

Sığa ve Dielektrikler

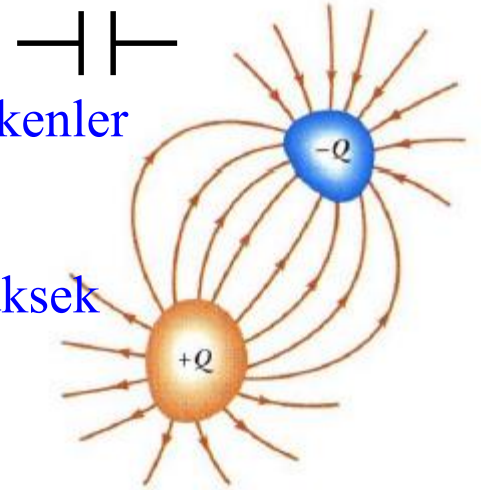
Kondansatör ve Sığa

□ Kondansatör

- Bir kondansatörde her hangi iki iletken bir yalıtkanla (ya da boşlukla) birbirinden ayrılır.
- Uygulamada her bir iletken başlangıçta sıfır net yüke sahiptir ve elektronlar bir iletkenden bir diğerine taşınır. (yükü iletken)

• Bundan sonra, net yük hala sıfır olmasına rağmen iletkenler eşit büyüklükte ve zıt yükle yüklenir.

• Kondansatör Q yüküne sahip olduğunda, $Q > 0$ ise, yüksek potansiyelli iletken $+Q$ diğeri $-Q$ yüküne sahip olur.



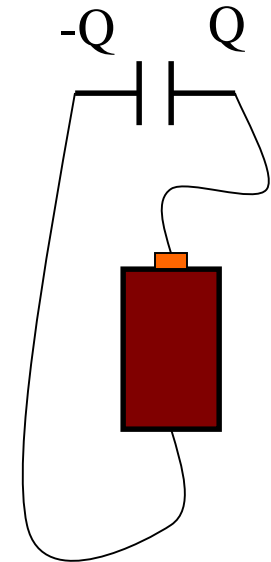
Kondansatör ve Sığa

□ Sığa

- Kondansatörü yüklemenin bir yolu ,bu iletkenleri bataryanın zıt terminallerine bağlamaktır, ki bu iletkenler arasında belirli bir V_{ab} potansiyel farkı oluşturur. (a- tarafı pozitif yük için ve b- tarafı negatif yük için). Daha sonra Q ve $-Q$ yükleri yüklendiğinde, batarya bağlantısı kesilir.
- Q yükünün büyüklüğü iki katına çıkarılırsa, elektrik alan iki kat güçlenir ve V_{ab} iki kat büyür.
- Bu durumda Q/V_{ab} oranı hala sabittir ve bu C kapasitansı(sığası) olarak adlandırılır.

$$C = \frac{Q}{V_{ab}} \text{ birimler } 1 \text{ F} = 1 \text{ farad} = 1 \text{ C/V} = 1 \text{ coulomb/volt}$$

Kondansatör Q yüküne sahip olduğunda , $Q>0$ ise, yüksek potansiyelli iletken $+Q$, diğeri $-Q$ yüküne sahip olur.



Sığanın hesaplanması

□ Boşluktaki paralel plakalı kondansatör

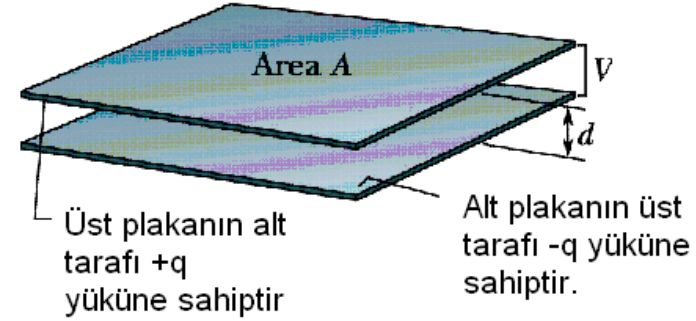
• Yük yoğunluğu: $\sigma = \frac{Q}{A}$

• Elektrik alan: $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0 A}$

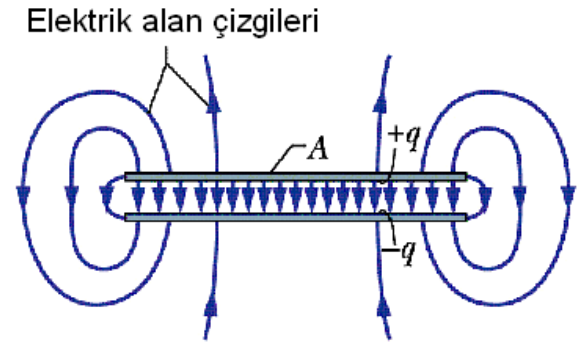
• Potansiyel fark: $V_{ab} = Ed = \frac{1}{\epsilon_0} \frac{Qd}{A}$

• Sığa: $C = \frac{Q}{V_{ab}} = \epsilon_0 \frac{A}{d}$

- Sığa sadece kondansatörün geometrisine bağlıdır.
- Sığa ,alan A ile doğru orantılıdır.
- Plakaları birbirinden ayıran d uzaklığı ile ters orantılıdır.
- Plakalar arasına bir madde yerleştirildiğinde, onun özellikleri sığayı etkiler.



