

**\* Проводники и  
диэлектрики  
в  
электростатическом  
поле.**

\* К проводникам относятся все вещества, которые проводят электрический ток. Хорошими проводниками являются металлы.

Свободные электроны участвуют в тепловом движении и могут свободно перемещаться по металлу в любом направлении.

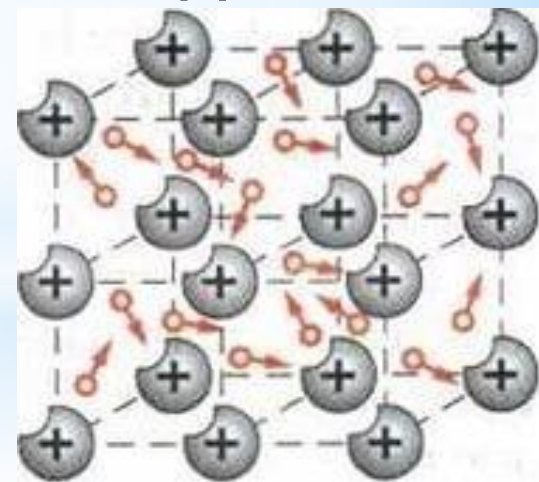
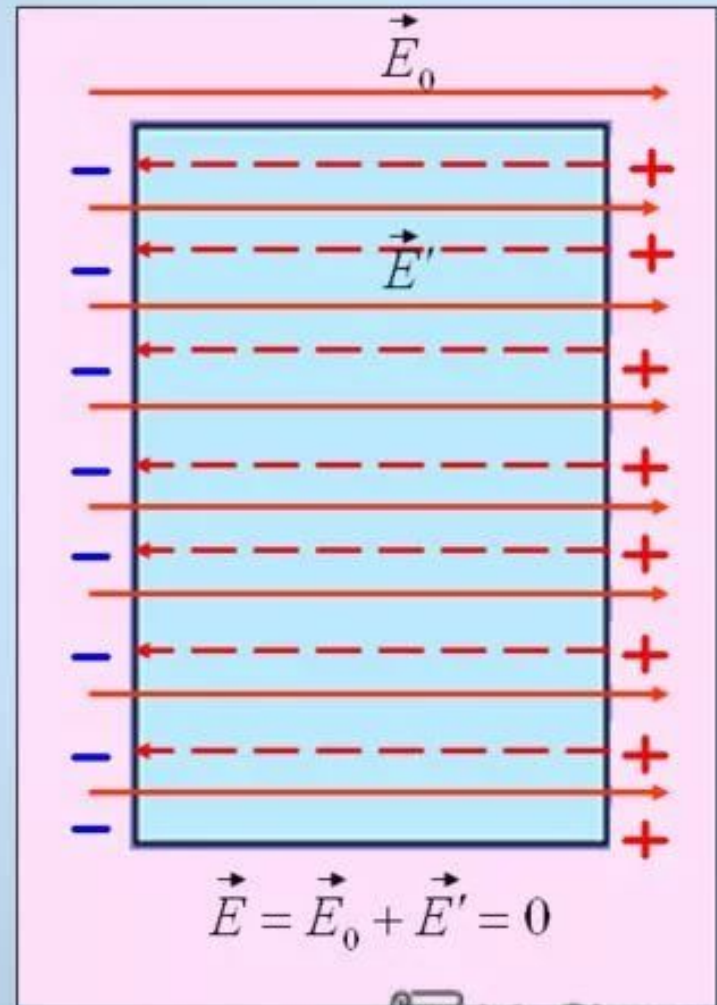


Рис. 53. Кристаллическая решётка металла

\* При внесении проводника в однородное поле в нем возникает электрический ток. Под действием электрического поля электроны движутся справа налево. Одна сторона проводника заряжается положительно, а другая - отрицательно. Явление разделения зарядов и их распределение по поверхности проводника во внешнем электрическом поле называют **электростатической индукцией**.  
Внутри проводника возникает своё поле.

# Заряд внутри проводника

По принципу суперпозиции полей напряжённость внутри проводника равна нулю. Следовательно, поток напряженности через любую замкнутую поверхность внутри проводника равен нулю. Значит, и заряд внутри этой поверхности равен нулю.





