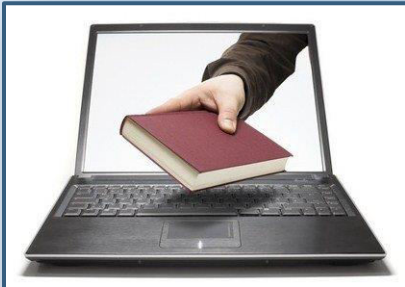




**FIZIKA KAFEDRASI**



**Fizika I**

**2018**

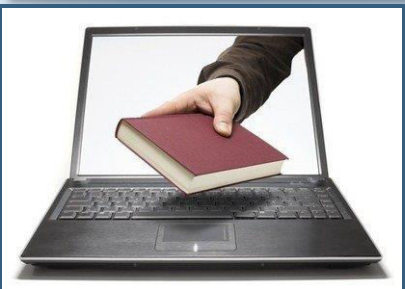
# **ELEKTROMAGNETIZM**

**11 – ma'ruza**

**K.P. Abduraxmanov, V.S. Xamidov**



**TÁBIYIY HÁM  
GUMANITAR  
PÁNLER  
KAFEDRASÍ**



**Fizika I**

**2020**

# **ELEKTROMAGNETIZM**

## **11 – lekciya**

**Qaraqalpaq tiline awdarmalağan**

**S.G. Kaypnazarov**

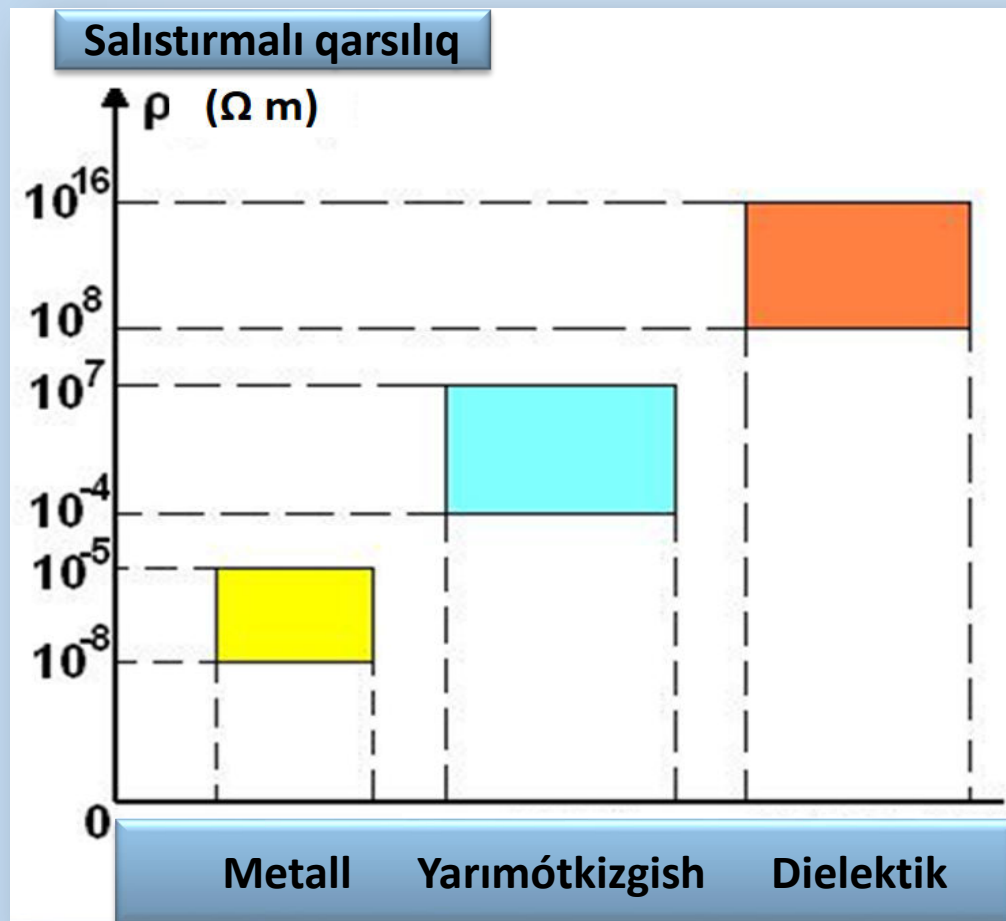


# Lekciya rejesi

- Dielektrikler túrleri.
- Dielektriktiń polyarlanıwı. polyarlanǵanlıq.
- Elektr maydanda dielektrikler.
- Elektr kóshiw. Dielektriktegi elektrostatikalıq maydan ushın Gauss teoreması.
- Elektrostatikalıq maydandaǵı ótkizgishler.
- Ótkizgishlerde elektr sıyımlılıǵı.
- Hár qıylı geometriyalıq formalardaǵı kondensatorlardıń elektr sıyımlılıǵı.
- Zaryadlanǵan kondensatorlardıń energiyası.

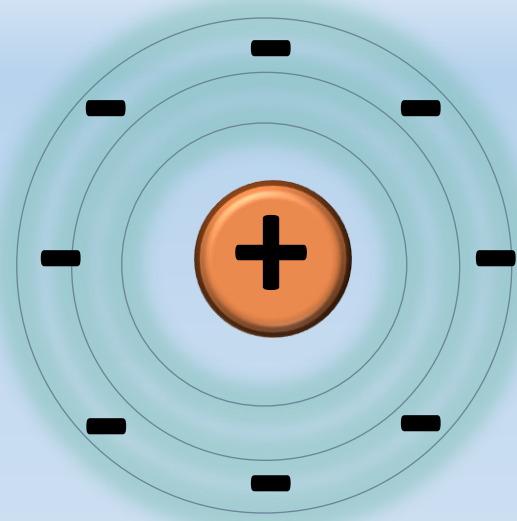
# DIELEKTRIKLER TÚRLERİ

*Dielektrikler* dep ádettegi shárayatlarda tok tasıwshı zaryadlarǵa iye bolmaǵan, derlik elektr tokı ótkizbeytuǵın zatlarǵa ayıladı.

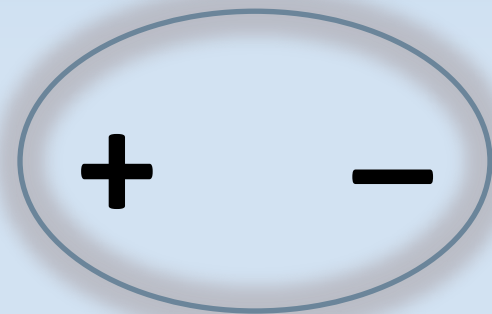


# Dielektrikler túrleri

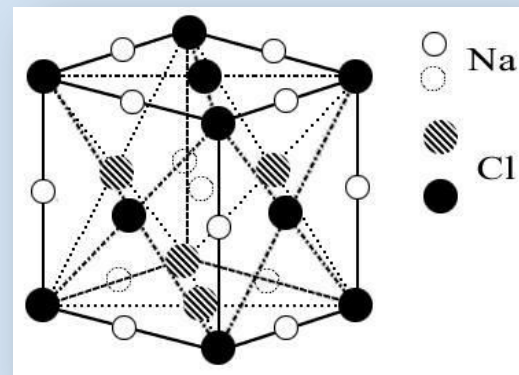
1. *Polyarsız molekualı dielektrikler* -  $N_2, H_2, O_2, CO_2$   
simmetriyalıq molekualı zatlarda sırtqı maydan joqlıǵında dipol momentini nolge teń boladı.



2. *Polyarlı molekualı dielektrikler* -  $H_2O, NH_3, SO_2, CO$   
zatlar molekuaları asimmetriyalıq bolǵanı ushın nolden parıqlı dipol momentine iye boladı. Bul halda molekula  $P_i = q l_i$  dipol momentine iye bolǵan elektr dipoli esaplanadı.



3. *Ionlı dielektrikler* -  $NaCl, KCl$  ǵa uqsas zatlar  
kristall pánjereli tártipli jaylasqan hár qıylı belgidegi ionlardan quralǵan.



# Dielektriğin polýarlanıwı

*Dielektriğin polýarlanıwı* dep dipollardıń orientacıyalanıwı procesine yaki elektr maydanı tásirinde orientacıyalanǵan dipollar payda bolıwına ayıladı.