(a)



(b)

Sığanın hesaplanması

□ Birimler

$$1 \text{ F} = 1 \text{ C}^2/\text{N m} \text{ (Note } [\epsilon_0]=\text{C}^2/\text{N m}^2) \quad 1 \text{ } \mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}, 1 \text{ pF} = 10^{-12} \text{ F}$$

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$$

□ Örnek 24.1: 1-F lık bir kondansatörün boyutları

$$d = 1 \text{ mm}, C = 1.0 \text{ F}$$



$$A = \frac{Cd}{\epsilon_0} = \frac{(1.0 \text{ F})(1.0 \times 10^{-3} \text{ m})}{8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}} = 1.1 \times 10^8 \text{ m}^2$$

Sığanın hesaplanması

□ Örnek 24.2: Paralel plakalı kondansatörün özellikleri

Boşluktaki paralel plakalı bir kondansatör

$$d = 5.00 \text{ mm}, A = 2.00 \text{ m}^2, V = 10,000 \text{ V} = 10.0 \text{ kV}$$



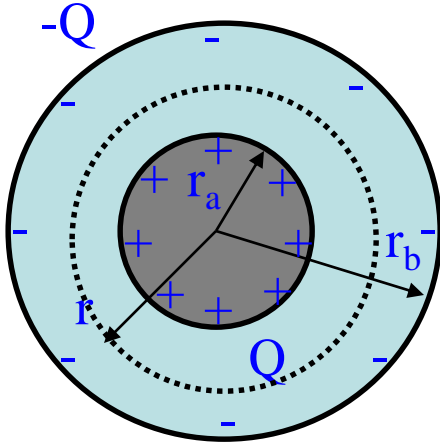
$$C = \varepsilon_0 \frac{A}{d} = \frac{(8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m})(2.00 \text{ m}^2)}{5.00 \times 10^{-3} \text{ m}}$$
$$= 3.54 \times 10^{-5} \text{ F} = 0.00354 \mu\text{F}$$

$$Q = CV_{ab} = (3.54 \times 10^{-5} \text{ C/V})(1.00 \times 10^4 \text{ V})$$
$$= 3.54 \times 10^{-5} \text{ C} = 35.4 \mu\text{C}$$

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} = \frac{Q}{\varepsilon_0 A} = \frac{3.54 \times 10^{-5} \text{ C}}{(8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{N} \cdot \text{m}^2)(2.00 \text{ m}^2)}$$
$$= 2.00 \times 10^6 \text{ N/C}$$

Sığanın hesaplanması

□ Örnek 24.3: Bir küresel kondansatör



Gauss kanunundan:
$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{encl}}{\epsilon_0}$$

Bir Gauss yüzeyindeki gibi bir küre üzerindeki her noktada E büyüklüğü sabittir ve $d\vec{A}$ ya paraleldir.

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

Bu şekil bir nokta yük için olanla benzerdir.

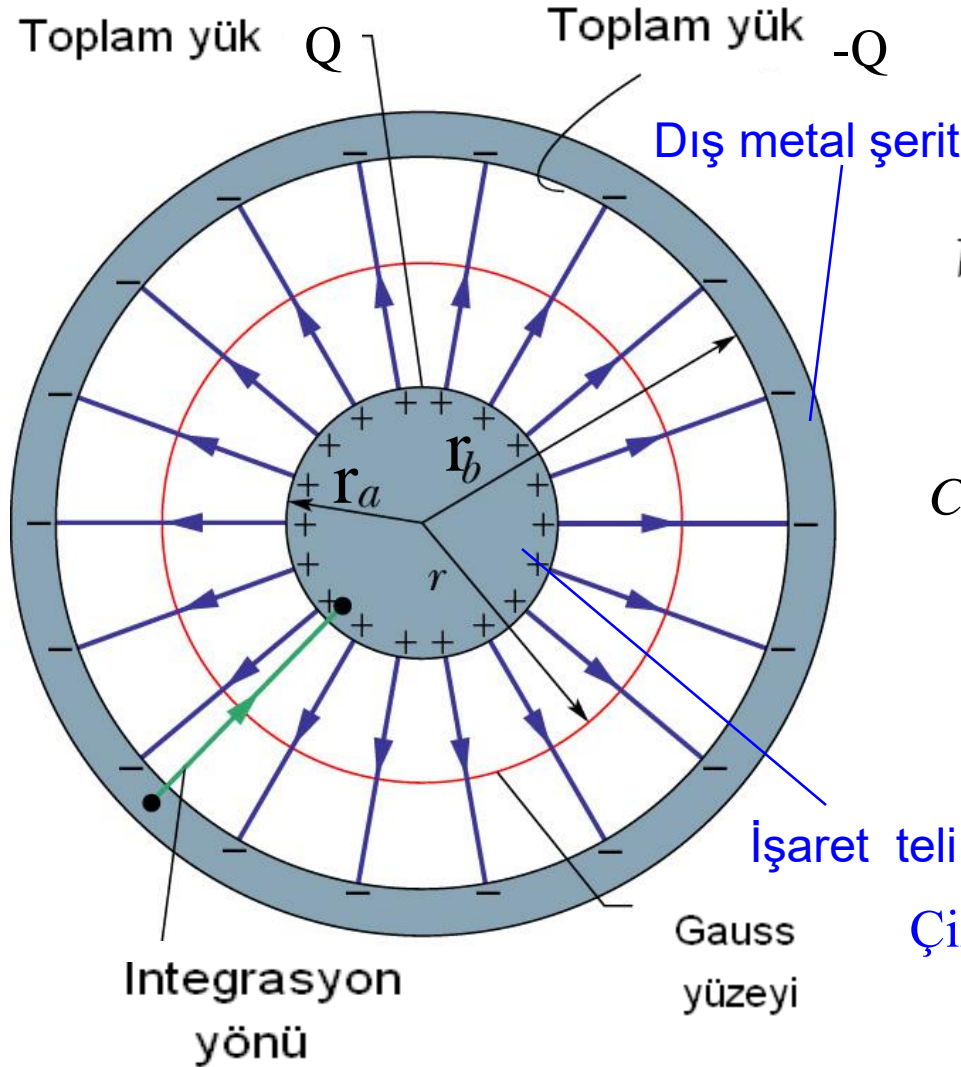
→
$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