# Диэлектрики

- Диэлектрики - это вещества, не содержащие свободных заряженных частиц, т.е. таких заряженных частиц, которые способны свободно перемещаться по всему объему тела. Поэтому *диэлектрики не могут проводить электрический ток.*
- Диэлектриками являются многие твердые тела (фарфор, янтарь, эбонит, стекло, кварц, мрамор и др.), некоторые жидкости (например, дистиллированная вода) и все газы.
- По внутреннему строению диэлектрики разделяются на полярные и неполярные.

# Виды диэлектриков



## Полярные

Состоят из молекул, у которых не совпадают центры распределения положительных и отрицательных зарядов

поваренная соль, спирты, вода и др.



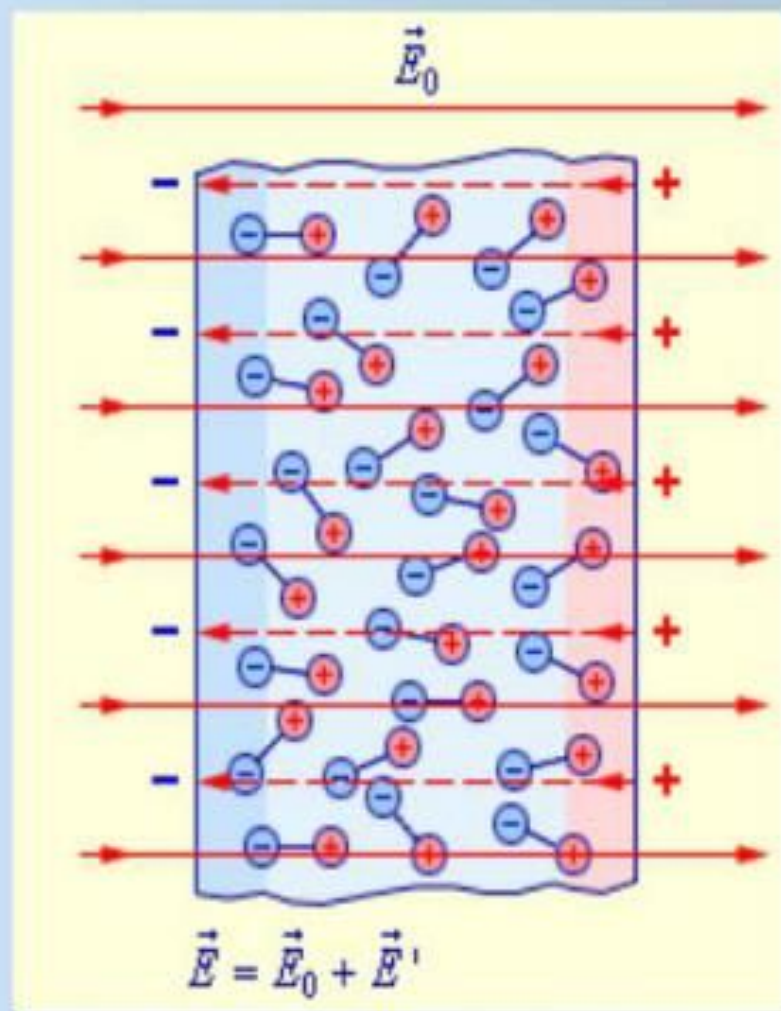
## Неполярные

Состоят из молекул, у которых совпадают центры распределения положительных и отрицательных зарядов.

инертные газы, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, бензол, полиэтилен и др.



# Поляризация диэлектриков



В среднем число диполей, ориентированных вдоль поля, больше, чем против поля.

Напряжённость электрического поля внутри бесконечного пространства, полностью заполненного диэлектриком оказывается равной

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

# \* Поляризация диэлектриков

\* В результате поляризации возникает поле, созданное диполями и направленное против внешнего поля; напряженность поля внутри диэлектрика будет равна:

$$E = E_0 - E^1$$



\* Поле внутри диэлектрика ослабляется. Степень ослабления поля зависит от свойств диэлектрика, т.е. от диэлектрической проницаемости вещества:

