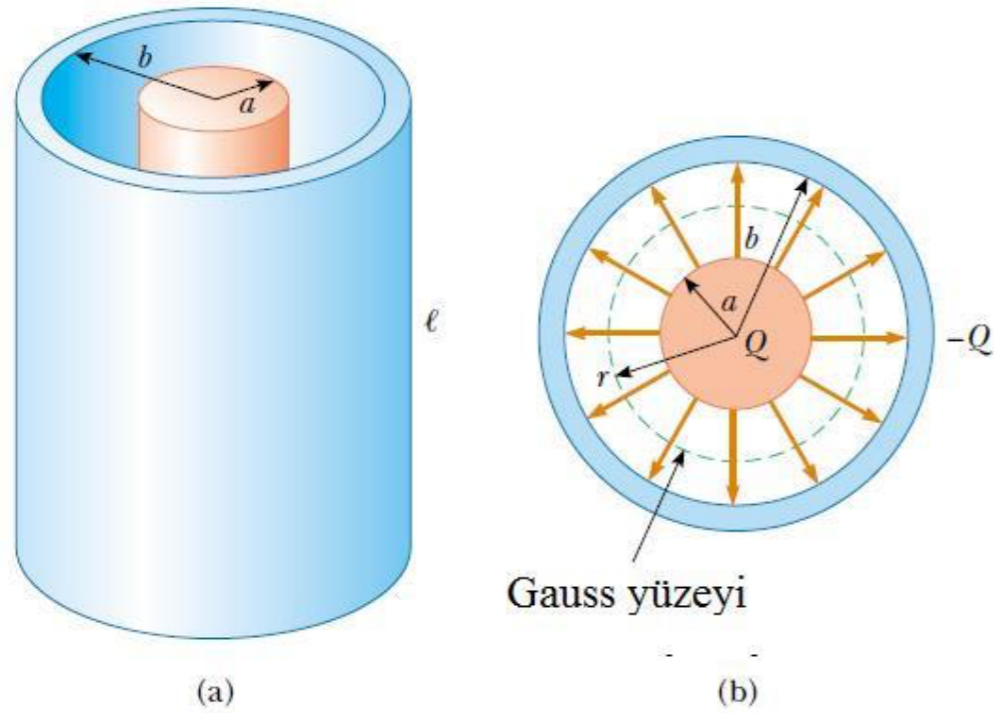
**Alıştırma** Bu kondansatörün plaka aralığı 3 mm ye çıkartılırsa sığasını bulunuz.

**Cevap** 0,59 pF.





# SİLİNDİRİK KONDANSATÖR



Şimdi  $a$  yarıçaplı dolu bir iletken silindirimiz olsun. Bu silindirin dışına  $b$  yarıçaplı olacak şekilde silindirik bir kabuğu yerleştirelim. Bu durumda silindirik bir kondansatör oluşturmuş oluruz :)