Polyarlanıw nátiyjesinde dipol momentleriniń vektor jıyındısı nolden parıqlı boladı

$$\sum \vec{P}_i \neq 0$$

$$\vec{P} = \sum_{i=1}^N \frac{\vec{P}_i}{V}$$

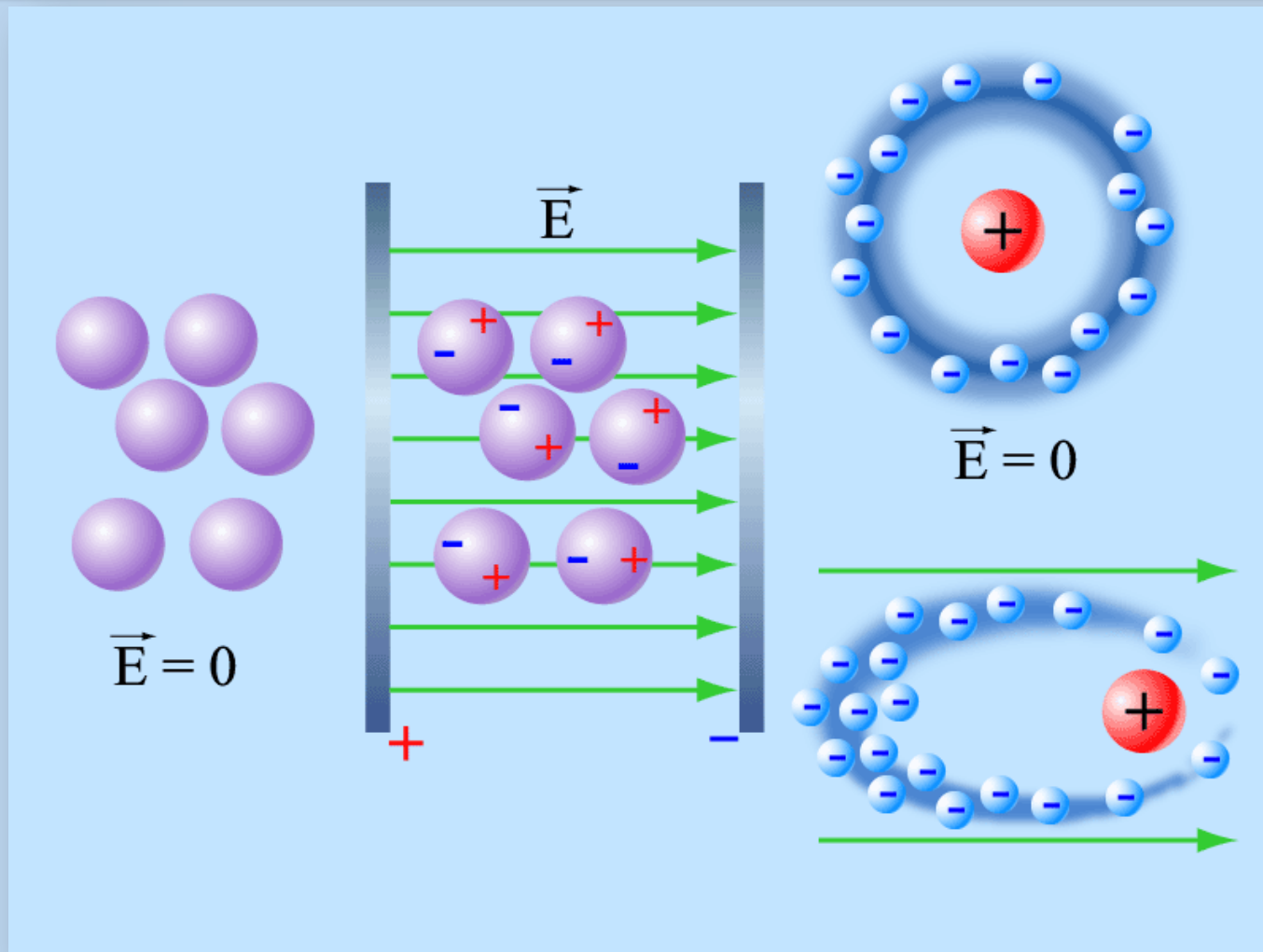
-polyarlanıw vektorı yaki polyarlanǵanlıq  
 $N$  -  $V$  kólemdegi molekulalar sanı.

## Polyarlanıw túrleri

1. Elektronlı yaki deformacıyalı polyarlanıw
2. Orientacıyalı yaki dipollı polyarlanıw
3. Ionlı polyarlanıw

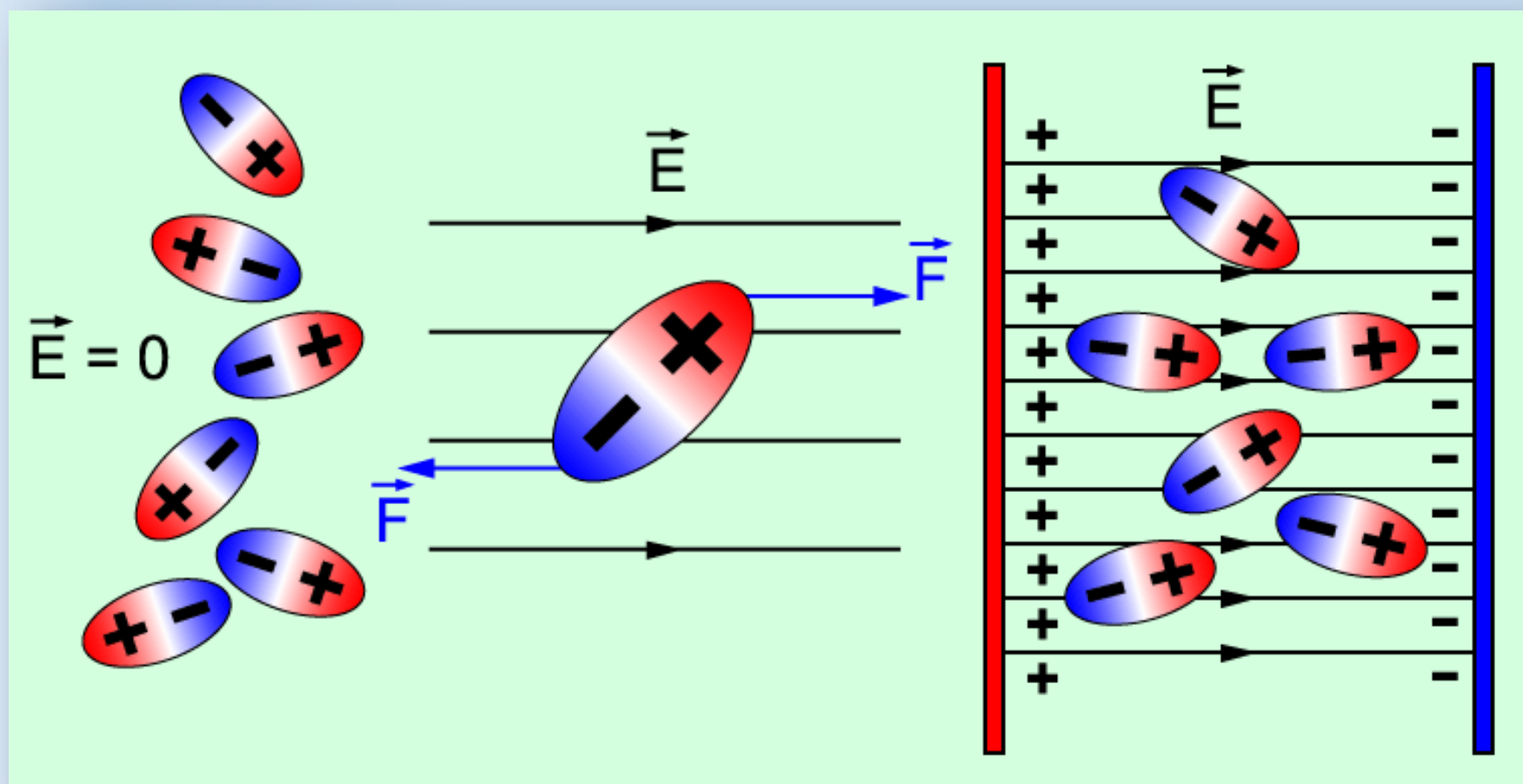


***Elektronlı yaki deformaciyalıq polyarlanıw – polyarsız molekualı dielektrikte elektron tıǵızlıǵınıń deformaciyası nátiyjesinde atom hám molekualardıń indukciyalanǵan dipol momentleri payda boladı.***

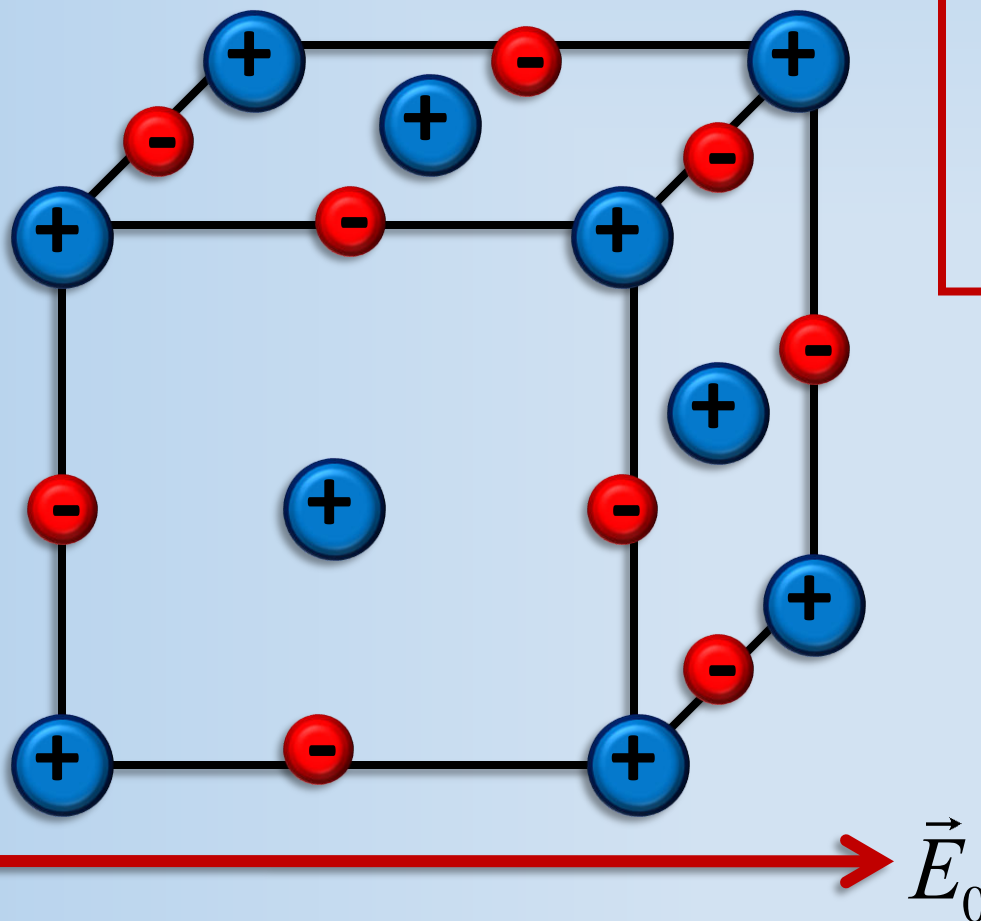




***Orientatsiyalıq yaki dipolli polyarlanıw*** – polyarlı molekulanı dielektrikte maydan bağıtında molekulalardıń bar bolǵan dipol momentleriniń orientatsıyalanıwı (elektr maydanı kernewliligi ósiwi hám temperatura páseyiwi menen polyarlanıw procesi kúsheyedi).