→
$$V_{ab} = V_a - V_b = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r_a} - \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r_b} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{r_b - r_a}{r_a r_b}$$

→
$$C = \frac{Q}{V_{ab}} = 4\pi\epsilon_0 \frac{r_a r_b}{r_b - r_a}$$

Sığanın hesaplanması

□ Örnek 24.4: Silindirik kondansatör (L uzunluklu)



$$V = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{r_b}{r_a} \quad \text{23.10 örneğinden}$$

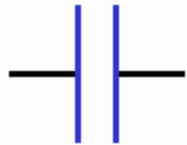
$$C = \frac{Q}{V_{ab}} = \frac{\lambda L}{\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{r_b}{r_a}} = \frac{2\pi\epsilon_0 L}{\ln \frac{r_b}{r_a}}$$

Çizgi yük yoğunluğu λ

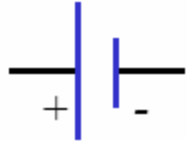
Seri ve paralel Kondansatörler

□ Seri kondansatörler

Bazı semboller :



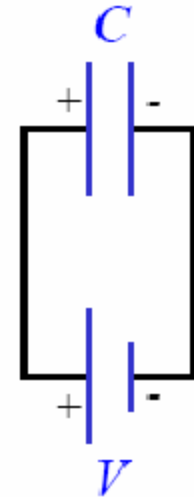