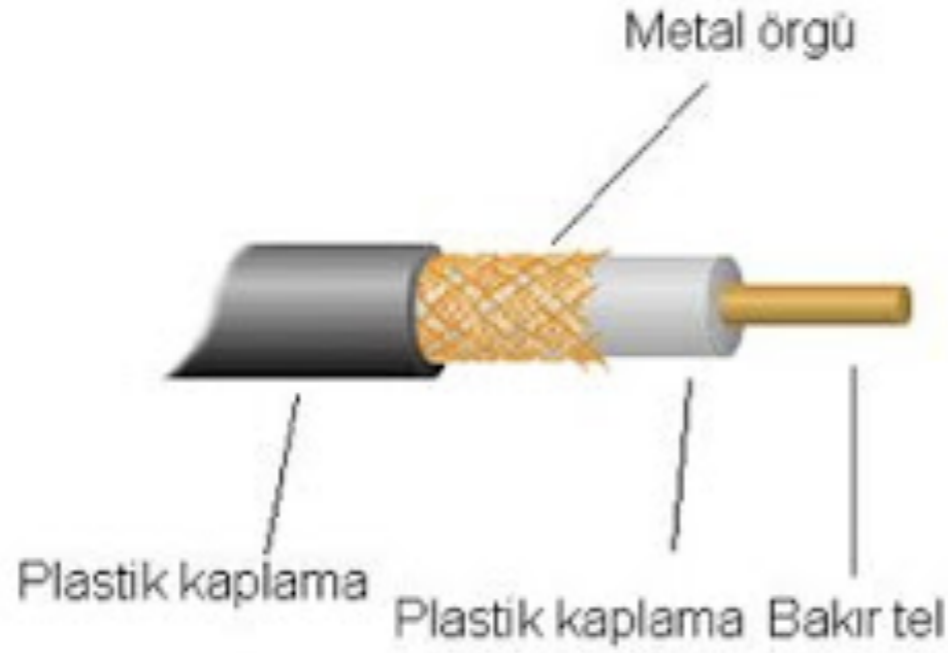
$a$  yarıçaplı silindirik iletkenin yükü  $+Q$  olsun ve  $b$  yarıçaplı silindirik iletken kabuğun yükü  $-Q$  olsun.  $l$  uzunluğundaki bu silindirik kondansatörün sığasını bulalım.

$$V_b - V_a = - \int_a^b \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s}$$

$$V_b - V_a = - \int_a^b E_r dr = -2k_e \lambda \int_a^b \frac{dr}{r} = -2k_e \lambda \ln\left(\frac{b}{a}\right)$$

$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{Q}{\frac{2k_e Q}{\ell} \ln\left(\frac{b}{a}\right)} = \frac{\ell}{2k_e \ln\left(\frac{b}{a}\right)}$$

# KOAKSİYEL KABLO



**Koaksiyel Kablonun Yapısı**



<http://koaksiyel.blogcu.com/koaksiyel-kablo-tip-coaxial-cable-empedans-rg-58-ohm-rg-6/6245403>

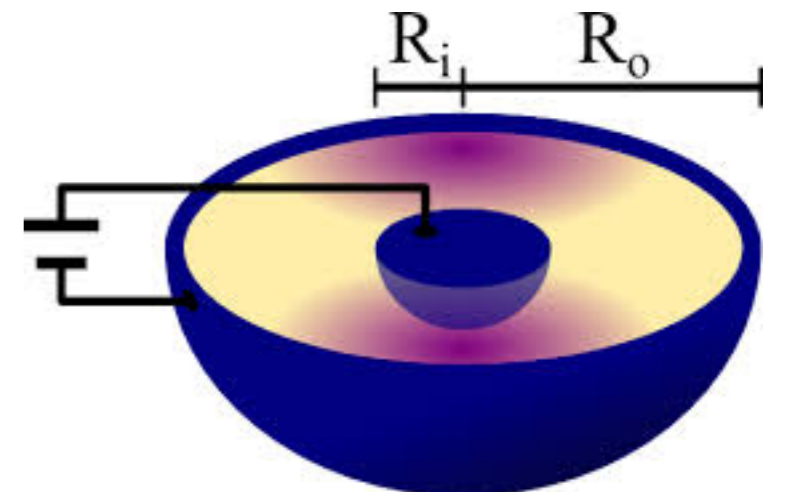
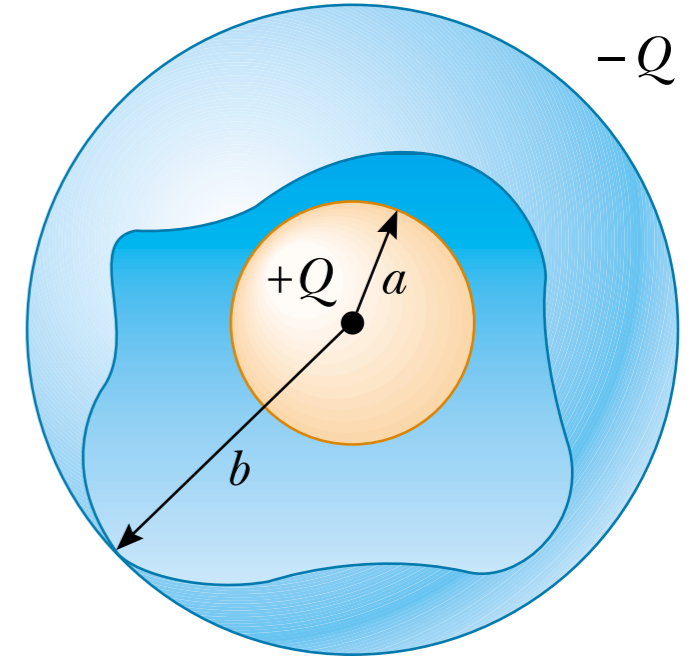
# KÜRESEL KONDANSATÖR