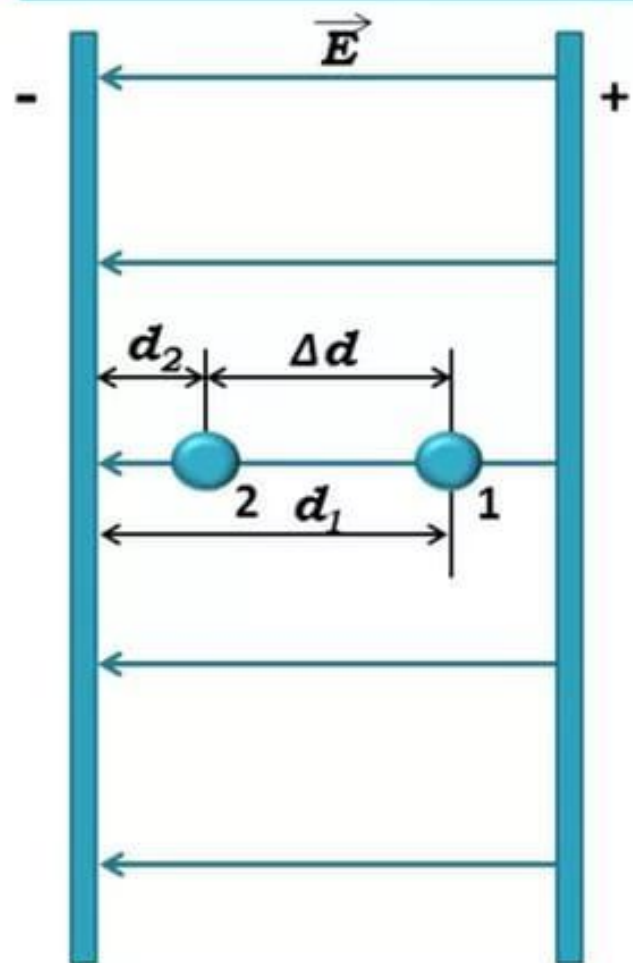
$$\varepsilon = \frac{E_0}{E}$$

**\* Потенциальная энергия  
заряженного тела в  
однородном  
электростатическом поле.**

# Потенциальная энергия

- Заряженные тела притягивают или отталкивают друг друга. При перемещении заряженных тел, действующие на них силы совершают работу. Из механики известно, что система, способная совершить работу благодаря взаимодействию тел друг с другом, обладает потенциальной энергией. Значит, **система заряженных тел обладает потенциальной энергией, называемой электростатической или электрической.**

## Работа при перемещении заряда в однородном электростатическом поле



Вычислим работу поля при перемещении положительного заряда  $q$  из точки 1, находящейся на расстоянии  $d_1$  от «-» пластины, в точку 2, расположенную на расстоянии  $d_2$  от нее.

Работа поля положительна и равна:

$$A = F(d_1 - d_2) = qE(d_1 - d_2) = - (qEd_2 - qEd_1)$$



## ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ ЗАРЯЖЕННОГО ТЕЛА В ОДНОРОДНОМ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ ПОЛЕ

**Электростатическая энергия** - потенциальная энергия системы заряженных тел (т.к. они взаимодействуют и способны совершить работу).

$$A = qE\Delta d = qE(d_1 - d_2) = -(qEd_2 - qEd_1)$$

$$A = -\Delta W_{\text{п}} = -(W_{\text{п}2} - W_{\text{п}1}).$$

$$W_{\text{п}} = qEd.$$

$$W_p = qEd$$

$W_p$  – энергия заряда

$q$  – величина заряда

$E$  – напряженность поля

$d$  – расстояние от заряда до нулевого уровня  
потенциальной энергии

**\* Потенциал  
электростатического поля  
и разность потенциалов**

- \* Электростатическое поле, осуществляющее взаимодействие между зарядами, характеризуется двумя характеристиками:
- \* Напряженность поля - силовая характеристика,
- \* Потенциал - энергетическая характеристика.



# Энергетическая характеристика поля

$$W_p = qEd \Rightarrow W_p = W_p(q)$$

Отношение потенциальной энергии  $W_p$  заряда  $q$ , помещенного в данную точку поля, к величине этого заряда не зависит от его значения, и, следовательно, является энергетической характеристикой электростатического поля, названной **потенциалом**:

$$\varphi = \frac{W_p}{q} \left[ \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ Кл}} = 1 \text{ В} \right]$$

$$\varphi = dE$$

Потенциал электростатического поля является величиной скалярной и определяет потенциальную энергию единичного положительного пробного заряда в данной точке поля.