Kondansatör



Batarya

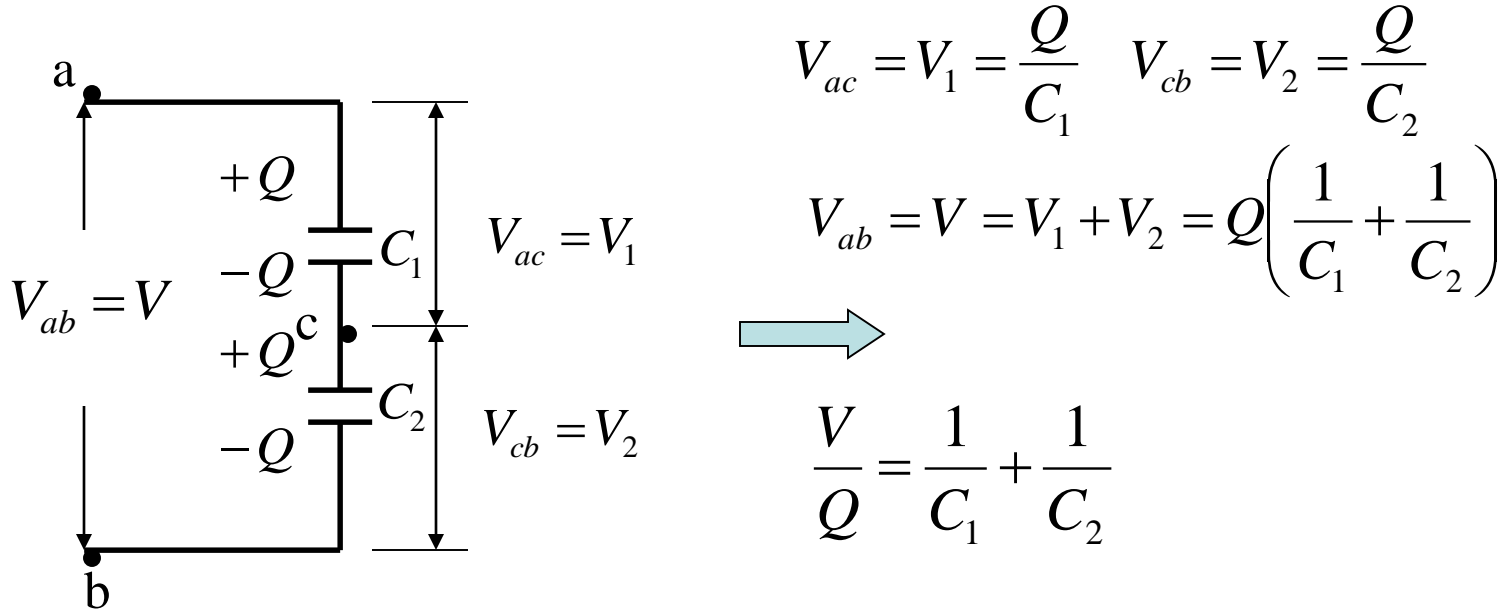


İletken



Seri ve paralel Kondansatörler

□ Seri kondansatörler

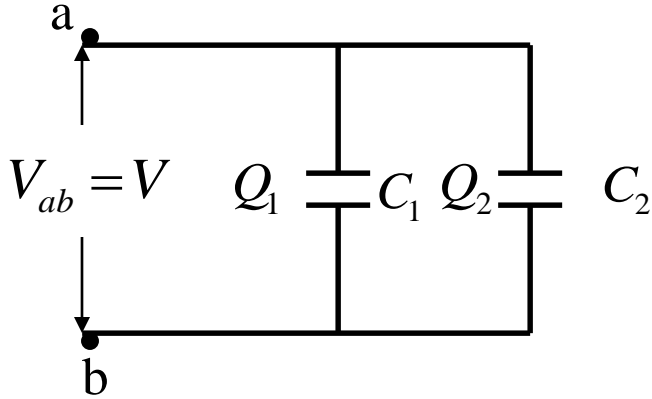


Seri kombinasyondaki eşdeğer sığa, V Potansiyel farkı aynı olduğunda, kombinasyonla aynı Q yüküne sahip tek bir kondansatörün sığası ile belirlenir.

$$C_{eq} = \frac{Q}{V} \quad \frac{1}{C_{eq}} = \frac{V}{Q} \rightarrow \frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \Rightarrow \frac{1}{C_{eq}} = \sum_i \frac{1}{C_i}$$

Seri ve paralel Kondansatörler

□ Paralel Kondansatörler



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

$$Q = Q_1 + Q_2 = (C_1 + C_2)V$$



$$\frac{Q}{V} = C_1 + C_2$$

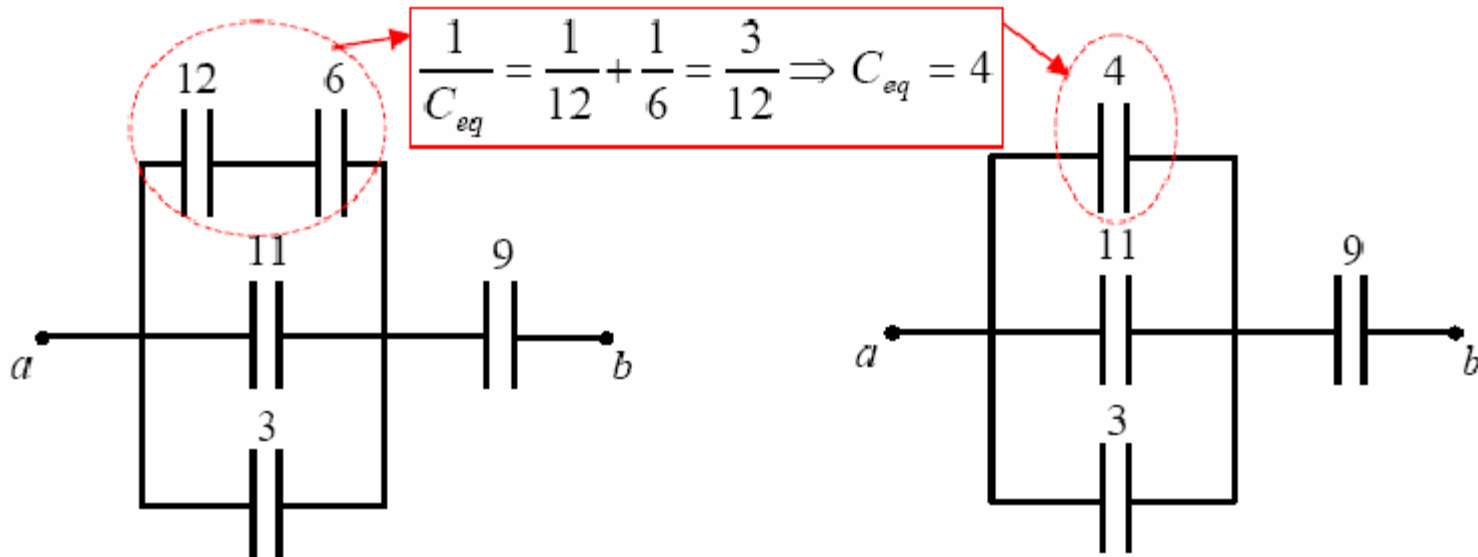
Paralel kombinasyonun sığası, benzer $Q=Q_1+Q_2$ toplam yüküne ve potansiyel farkına sahip tek bir kondansatörünkine eşittir.