Şimdi  $a$  yarıçaplı  $+Q$  yüklü bir küremiz olsun. Bu kürenin dışına  $b$  yarıçaplı  $-Q$  yüklü olacak şekilde küresel bir kabuğu yerleştirelim. Bu durumda küresel bir kondansatör oluşturmuş oluruz :) kondansatörün sığasını bulalım.

$$\begin{aligned} V_b - V_a &= - \int_a^b E_r dr = - k_e Q \int_a^b \frac{dr}{r^2} = k_e Q \left[ \frac{1}{r} \right]_a^b \\ &= k_e Q \left( \frac{1}{b} - \frac{1}{a} \right) \end{aligned}$$

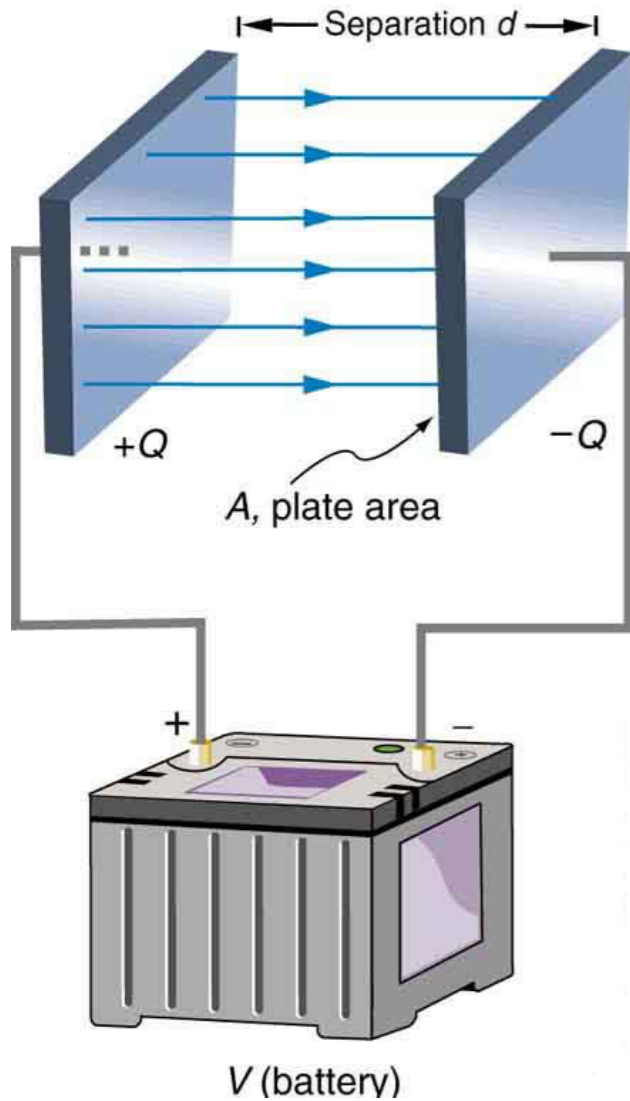
$$\Delta V = |V_b - V_a| = k_e Q \frac{(b - a)}{ab}$$