***Dielektriğin ionlı polyarlanıwı*** – ionlı kristall pánjerelerinde maydan bağıtında oń ionlar pánjeresiniń, maydanǵa keri bağıtta teris ionlar pánjeresiniń jılıwı dipol momentlerdiń payda bolıwına alıp keledi.



Dielektriğin oń zaryadları maydan bağıtı boylap, teris zaryadları maydanǵa keri bağıtta jılıydı.

# Polyarlanğanlıq

Sırtqı elektr maydanda  $V$  kólemli dielektrik polyarlanğanında ol tómendegi juwmaqlawshı dipol momentine iye boladı

$$\vec{p}_V = \sum_i \vec{p}_i$$

bul jerde  $\vec{p}_i$  - bir molekulanıń dipol momenti.

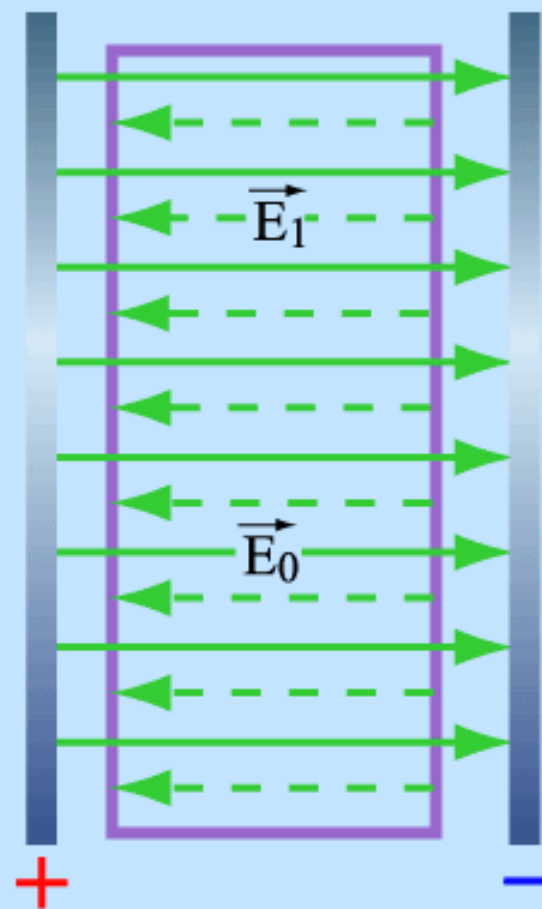
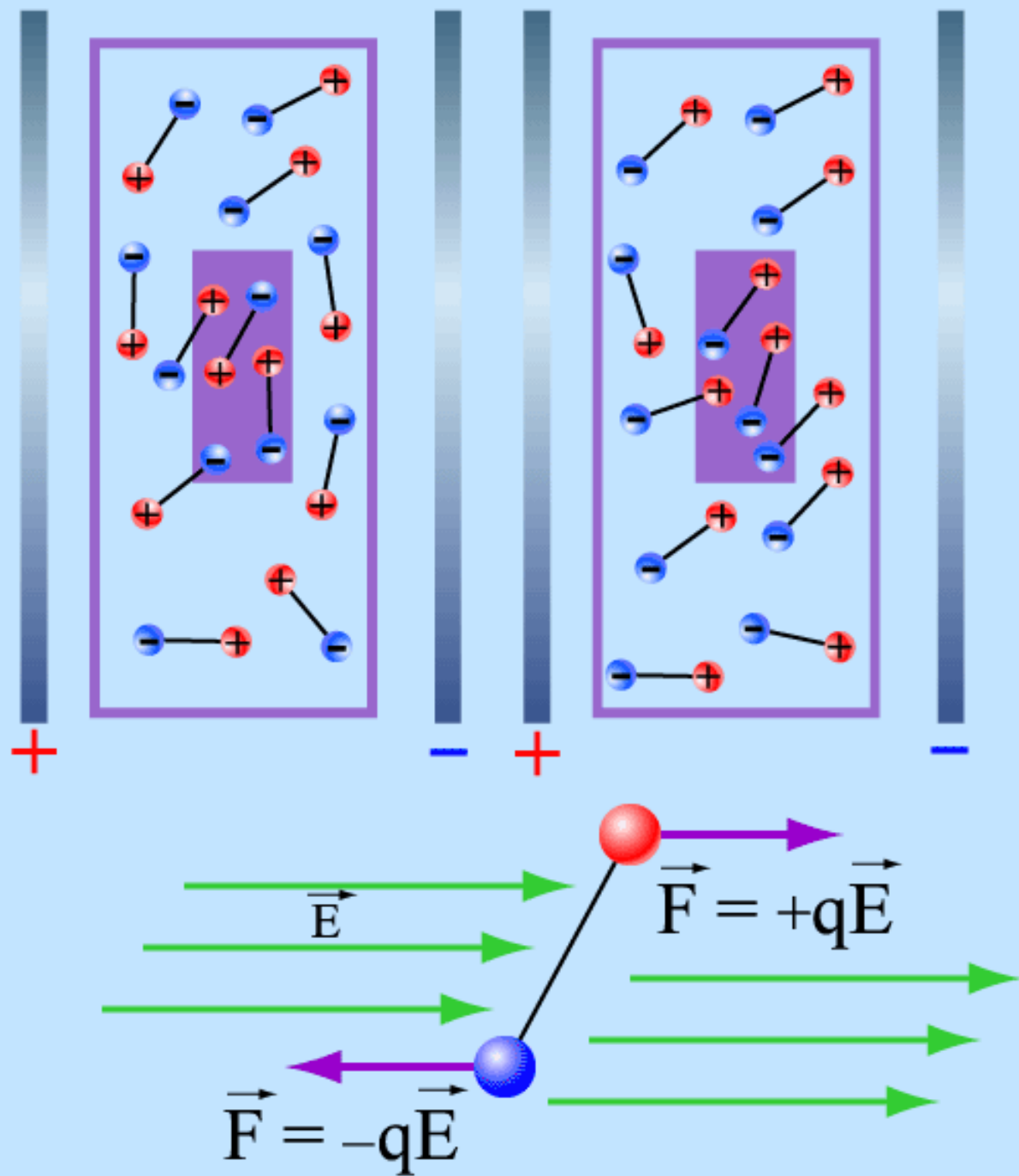
$$\vec{P} = \frac{p_V}{V} = \frac{\sum_i p_i}{V}$$

Birlik kólemdegi dielektriktiń polyarlanğanlıǵı - polyarlanıw vektorı arqalı ańlatıladı.

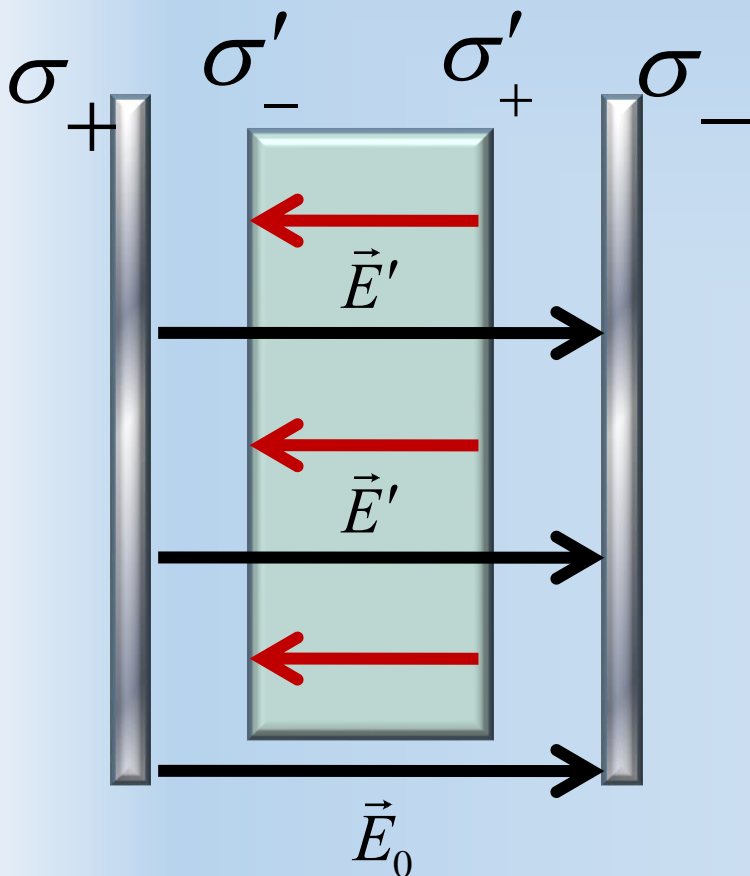
Izotrop dielektrikte polyarlanğanlıq sırtqı maydan kernewliligine sıızqlı baylanısqa.

$$\vec{P} = \chi \varepsilon_0 \vec{E}$$

$\chi$  – zattıń dielektrik sıńırıwshiligi – dielektriktiń qásiyetin xarakterleydi (ólsheimsiz oń shama).