# Разность потенциалов

$$A = qEd_1 - qEd_2 = q(Ed_1 - Ed_2) = q(\varphi_1 - \varphi_2)$$

Разность потенциалов между точками 1 и 2 равна отношению работы поля при перемещении заряда из точки 1 в точку 2 к величине этого заряда:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A}{q}$$

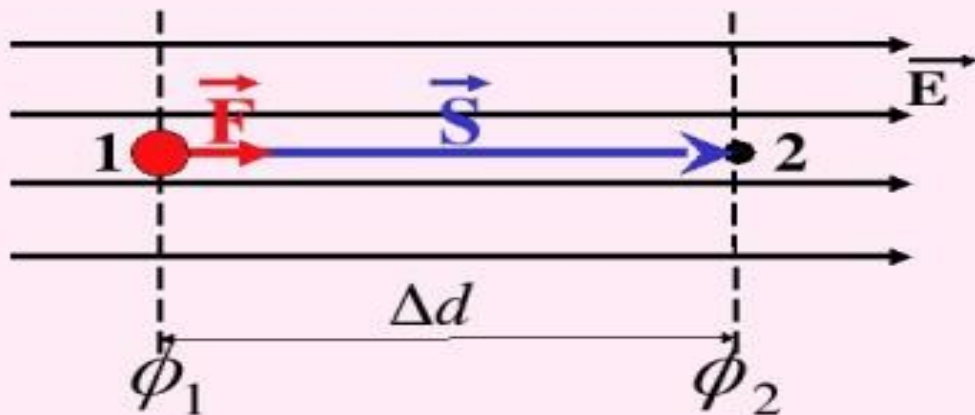
Разность потенциалов называют напряжением и обозначают  $U$ :

$$U = \frac{A}{q} \quad \left[ 1\text{В} = \frac{1\text{Дж}}{1\text{Кл}} \right]$$

Если разность потенциалов равна 1 В, то при перемещении заряда в 1 Кл из одной точки в другую электрическое поле совершает работу 1 Дж.

# \*Связь между напряженностью и разностью потенциалов.

## Работа эл. поля по перемещению эл. заряда



$$\phi_1 - \phi_2 = \Delta\phi = U$$

$[U] = \text{В}$  - напряжение

$$A = qU$$

$$A = Eq\Delta d$$

$$E = \frac{U}{\Delta d}$$

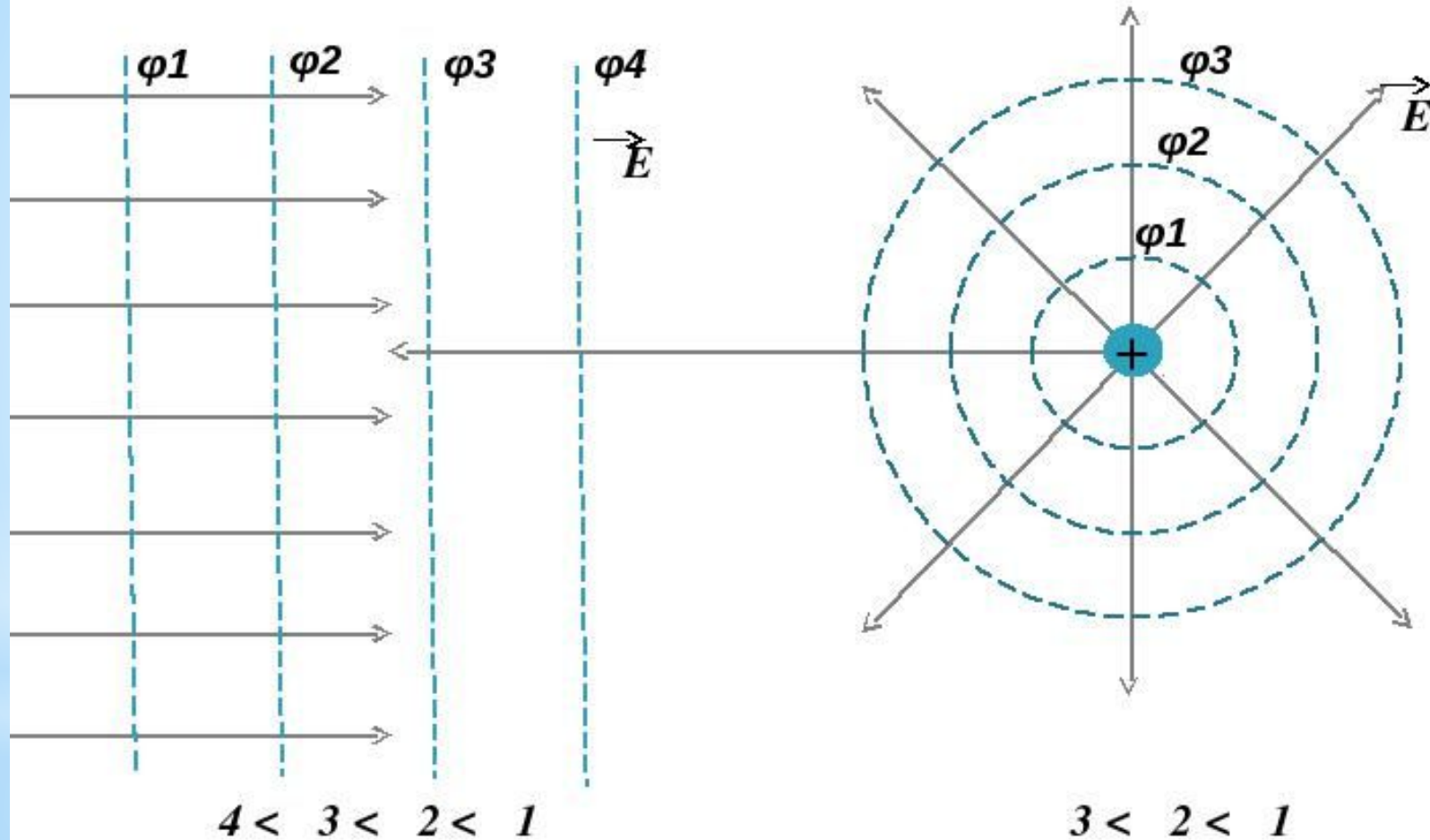
$$[E] = \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