$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{ab}{k_e(b - a)}$$

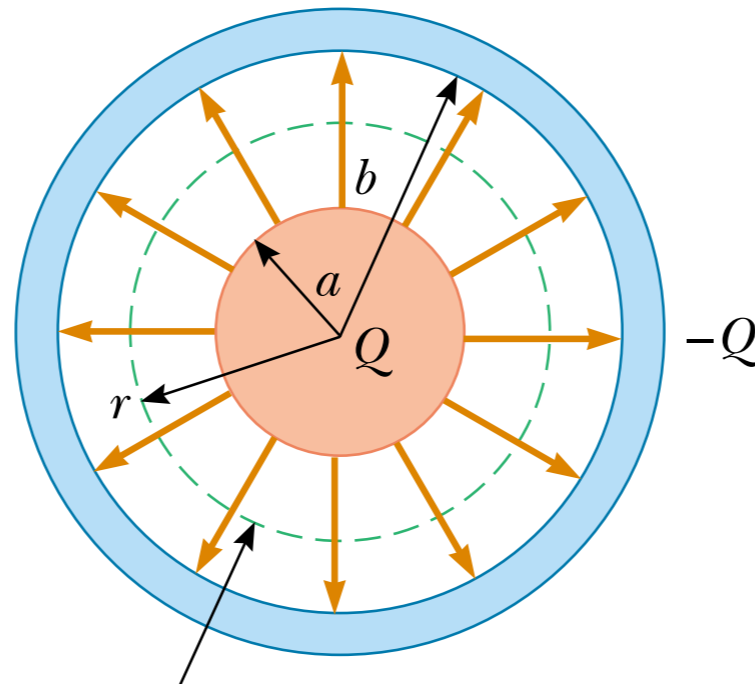


# ELEKTRİK ALAN

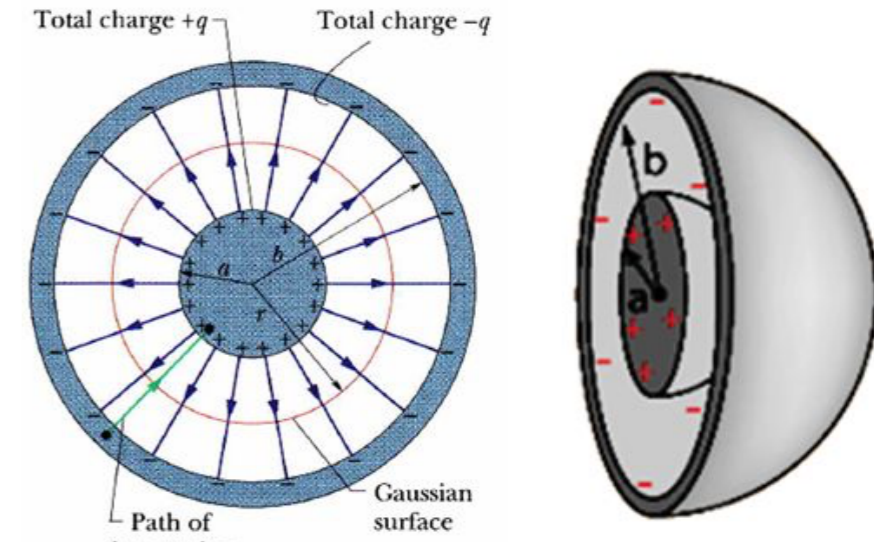
Arada artıdan eksiye doğru bir elektrik alan oluşacaktır.



Arada artıdan eksiye doğru bir elektrik alan oluşacaktır. Bu küresel kondansatör için küreler arasında yarıçap doğrultusunda içeriden dışarıya doğrudur.



Arada artıdan eksiye doğru bir elektrik alan oluşacaktır. Bu silindirik kondansatör için ara bölgede yarıçap doğrultusunda içeriden dışarıya doğrudur.