# Elektr maydanda dielektrikler



$E_0$  sırtqı elektr maydan tásirinde dipollar orientaciyalanadı hám  $\sigma'$  baylanısqa zaryadlar kompensaciyalanbağan halda dielektriktiń qarama – qarsı betlerinde jaylasadı.

Baylanısqa zaryadlar payda etken dielektriktiń ishindegi maydan erkin zaryadlar payda etken sırtqı maydanǵa qarsı baǵıtlanǵan.

Dielektriktiń ishindegi juwmaqlawshı maydan kernewliligi vakuumdá zaryadlar payda etken maydan kernewliliginen kishi.

$$\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}' \Rightarrow E = E_0 - E'$$

# Elektr maydanda dielektrikler

Polyarlanganlıq baylanisqan zaryadlardıń betlik tıǵızlıǵına teń.

$$P = \sigma'$$

Baylanisqan zaryadlar esapqa alıńǵan haldaǵı Gauss teoreması

$$\oint_S \vec{E} d\vec{S} = \frac{q' + q}{\epsilon_0}$$

$$\operatorname{div} \vec{E} = \frac{1}{\epsilon_0} (\rho + \rho')$$

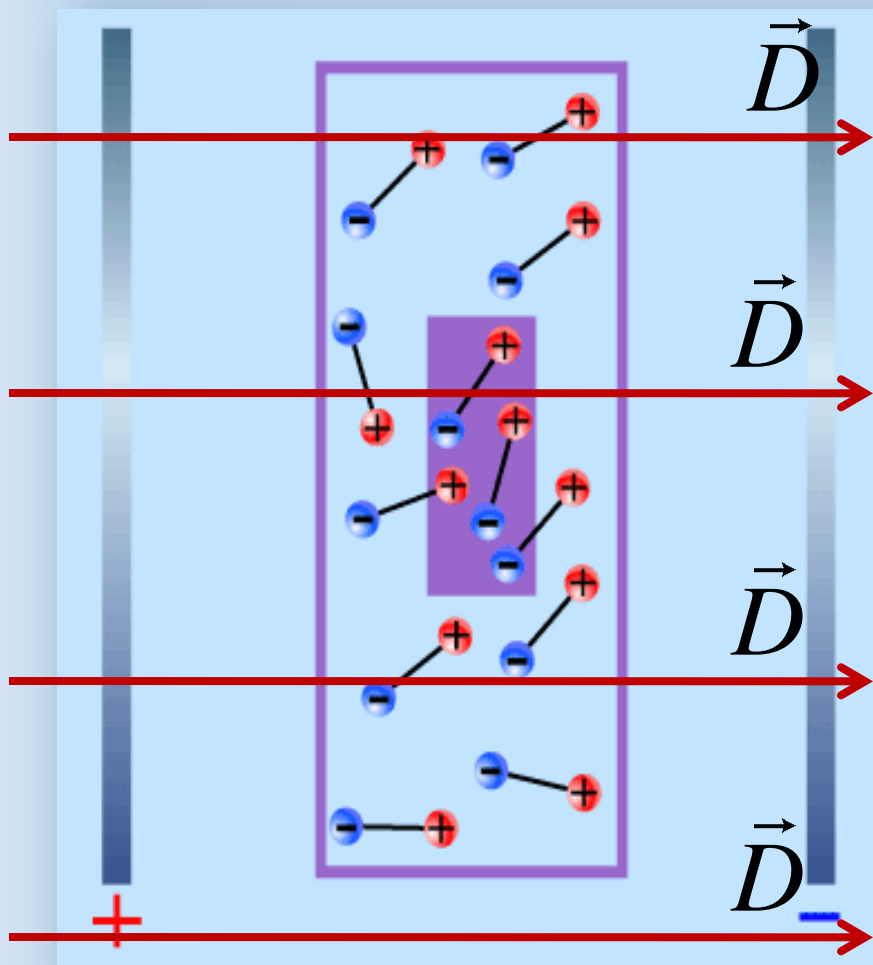
$$\rho = \frac{dq}{dV}, \quad \sigma = \frac{dq}{dS} -$$

Erkin zaryadlardıń kólemlik  
hám betlik tıǵızlıqları

$$\rho' = \frac{dq'}{dV}, \quad \sigma' = \frac{dq'}{dS} -$$

Baylanisqan zaryadlardıń kólemlik  
hám betlik tıǵızlıqları

Elektr indukciya  $\vec{D}$  vektor sızıqları, baylanışqan zaryadlar bar bolğan maydan tarawları arqalı *bólinbesten – úzliksiz* ótedi.



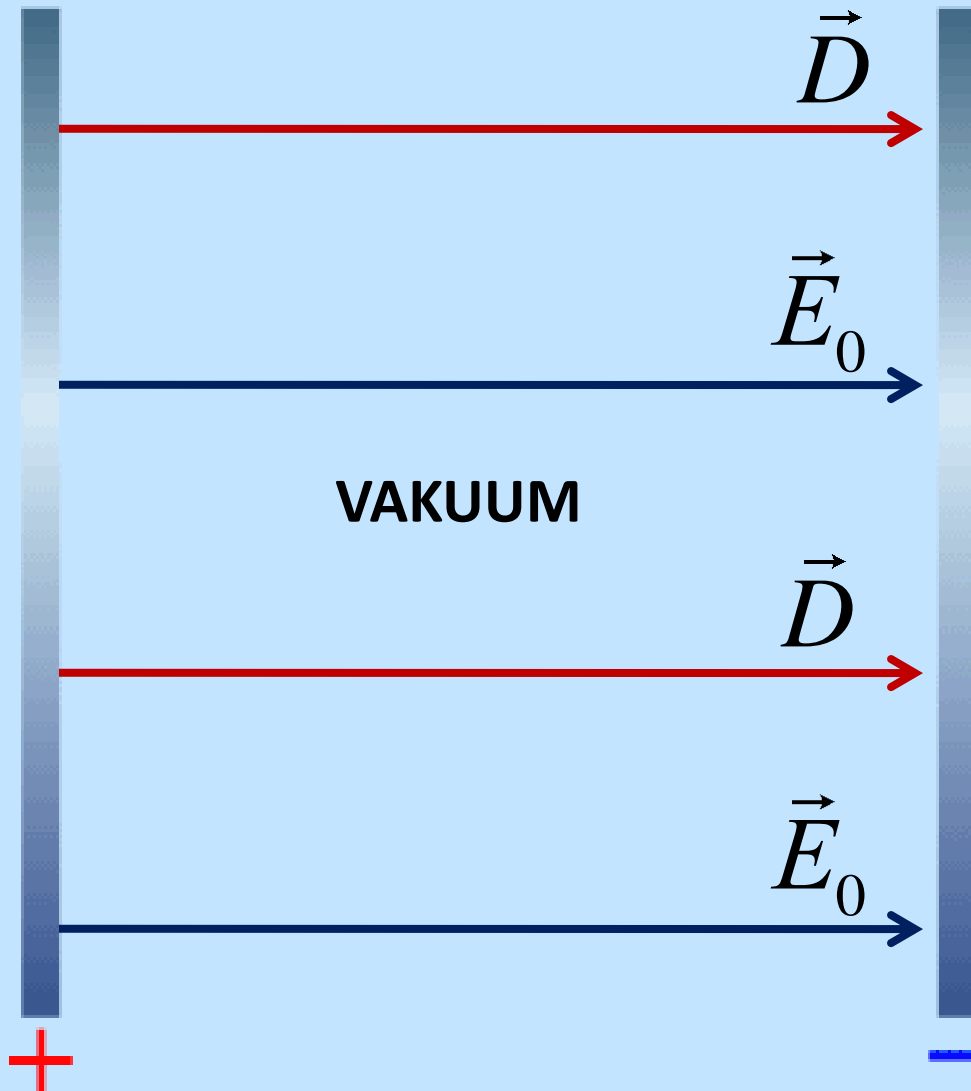
Qálegen tuyıq  $S$  betten ótip atırğan vektor aǵımı

$$\Phi_D = \oint_S \vec{D} d\vec{S} = \oint_S D_n dS$$

$D_n$  - elektr indukciya vektorı  $d\vec{S}$  maydanniń  $n$  normalına proekciyası.