$$C_{eq} = C_1 + C_2 \Rightarrow C_{eq} = \sum_i C_i$$

Seri ve paralel Kondansatörler

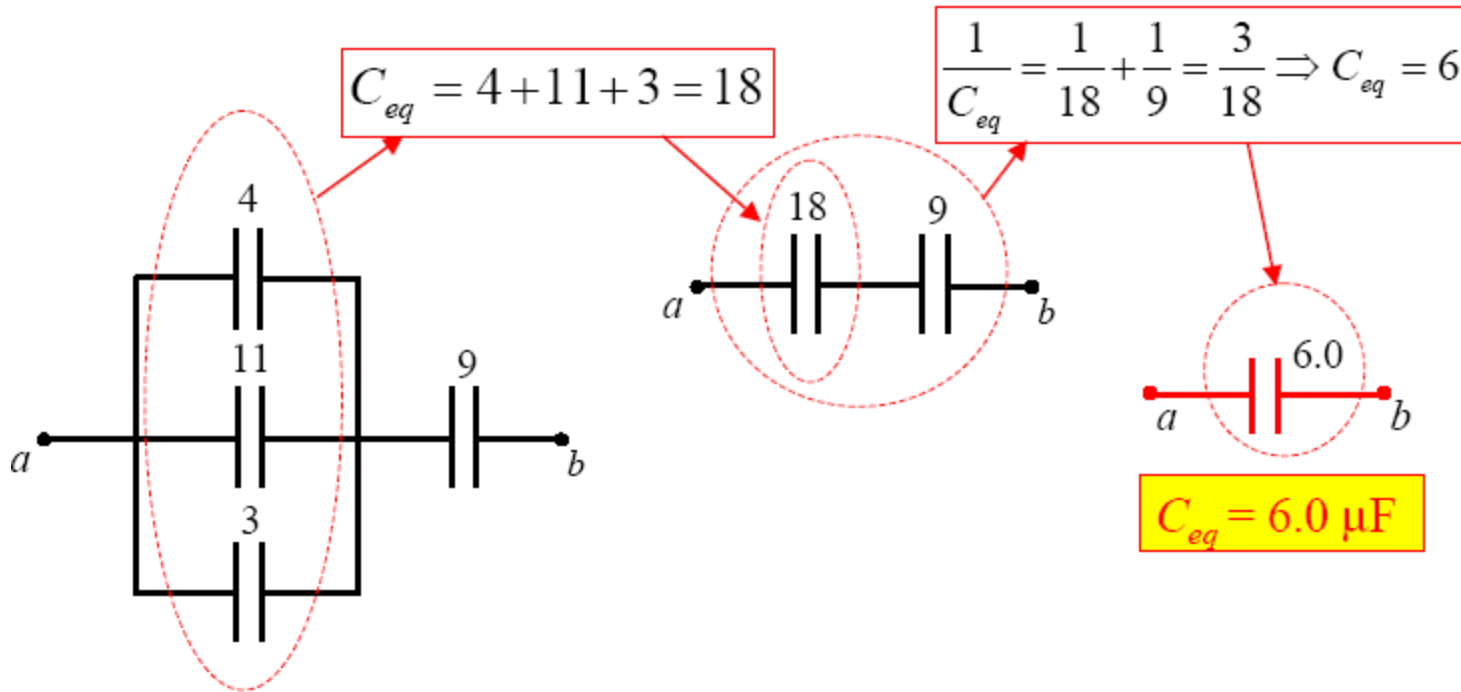
□ Kondansatör Ağları

Örnek 1 : Gösterilen kondansatör kombinasyonu için a ve b noktaları arasındaki eşdeğer sığayı bulalım. Bütün sığalar mikroyarattır.