# YÜKLÜ KONDANSATÖRDE DEPOLANAN ENERJİ

Yüklenme sürecinin herhangi bir anında kondansatör üzerindeki yükün  $q$  olduğunu varsayalım. Aynı anda kondansatörün uçları arasındaki potansiyel farkı  $\Delta V = q/C$  dir. Kesim 25.2 den biliyoruz ki, bir  $dq$  yükünü  $-q$  yüklü plaktan  $+q$  yüklü plakaya (daha yüksek potansiyelli) nakletmek için gerekli iş,

$$dW = \Delta V dq = \frac{q}{C} dq$$

ile verilir. Böylece, Şekil 26.11 de gösterilen kondansatörü  $q = 0$  dan herhangi bir  $q = Q$  yüküne kadar doldurmak için gereken toplam iş

$$W = \int_0^Q \frac{q}{C} dq = \frac{1}{C} \int_0^Q q dq = \frac{Q^2}{2C}$$

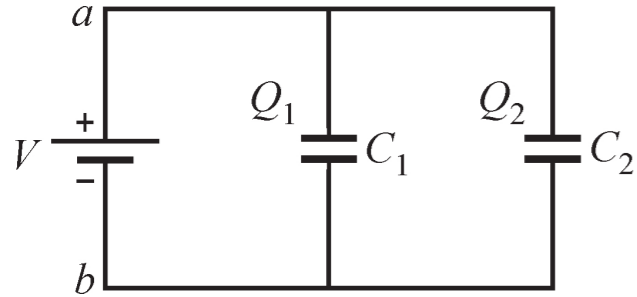
olur. Kondansatörün yüklenmesinde yapılan bu iş, kondansatörde depolanan potansiyel enerji ( $U$ ) olarak alınabilir. Yüklü bir kondansatörde depolanan elektrostatik enerjiyi aşağıdaki biçimlerde

$$U = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2} Q \Delta V = \frac{1}{2} C (\Delta V)^2$$

yazabiliriz. Bu sonuç, kondansatörlerin geometrisine bakılmaksızın herhangi bir kondansatöre uygulanabilir. Bu ifadeye göre sığa ve potansiyel enerji art-

# PARALEL BAĞLI KONDANSATÖR

## Paralel Bağlama



Sığaları  $C_1$  ve  $C_2$  olan iki kondansatör, aynı bir  $V$  potansiyel farkına bağlı ise **paralel bağlama**. ▼

$Q = CV$  bağıntısıyla yükler hesaplanır:

$$Q_1 = C_1 V \quad Q_2 = C_2 V$$

$a$  ve  $b$  noktaları arasına öyle bir eşdeğer kondansatör koyalım ki, aynı potansiyel farkı altında aynı toplam yükü toplasın:

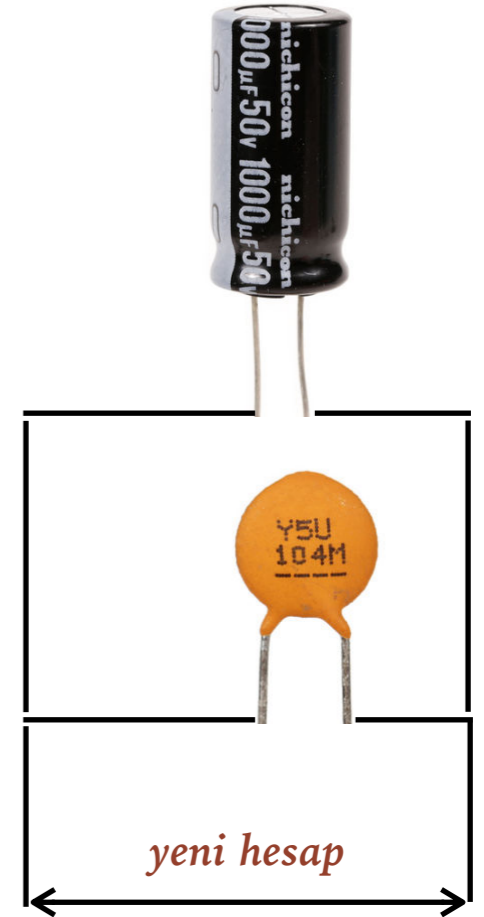
$$Q = C_{eş} V \quad ▼$$

Buradaki  $Q$  yükü  $Q_1$  ve  $Q_2$  nin toplamı olacağından,

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$C_{eş} V = C_1 V + C_2 V \quad \longrightarrow \quad C_{eş} = C_1 + C_2 \quad ▼$$

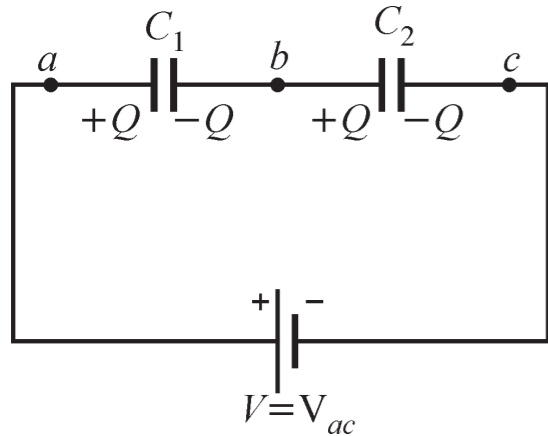
$$C_{eş} = C_1 + C_2 + \dots + C_N \quad (\text{Paralel bağlama})$$



# SERİ BAĞLI KONDANSATÖR

## Seri Bağlama

Sığaları  $C_1$  ve  $C_2$  olan iki kondansatör başka kola ayrılmadan peşpeşe bağlanmışsa, **seri bağlama**.



Kondansatörlerin bataryayı gören dış levhaları  $\pm Q$  yüklerini çekerler.

Aradaki levhalar da, karşılardaki yüklü levhanın tesiriyle,  $\mp Q$  ile yüklenirler. ▼

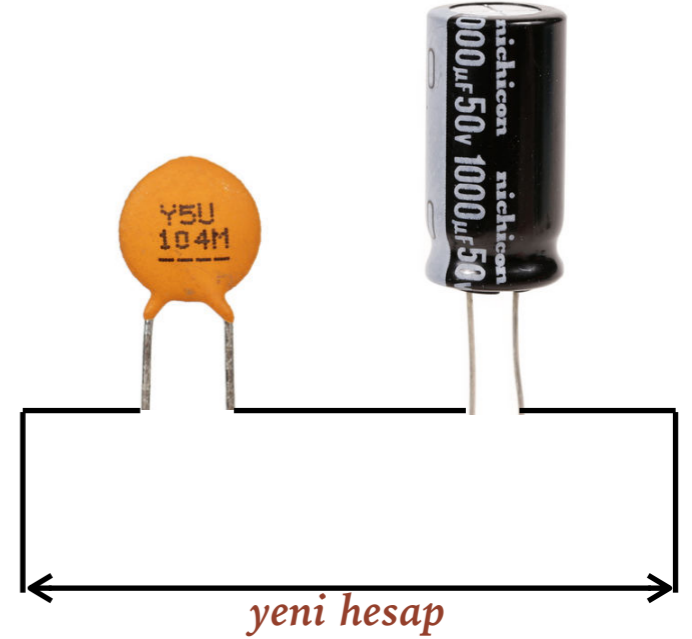
$a, b, c$  arasındaki potansiyel farkları için  $V = Q/C$  bağıntısı kullanılır:

$$V_{ac} = V_{ab} + V_{bc} = V_1 + V_2 = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} \quad \blacktriangledown$$