1) Dielektrik bolmağanda  $\varepsilon = 1$ .  
vakuumba maydan kernewliligi :



$$E_0 = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

$E$  hám  $D$  arasındaǵı baǵlanıs

onına qoysaq

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \varepsilon \vec{E}_0$$

ıye bolamız

$$D = \sigma$$

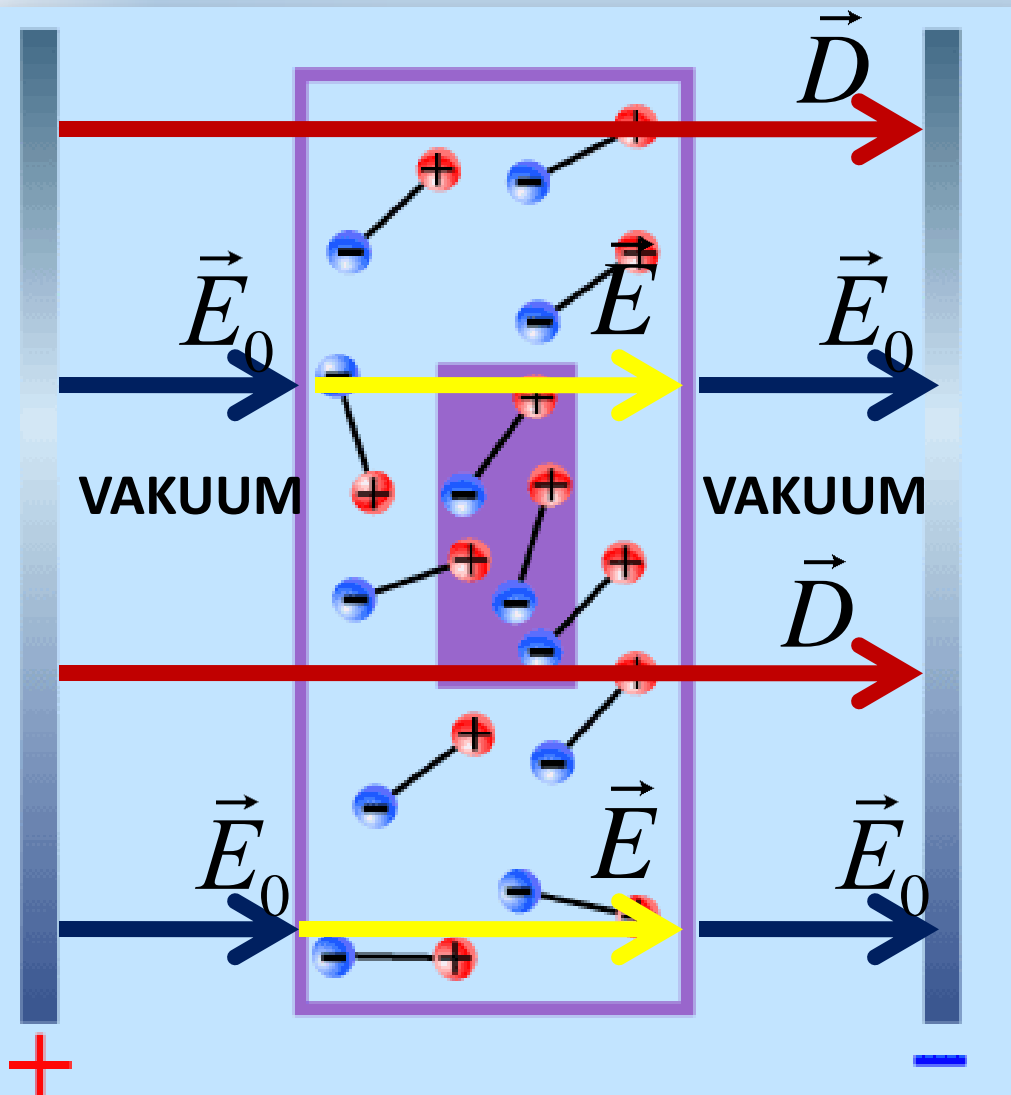
Qaplamalar arasına dielektrik jaylasqan. Elektr indukciya vektori  $\vec{D}$  mánisi, erkin zaryadlar menen anıqlanǵanlıǵı ushın, ózgermeydi.

$$\vec{D} = \sigma$$

$E$  mánisi tómendegishe

$$E = \frac{D}{\epsilon \epsilon_0} = \frac{\sigma}{\epsilon \epsilon_0} = \frac{E_0}{\epsilon}$$

$\epsilon$  dielektrik sińiriwshilik – vakuumǵa salıstırǵanda dielektrikte elektr maydan kernewliligi neshe márte kemeygenligin kórsetiwshi shama.



# Elektr kóshiw (elektr indukciya vektori)

Dielektrikler shegarasınan ótiwshi kernewlilik sızıqları vektori sekiriwge uqsas ózgeredi. Sol sebepli, dielektriklerdiń polyarlanıw qásiyetlerin inabatqa alǵan halda, zaryadlar sistemasınıń (úzliksiz) elektr maydanın, ańlatıw ushın *elektr kóshiwdiń vektori* túsiniǵi kiritiledi: izotrop ortalıqta

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \varepsilon \vec{E} = \varepsilon_0 (1 + \chi) \vec{E} = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$$

bul vektor vakuumda, dielektrik barlıǵındaǵı keńislikte bólistirilgen erkin zaryadlar payda etken elektrostatikalıq maydandı ańlatadı.

$$[D] = \left[ \frac{C}{m^2} \right]$$

# Dielektriktegi elektrostatikalıq maydan ushın Gauss teoreması

Qálegen tuyıq betten ótiwshi dielektriktegi elektrostatikalıq maydan kóshiwi vektorınıń aǵımı bet ishindegi erkin zaryadlardıń algebralıq jıyındısına teń.

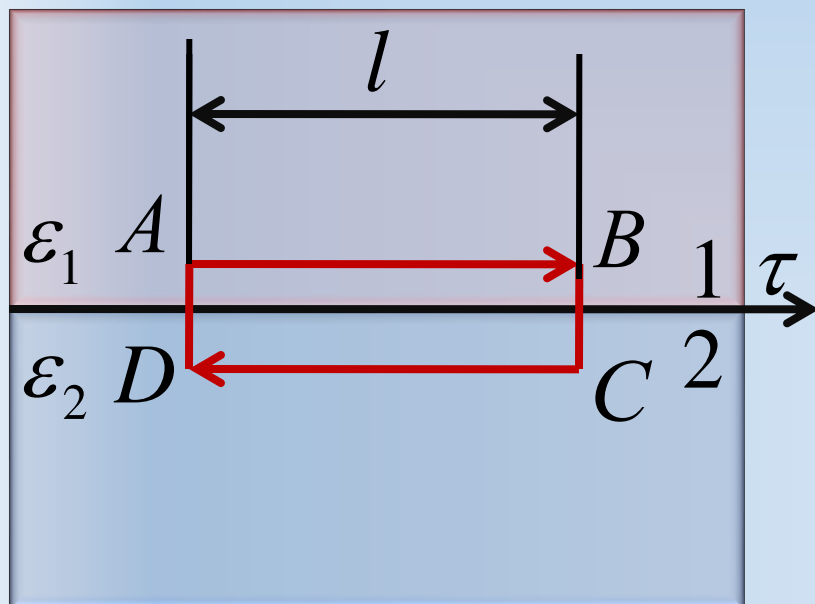
$$\oint_S \vec{D} d\vec{S} = \oint_S D_n dS = \sum_{i=1}^n q_i$$

Keńislikte zaryadtıń úzliksiz bólistiriliwi halatı ushın Gauss teoreması

$$\oint_S \vec{D} d\vec{S} = \int_V \rho dV$$

$$\rho = \frac{dq}{dV} \quad - \text{ kólemlik tıǵızlıq}$$

# Eki dielektrik ortalıqları shegarasındaǵı shegaralıq shártler



*E* vektor cirkulyaciyası tuwralı teoremaǵa tiykarlanıp, eki dielektrik shegarasına erkin zaryadlardıń joqlıǵında kontur boyınsha vektor cirkulyaciyası tómendegige teń:

$$\oint_{ABCD} \vec{E} d\vec{l} = 0$$

$$E_{\tau 1} l - E_{\tau 2} l = 0$$

$$E_{\tau 1} = E_{\tau 2}$$

$$D = \varepsilon_0 \varepsilon E$$

$$\frac{D_{\tau 1}}{D_{t 2}} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}$$

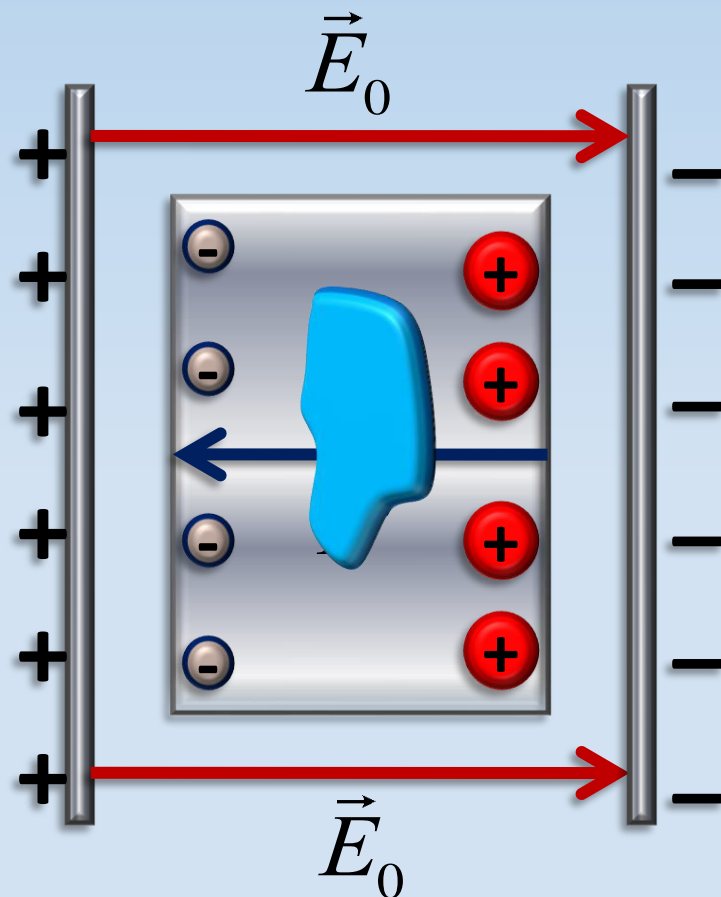
# Elektrostatikalıq maydanda ótkizgishler