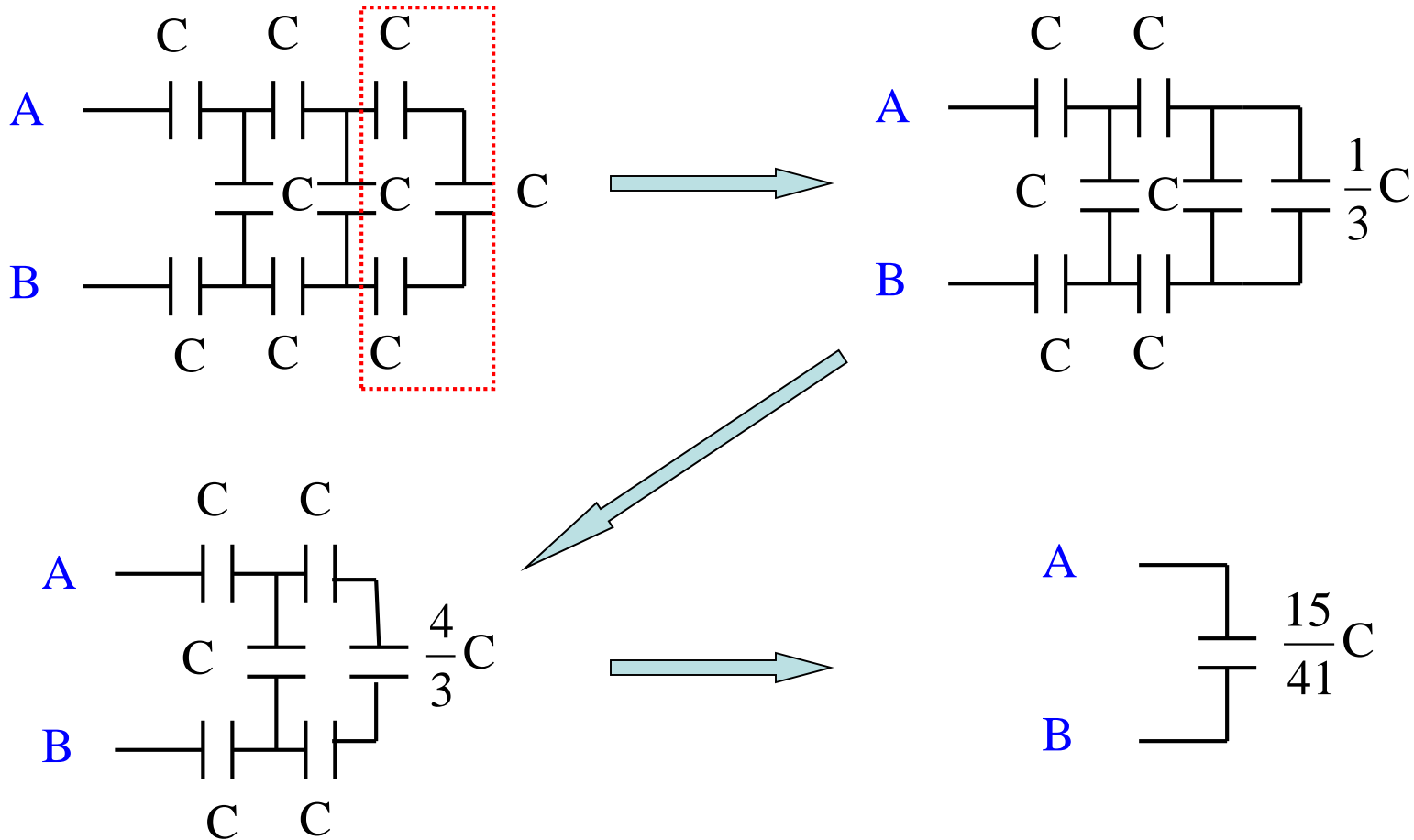
Seri ve paralel Kondansatörler

□ Kondansatör ağırları



Seri ve paralel Kondansatörler

□ Kondansatör ağırları 2



Enerji depolama ve Elektrik alan enerjisi

□ Bir kondansatörü yüklemek için yapılan iş

• Son potansiyel farkı V ve max yükü Q olana kadar yüklenen bir kondansatör yükleme süreci düşünelim.

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

Yüklenme süreci esnasında bir ara durumda, yükü q ve potansiyel farkı v olsun.

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

• Bu durumda dq ilave bir yük unsurunu taşımak için yapılması gereken iş:

$$dW = v dq = \frac{q dq}{C}$$

• Kondansatörün q yükünü sıfırdan Q ya kadar artırmak için yapılması gereken toplam iş:

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

Enerji depolama ve Elektrik alan enerjisi

□ Yüklü kondansatörün potansiyel enerjisi

- Yüksüz bir kondansatörün potansiyel enerjisi sıfır olarak bulunur.
- Bununla birlikte, önceki slayttaki W , yüklenmiş kondansatörün U potansiyel enerjisine eşittir.

$$U = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} QV$$

Kondansatörü yüklemek için yapılması gereken toplam iş, toplam Q yükü ile yüklenme süreci sırasında potansiyel farkın orta değeri olan $(1/2)V$ nin çarpımına eşittir.

Enerji depolama ve Elektrik alan enerjisi

□ Elektrik Alan enerjisi

- Biz fazla enerjinin plakalar arasındaki bölgede depolandığını düşünebiliriz.
- Birim hacimdeki enerji olan, u enerji yoğunluğunu bulalım

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$
$$u = \frac{\frac{1}{2} C V^2}{A d} = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

Bölgenin hacmi

Bu ilişki her elektrik alan için doğrudur.

Enerji depolama ve Elektrik alan enerjisi

- Örnek 24.9: Depolanan enerjiyi hesaplamamanın iki yolu
 - Örnek 24.3 deki küresel kondansatörü düşünelim

$$C = 4\pi\epsilon_0 \frac{r_a r_b}{r_b - r_a}$$

- Bu kondansatörde depolanan enerji:

$$U = \frac{Q^2}{2C} = \frac{Q^2}{8\pi\epsilon_0} \frac{r_b - r_a}{r_a r_b}$$

- İki iletken küre arasındaki elektrik alan:

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

- İçteki kürenin içindeki elektrik alan sıfırdır

- Dıştaki kürenin iç yüzeyinin dışındaki elektrik alan sıfırdır.

$$u = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 = \frac{1}{2} \epsilon_0 \left(\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \right)^2 = \frac{Q^2}{32\pi^2 \epsilon_0 r^4}$$

$$U = \int u dV = \int_{r_a}^{r_b} \left(\frac{Q^2}{32\pi^2 \epsilon_0 r^4} \right) 4\pi r^2 dr = \frac{Q^2}{8\pi\epsilon_0} \int_{r_a}^{r_b} \frac{dr}{r^2} = \frac{Q^2}{8\pi\epsilon_0} \frac{r_b - r_a}{r_a r_b}$$

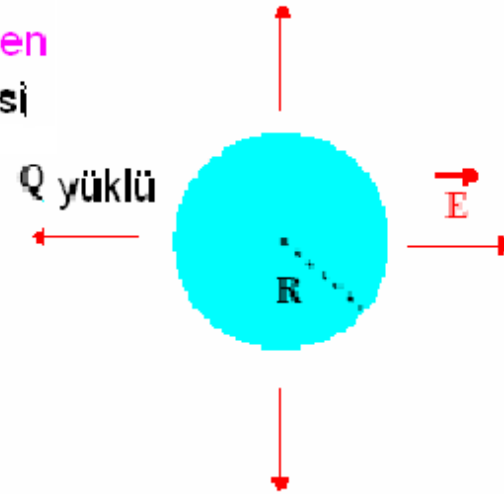
Enerji depolama ve Elektrik alan enerjisi

□ Örnek : Depolanan enerji

Örnek

R yarıçaplı ve toplam yükü Q olan **kati iletken küre** tarafından ne kadar elektrik enerjisi depolanır?