Eşdeğer kondansatör, aynı potansiyel farkı altında aynı yükü toplamalıdır:

$$V_{ac} = \frac{Q}{C_{eş}} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} \quad \blacktriangledown$$

$$\frac{1}{C_{eş}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_N} \quad (\text{Seri bağlama})$$





# DİELEKTRİK

Bu zamana kadar oluşturduğumuz kondansatörlerde ara kısma herhangi bir malzeme koymadık. Eğer kondansatör plakaları arasına iletken olmayan dielektrik malzemelerden lastik, cam, kağıt vs koyarsak kondansatörün sığası artacaktır. Bu durum kondansatörün geometrik şeklini değiştirip yeniden tasarlamak ya da çok büyük tasarımlar ile uğraşmak yerine daha avantajlıdır.

Çeşitli dielektrik malzemeler bulunmaktadır. Dielektrik plakalar arası boşluğu tamamen doldurursa kondansatörün sığası  $\kappa$  çarpanı kadar artar.

$$C = \kappa C_0$$

TABLO 26.1 Oda Sıcaklığında Çeşitlik Madde-lerin Dielektrik Sabiti ve Dielektrik Şiddeti

Madde	Dielektrik Sabiti $\kappa$	Dielektrik Şiddet* (V/m)
Hava (kuru)	1,00059	$3 \times 10^6$
Bakalit	4,9	$24 \times 10^6$
Eritilmiş kuartz	3,78	$8 \times 10^6$
Neoprene lastik	6,7	$12 \times 10^6$
Naylon	3,4	$14 \times 10^6$
Kağıt	3,7	$16 \times 10^6$
Polystyrene	2,56	$24 \times 10^6$
Porselen	6	$12 \times 10^6$
Polyvinyl klorür	3,4	$40 \times 10^6$
Pyrex Cam	5,6	$14 \times 10^6$
Silikon yağı	2,5	$15 \times 10^6$
Stronsium titanate	233	$8 \times 10^6$
Teflon	2,1	$60 \times 10^6$
Boşluk	1,00000	—
Su	80	—

# DİELEKTRİK

- Dielektrik, kondansatörün sığasını artırır.
- Dielektrik, kondansatörün maksimum çalışma voltajını artırır.
- Dielektrik, iletken plakalar arasında mekanik bir destek sağlayabilir.

Bir paralel plakalı kondansatörün plakalarının boyutları  $2 \text{ cm} \times 3 \text{ cm}$  dir. Plakalar birbirlerinden  $1 \text{ mm}$  kalınlıklı bir kağıt ile ayrılmıştır. (a) Sığasını bulunuz.

**Çözüm** Kağıt için  $\kappa = 3,7$  olduğundan (Tablo 26.1)

$$C = \kappa \frac{\epsilon_0 A}{d} = 3,7 (8,85 \times 10^{-12} \text{C}^2/\text{N}\cdot\text{m}^2) \left( \frac{6,0 \times 10^{-4} \text{m}^2}{1,0 \times 10^{-3} \text{m}} \right)$$

$$= 20 \times 10^{-12} \text{F} = 20 \text{ pF}$$

*Kağıtsız (dielektrik olmadan)*

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

$$C = (8.85 \times 10^{-12}) \cdot (6.0 \times 10^{-4} / 1.0 \times 10^{-3})$$

$$C = 5.3 \text{ pF}$$

# KAYNAKLAR

---

1. <http://www.seckin.com.tr/kitap/413951887> (“Üniversiteler için Fizik”, B. Karaoğlu, Seçkin Yayıncılık, 2012).
2. Fen ve Mühendislik için Fizik Cilt-2, R.A.Serway,R.J.Beichner,5.Baskıdan çeviri, (ÇE) K. Çolakoğlu, Palme Yayıncılık.
3. Üniversite Fiziği Cilt-I, H.D. Young ve R.A.Freedman, (Çeviri Editörü: Prof. Dr. Hilmi Ünlü) 12. Baskı, Pearson Education Yayıncılık 2009, Ankara.
4. <https://www.youtube.com/user/crashcourse>