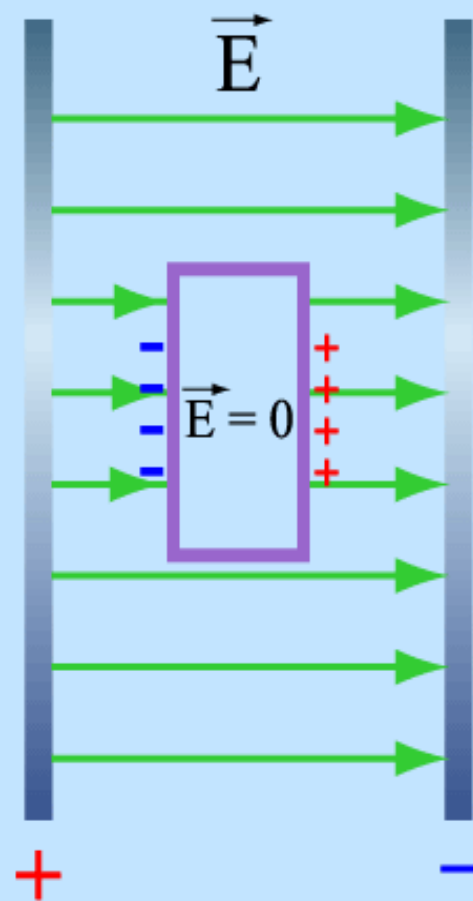
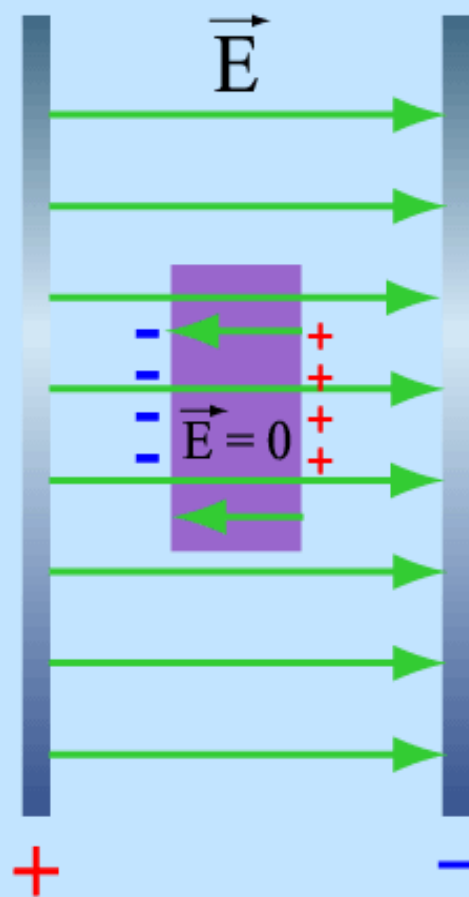
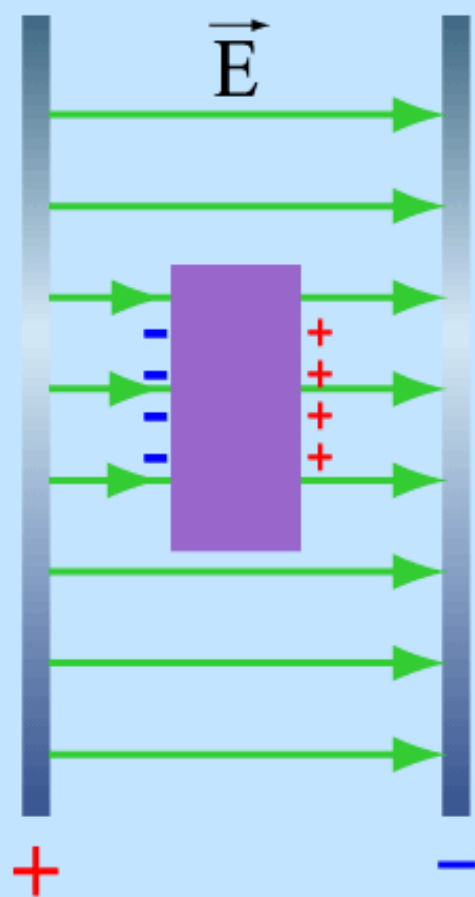
Ótkizgishlerde erkin zaryadlar  $E_0$  sırtqı elektr maydan tásirinde kóshedi hám waqıt ótiwi menen  $E$  kompensaciyalaytuǵın elektr maydan payda qıladı. Sol sebepli, ótkizgishler ishinde elektr maydan kernewliligi nolge teń boladı.

Yaǵnıy ótkizgishtiń pútkil kólemi ekvipotencial tarawdan ibarat boladı.

$$\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}' = 0$$

$$\vec{E} = 0 \Rightarrow d\varphi = 0 \Rightarrow \varphi = const$$







# Ótkizgishlerde elektr sıyımlılıǵı

*Ótkizgishtiń elektr sıyımlılıǵı  $C$  dep birlik potencialǵa tuwrı keliwshi ótkizgishtiń  $q$  zaryadın kórsetiwshi shamaǵa ayıladı.*

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

**$C$  ótkizgishler elektr sıyımlılıǵı tómendegilerge baylanıslı:**

- **ótkizgishlerdiń ólshemi hám formasına;**
- **elektr sıyımlılıǵı jaylasqan ortalıqtıń dielektrik qásiyetine.**

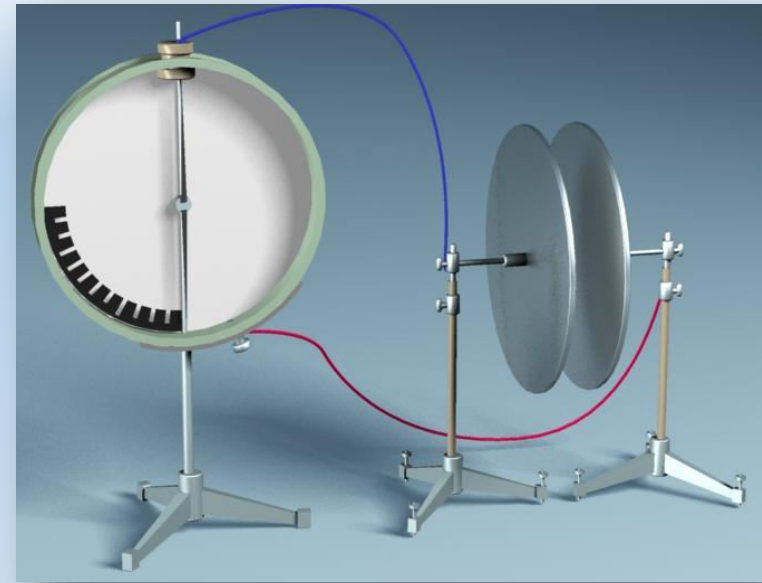
Jekkelengen ótkizgishtiń *elektr sıyımlılıǵı* dep, onıń potencialın bir birlikke ózgertiw ushın zárúr bolǵan zaryadqa muǵdar jaǵınan teń fizikalıq shamaǵa ayıladı.

Elektr sıyımlılıǵı birligi – Farada ( $F$ ):  $1F$  – jekkelengen ótkizgishke  $1C$  zaryad berilgende, onıń potencialı  $1V$  qa ózgeretuǵın sıyımlılıq. Jekkelengen shardıń elektr sıyımlılıǵı

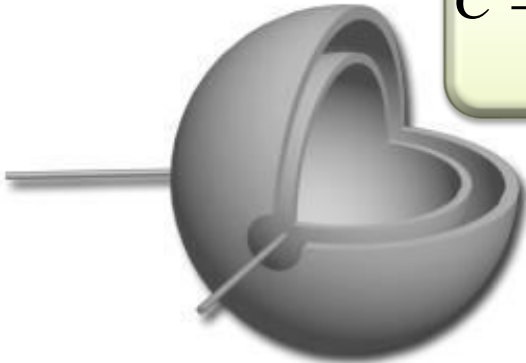
$$C = 4\pi\varepsilon_0\varepsilon R$$

## Tegis kondensatordın sıyımlılıǵı

$$C = \frac{q}{\Delta\varphi} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}$$

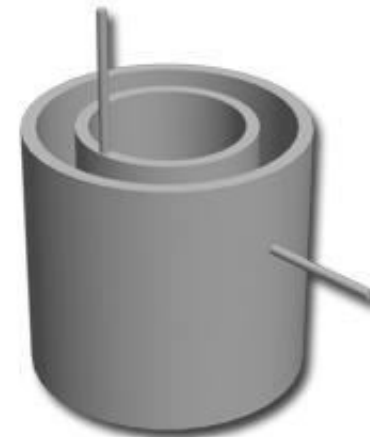


$$C = 4\pi\varepsilon_0\varepsilon \frac{r_1 r_2}{r_2 - r_1}$$



## Sferalıq kondensatordın sıyımlılıǵı

$$C = \frac{2\pi\varepsilon_0\varepsilon l}{\ln \frac{r_2}{r_1}}$$



## Silindrik kondensatordın sıyımlılıǵı

# Tegis kondensatordıń sıyımlılıǵı

*Tegis kondensator*, maydanları  $S$ , aralarındaǵı aralıq  $d$  bolǵan vakuumdáǵı eki parallel qaplamalardan quralǵan. Qaplamalar arasındaǵı maydan birtekli.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon\varepsilon_0} = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0 S} = \text{const}$$

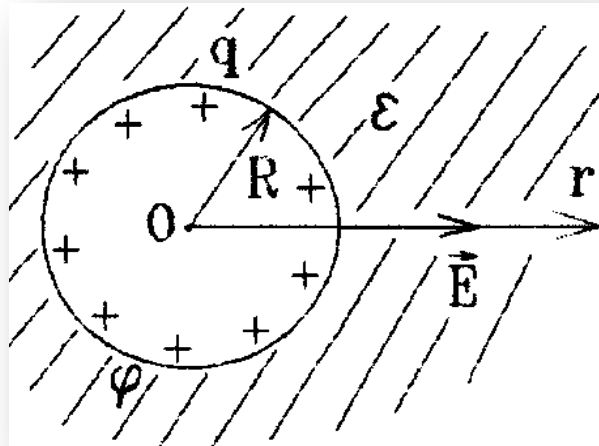
$$\varphi_1 - \varphi_2 = \int_0^d E dx = \int_0^d \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0 S} dx = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0 S} \int_0^d dx = \frac{qx}{\varepsilon\varepsilon_0 S} \Big|_0^d = \frac{qd}{\varepsilon\varepsilon_0 S} \equiv \frac{q}{C}$$

$$C = \frac{q}{\Delta\varphi} = \frac{\varepsilon_0\varepsilon S}{d}$$

1) qaplamalar arasındaǵı aralıq, yaǵnıy elektr maydanı kemeygende kondensator sıyımlılıǵı artadı;

2) qaplamalar arasına kúshli sińiriwshilikke iye bolǵan dielektrik jaylastırılса kondensatordıń sıyımlılıǵı artadı.