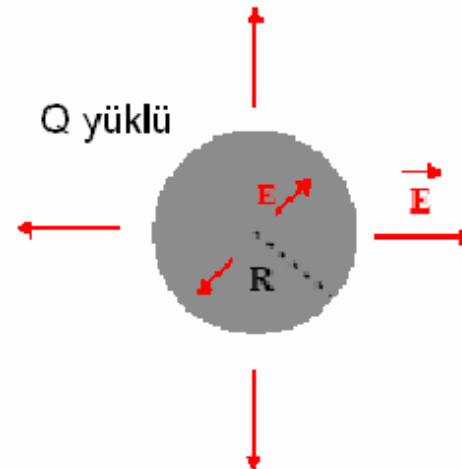
Cevap :
$$U = \frac{KQ^2}{2R}$$



Örnek:

Hacmi boyunca düzgün dağılıma sahip toplam yükü Q ve yarıçapı R olan **kati iletken küre** tarafından depolanan elektrik enerjisi ne kadardır?

Cevap:
$$U = \left(1 + \frac{1}{5}\right) \frac{KQ^2}{2R} = \frac{3}{5} \frac{KQ^2}{R}$$



Dielektrikler

□ Dielektrik maddeler

- Kondansatörün iletken plakaları arasına iletken olmayan materyal (dielektrik) koyulduğunda ,aynı Q yükü depolanmışken, sığanın arttığı deneysel olarak bulunmuştur.
- Dielektrik sabiti κ (= K ders kitabında) aşağıdaki gibi bulunur :

$$\kappa = \frac{C}{C_0}$$

- Yük sabitken,

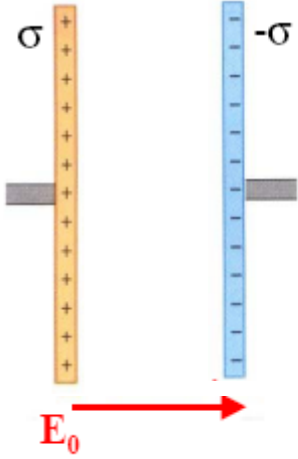
$$Q = C_0 V_0 = CV \rightarrow C / C_0 = V_0 / V$$

$$V = \frac{V_0}{\kappa} \rightarrow E = \frac{E_0}{\kappa}$$

Madde	κ	Madde	κ
Boşluk	1	Mika	3-6
Hava(1 atm)	1.00059	Mylar	3.1
Teflon	2.1	Plexiglas	3.40
Polyethelene	2.25	Su	80.4

Dielektrikler

□ İndüklenen yük ve Polarizasyon(kutuplanma)



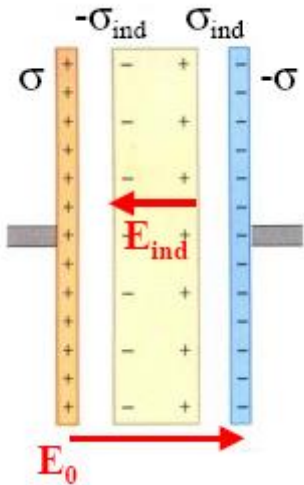
• Plakalar arası boşluk olan zıt yüklü iki paralel plaka düşünelim.

• Şimdi, dielektrik sabiti κ olan dielektrik madde yerleştirelim;

$$E = E_0 / \kappa \quad Q \text{ sabitken}$$

• Elektrik alandaki yükün kaynağı, dielektrik maddedeki negatif ve pozitif yüklerin yeniden dağılımıdır (net yük sıfır).

Bu yeni dağılım polarizasyon olarak adlandırılır ve bu, indüklenen yükleri ve orijinal elektrik alanı kısmen kaldıran alanı üretir.



$$E_0 = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \quad E = \frac{\sigma - \sigma_{ind}}{\epsilon_0} \quad E = \frac{E_0}{\kappa}$$

$$\sigma_{ind} = \sigma \left(1 - \frac{1}{\kappa} \right)$$

ve elektriksel geçirgenlik ifadesi $\epsilon = \kappa \epsilon_0$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

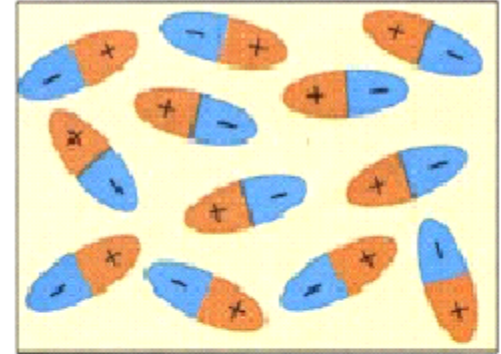
$$C = \kappa C_0 = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} = \epsilon \frac{A}{d} \quad u = \frac{1}{2} \kappa \epsilon_0 E^2 = \frac{1}{2} \epsilon E^2$$