# Jekkelengen shardıń sıyımlılıǵın esaplaw



Shardıń beti  $q$  zaryad penen bir tegis zaryadlangan. Shar betinen  $r$  aralıqta jaylasqan noqattaǵı maydan kernewliligi:

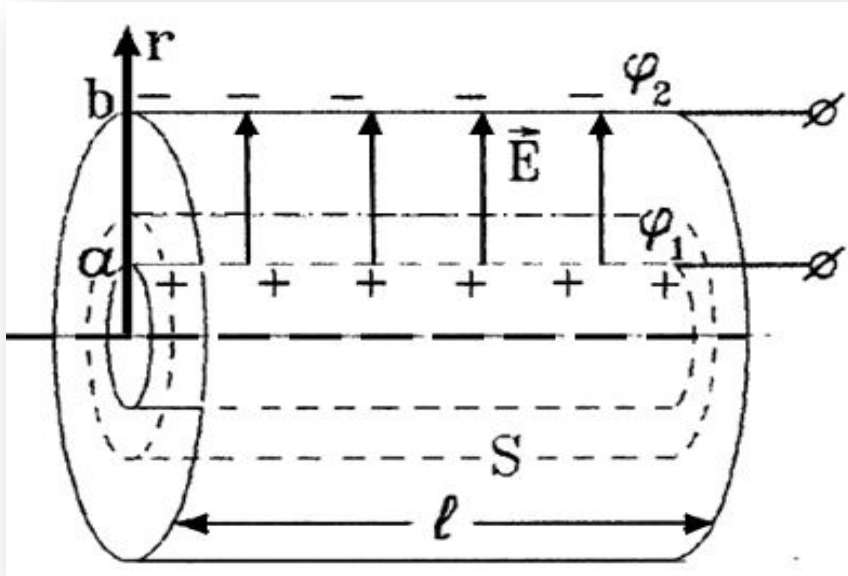
$$\vec{E} = \frac{q\vec{r}}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r^3}$$

$$\begin{aligned}\varphi|_{r=R} - \varphi|_{r=\infty} &= \int_R^{\infty} \vec{E} \cdot d\vec{r} = \int_R^{\infty} \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2} dr = \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \int_R^{\infty} \frac{dr}{r^2} = -\frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r} \Big|_R^{\infty} = \\ &= -\frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 (\infty)} + \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 R} = -0 + \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 R} = \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 R} = \frac{q}{C_{\text{shar}}}\end{aligned}$$

Sıyımlılıǵı  $1F$  bolǵan shardıń radiusı  $R = 9 \cdot 10^6 \text{ km!}$

Jerdiń sıyımlılıǵı  $0,7 \text{ mF!!!!!!}$

# Silindrik kondensatordın sıyımılığın esaplaw



**Gauss teoremasınan:**

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = E \cdot S = E \cdot 2\pi \cdot r \cdot l = \frac{q}{\epsilon\epsilon_0}$$

$$E = \frac{q}{2\pi\epsilon\epsilon_0 l \cdot r}$$

$$\begin{aligned} \varphi_1 - \varphi_2 &= \int_a^b E dr = \int_a^b \frac{q}{2\pi\epsilon\epsilon_0 l \cdot r} dr = \frac{q}{2\pi\epsilon\epsilon_0 l} \int_a^b \frac{dr}{r} = \frac{q}{2\pi\epsilon\epsilon_0 l} \cdot \ln r \Big|_a^b = \\ &= \frac{q}{2\pi\epsilon\epsilon_0 l} \cdot (\ln b - \ln a) = \frac{q}{2\pi\epsilon\epsilon_0 l} \cdot \ln \frac{b}{a} = \frac{q}{\frac{2\pi\epsilon\epsilon_0 l}{\ln \frac{b}{a}}} \equiv \frac{q}{C} \text{ m.e. } C = \frac{2\pi\epsilon\epsilon_0 l}{\ln \left( \frac{b}{a} \right)} \end{aligned}$$

# Zaryadlangan kondensatordıń energiyası

Teris zaryadlangan qaplamadan oń zaryadlangan qaplamaǵa oń zaryad kóshirilgende elektrostatikalıq maydan kúshi qarsılıǵına salıstırǵanda jumıs atqarıladı

$$dA = \Delta\varphi dq = \frac{q dq}{C}$$

Kondensator zaryadı 0 den  $q$  ge shekem artqanda sırtqı kúshler atqarǵan jumıs

$$A = \int_0^q \frac{q dq}{C} = \frac{q^2}{2C}$$

## Zaryadlangan kondensatordıń energiyası

$$W = \frac{q^2}{2C} = \frac{C(\varphi_1 - \varphi_2)^2}{2} = \frac{q\Delta\varphi}{2}$$

- *Kondensator energiyası – elektr maydanniń kondensatorda jıynalǵan energiyası.*

# Zaryadlangan kondensatordıń energiyası

Zaryadlangan tegis kondensator energiyasın maydan kernewliligi arqalı ańlatamız.

Sıyımlılıq hám kernew tómendegishe ańlatıladı:

$$C = \varepsilon\varepsilon_0 \frac{S}{d} \qquad U = \varphi_1 - \varphi_2 = \int_0^d E \cdot dx = Ed$$

Nátiyjede tómendegige iye bolamız:

$$W = \frac{1}{2} CU^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d} (Ed)^2 = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2} Sd = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2} V$$

Elektrostatikalıq maydan energiyası tıǵızlıǵı

$$w = \frac{W}{V} = \frac{1}{2} \varepsilon\varepsilon_0 E^2 = \frac{1}{2} ED$$

$$[w] = \left[ \frac{J}{m^3} \right]$$



# Elektrostatikalıq maydan energiyası

*Qálegen zaryadlanǵan qozǵalmas deneler sistemasınıń energiyası tómendegishe ańlatıladı:*

$$W = \frac{1}{2} \int_S \varphi \sigma dS + \frac{1}{2} \int_V \varphi \rho dV$$

$$\sigma = \frac{q}{S}, \quad \rho = \frac{q}{V}$$

- erkin zaryadlardıń betlik hám kólemlik tıǵızlıqları

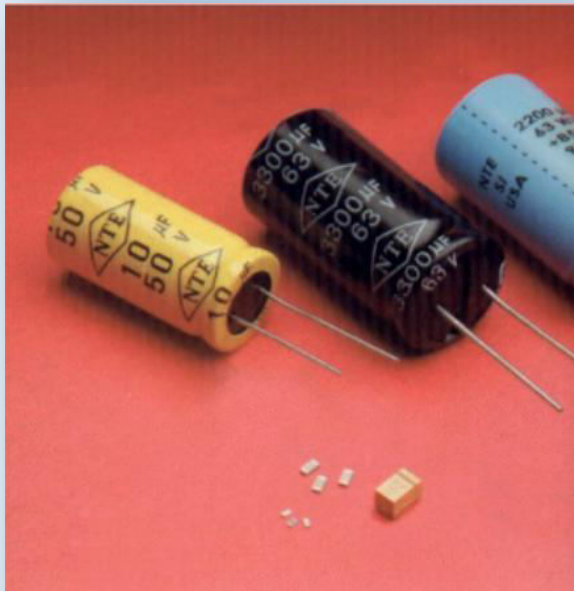
$\varphi$  - sistemaniń  $dS$  bet hám  $dV$  kólemleri elementlerindeki bárshe erkin hám baylanısqa zaryadlarınıń juwmaqlawshı maydan potencialı.

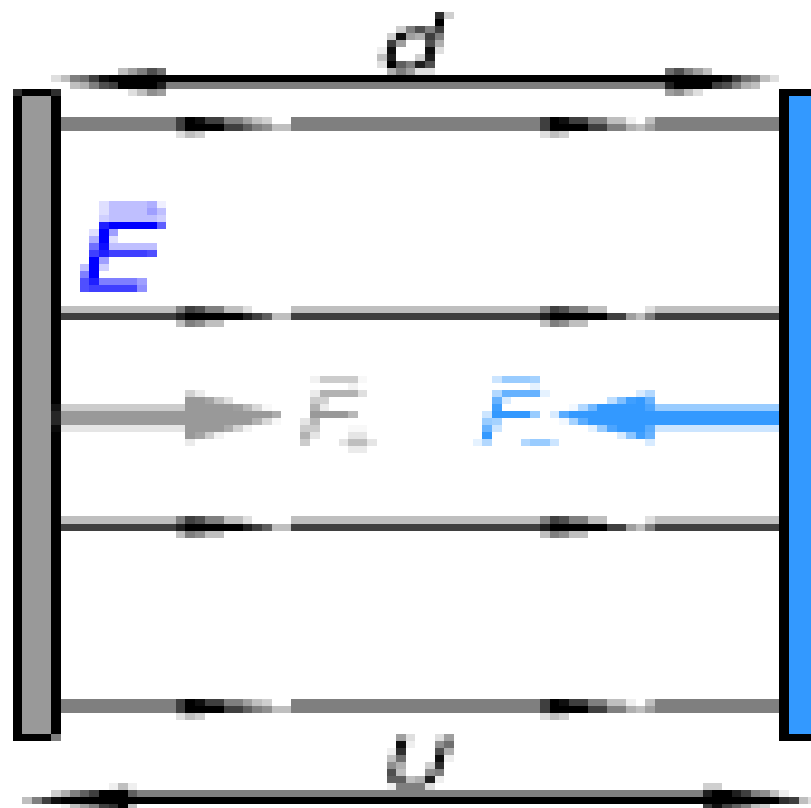
# Kondensatorlar

**Kondensator** eki parallel qaplamalardan ibarat bolıp, olarda qarama – qarsı belgidegi zaryadlar toplanadı. Qaplamalar arasında dielektrik zat boladı.

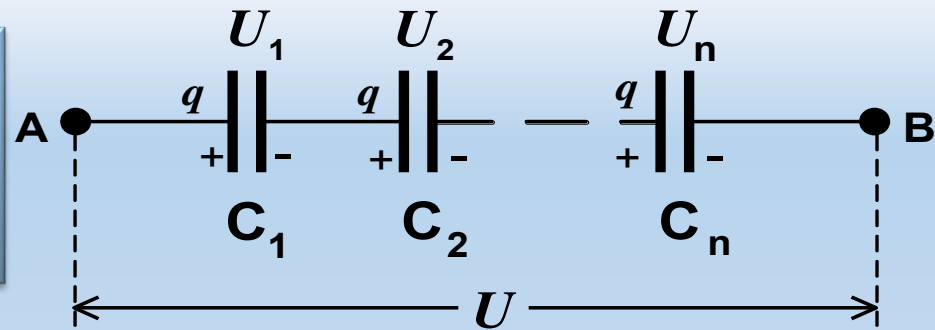
**Kondensator sıyımlılıǵı** – kondensatorda jıynalǵan  $q$  zaryadtıń qaplamalar arasındaqı potenciallar ayırmasına qatnasına teń bolǵan fizikalıq shama:

$$C = \frac{q}{\Delta\varphi}$$





## Kondensatorlardı izbe-iz jalǵaw



- Qaplamalardaǵı elektr zaryadları muǵdar jaǵınan bir – birine teń.

$$q = q_1 = q_2 = q_3 = \dots q_n = \text{const}$$

- Sistemǵa tashınǵan elektr zaryad kerek kondensatorlarda bólistiriledi

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots U_n$$

- Juwm

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

$$\frac{1}{C} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$$

## Kondensatorlardı parallel jalǵaw

- Kondensator qaplamaları arasındaǵı kernew *A hám B* noqatlar potenciallar ayırmasına teń, sol sebepli

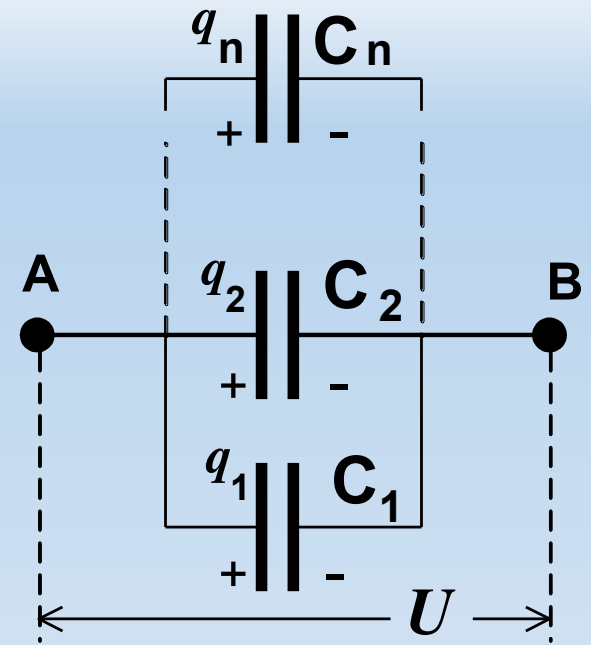
$$U_1 = U_2 = \dots U_n = U = \varphi_A - \varphi_B$$

- Parallel jalǵanǵan kondensatorlar sistemasınıń zaryadı kondensatorlar zaryadları jıyındısına teń.

$$q = q_1 + q_2 + \dots + q_n$$

- Parallel jalǵanǵanda sıyımlılıqlar qosıladı

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$



# PAYDALANÍLGAN ÁDEBIYATLAR

1. Q.P.Abduraxmanov, V.S.Xamidov, N.A.Axmedova. FIZIKA. Darslik. Toshkent. “Aloqachi nashriyoti”. 2018 y. O‘zR OO‘MTV 2017.24.08 dagi “603”-sonli buyrug‘i.
2. B.A.Ibragimov, G.Q.Atajanova. “FIZIKA”. Oqiwliq. Tashkent. 2018 j.
3. Q.P.Abduraxmanov, O‘.Egamov. “FIZIKA”. Darslik. Toshkent. O‘quv-ta‘lim metodika” bosmaxonasi. 2015 y. O‘zROO‘MTV 2009.26.02. dagi “51”-sonli buyrug‘i.
4. Douglas C. Giancoli. Physics. Principles with Applicathions. 2004 USA ISBN-13 978-0-321-62592-2.
5. Physics for Scientists and Engineers, Raymond A. Serway, John W. Jewett. 9th Edition, 2012.
6. “Umumiy Fizika fani bo‘yicha taqdimot multimediali ma‘ruzalar to‘plami”. Elektron o‘quv qo‘llanma. Toshkent. 2012 y. O‘zR OO‘MTV 2012.15.08 dagi “332/1”-sonli buyrug‘i.
7. “Fizika-1 kursi bo‘yicha taqdimot multimediali ma‘ruzalar to‘plami”. Elektron o‘quv qo‘llanma. Toshkent. 2019 y. O‘zR OO‘MTV 2019.04.10 dagi “892”-sonli buyrug‘i.

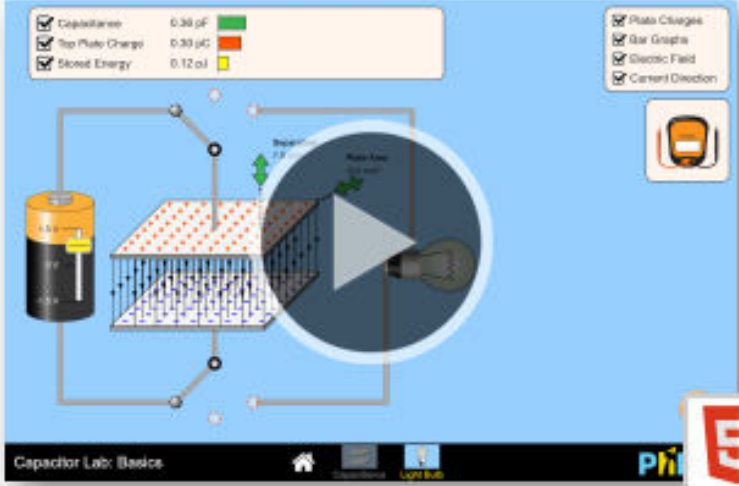




# PEDAGOGIKALÍQ DÁSTÚRIY QURALLAR

- <https://phet.colorado.edu/en/simulation/capacitor-lab-basics>


**Capacitor Lab: Basics**





- Parallel Plate Capacitor
- Capacitance
- RC Circuit

**DONATE**

PhET is supported by



and educators like you.

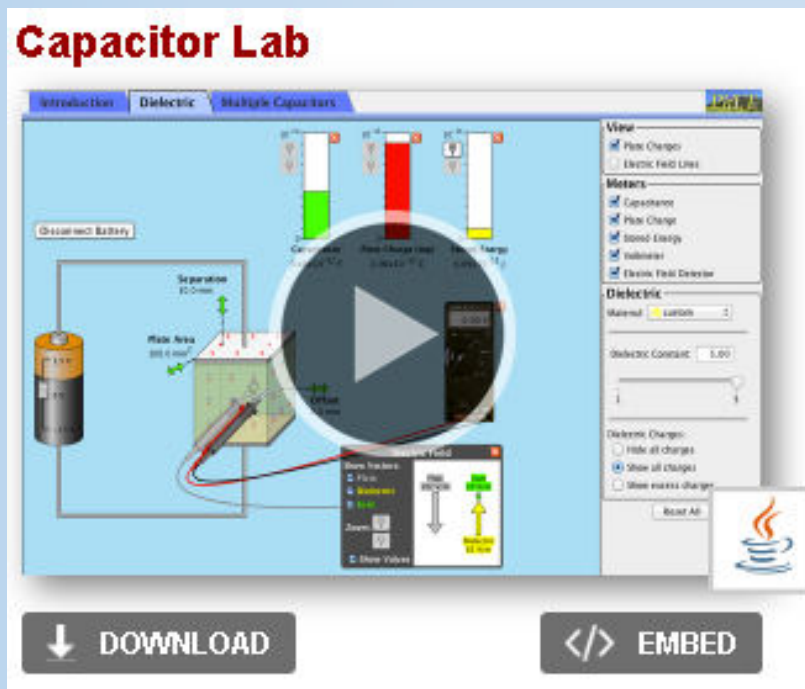


SCAN ME

Scan me

# PEDAGOGIKALÍQ DÁSTÚRIY QURALLAR

- <https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/capacitor-lab>



- Capacitor
- Capacitance
- Circuits



DONATE

PhET is supported by

You?

(support PhET today and help education worldwide.)



SCAN ME



Scan me