Dielektrikler

□ İndüklenen yüklerin moleküler modeli

Anlamı :

$$\vec{E} = \frac{\vec{E}_0}{\kappa}$$

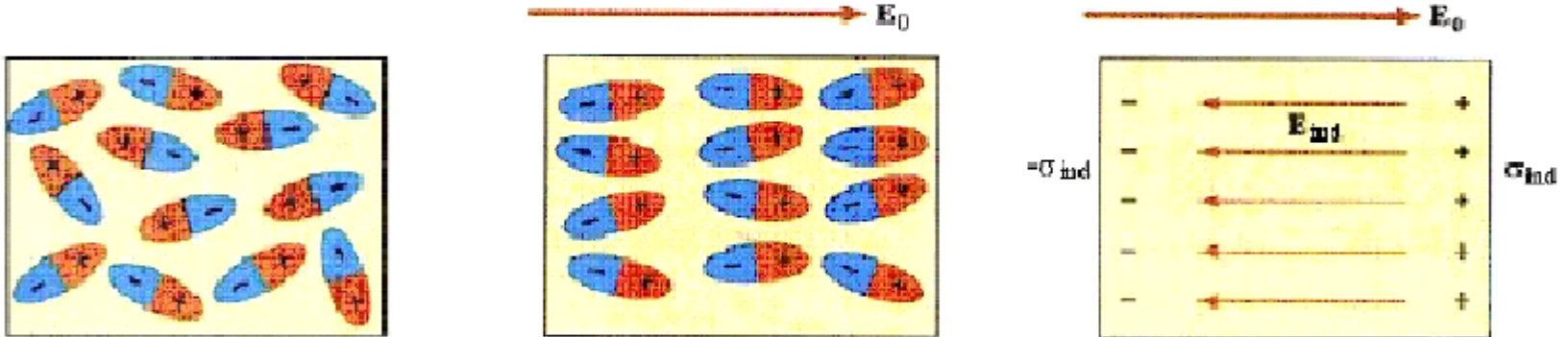


- Dielektrik **kutuplanabilir**.
- Bu yüzden atomik veya moleküler yüzeylerde pozitif ve negatif yükler hafifçe ayrılır.
- Moleküller elektriksel olarak nötr olsalar bile, sürekli bir elektrik dipol momente sahiptirler.
- Bu dipoller bir elektrik alan olmadığında rastgele bir şekilde yönelirler.

Dielektrikler

□ İndüklenen yüklerin moleküler modeli

- Bu dipollere düzgün bir \mathbf{E}_0 elektriksel alanı uygularsak
- Elektrik alan her bir dipol üzerinde bir tork oluşturur , ki bu , dipol momentlerin uygulanan elektrik alanla aynı yönde dizilmesini sağlar.

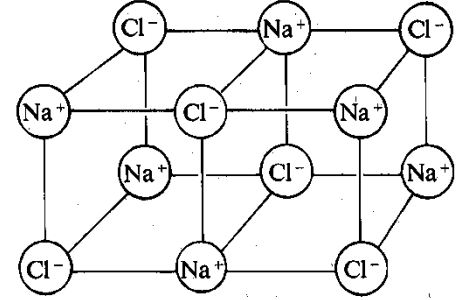


Net sonuç, dielektrikte **indüklenmiş bir elektrik alanı** ortaya çıkaran, dielektrikteki **indüklenmiş bir yüzey yüküdür.**

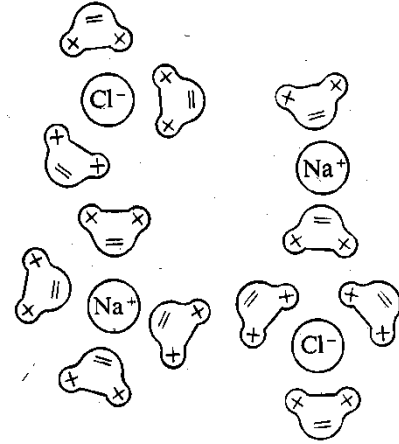
Dielektrikler

- Tuzun çözünme sebebi

Na⁺ ve Cl⁻ iyonları arasında elektrostatik etkileşimin sonucu oluşan NaCl, normalde katı kristal yapıdadır.

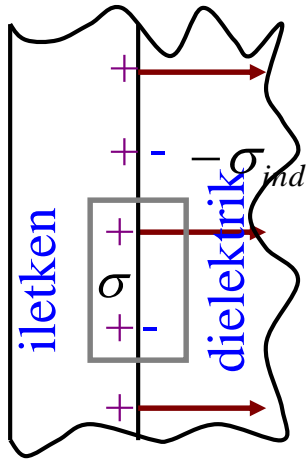


Su çok büyük bir dielektrik sabitine sahiptir. (78). Bu ,birbirleriyle etkileşen atomlar arasındaki alanı azaltır. Kristal kafesi parçalar haline gelir ve çözünür.



Dielektrikler

□ Dielektriklerde Gauss kanunu



Gauss kanunu: $EA = \frac{(\sigma - \sigma_{ind})A}{\epsilon_0}$

$$\sigma_{ind} = \sigma \left(1 - \frac{1}{\kappa}\right) \text{ or } \sigma - \sigma_{ind} = \frac{\sigma}{\kappa}$$



$$EA = \frac{\sigma A}{\kappa \epsilon_0} \text{ or } \kappa EA = \frac{\sigma A}{\epsilon_0}$$



$$\oint \kappa \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{encl-free}}{\epsilon_0}$$

Kuşatılmış
serbest yük