$$A = -\Delta W_E = -(W_{E2} - W_{E1})$$

$$W_E = q\phi$$

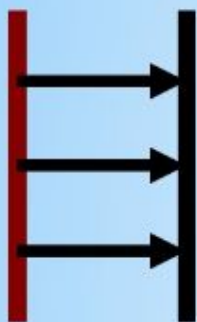
$$A = q\phi_1 - q\phi_2 = q(\phi_1 - \phi_2)$$

# Примеры эквипотенциальных поверхностей





**\* Электроемкость.  
Единицы электроемкости.  
Конденсатор.**



## \* Электроёмкость

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

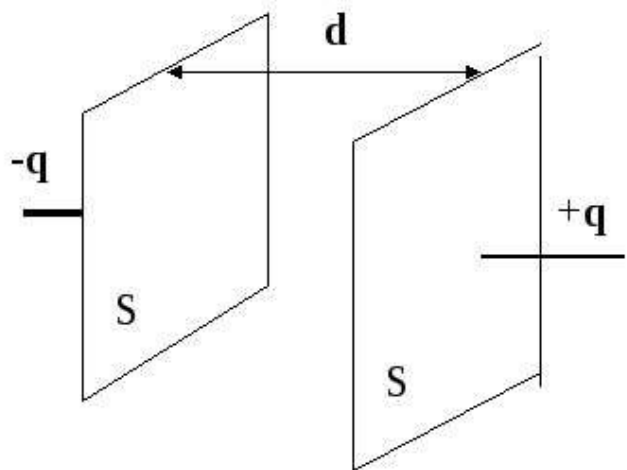
$$1\Phi = \frac{1\text{Кл}}{1\text{В}}$$

**Электроёмкость** – физическая величина, определяемая отношением заряда одного из проводников к разности потенциалов (напряжения) между этим проводником и соседним.

**Единица электроёмкости в СИ- фарад**

Большой емкостью обладают системы из двух проводников, называемые **конденсаторами**

**Конденсатор** представляет собой два проводника, разделенные слоем диэлектрика. Проводники в этом случае называются **обкладками конденсатора**.



Плоский  
конденсатор

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$$

**$C = \epsilon \epsilon_0 S / d$**  –емкость плоского конденсатора

1. Электрическое поле сосредоточено внутри конденсатора.
2. У сферического конденсатора, состоящего из двух concentric сфер, все поле сосредоточено между ними.
3. Под зарядом конденсатора понимают абсолютное значение заряда одной из обкладок.

# Електроємкость плоского конденсатора

$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$$

$\varepsilon$  – діелектрична проникність діелектрика, заповнюющего конденсатор

$\varepsilon_0$  – електрична постійна,

$S$  – площа одної из пластин,

$d$  – відстань між пластинами.



$$W_p = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$$

$W_p$  – энергия электрического поля заряженного конденсатора

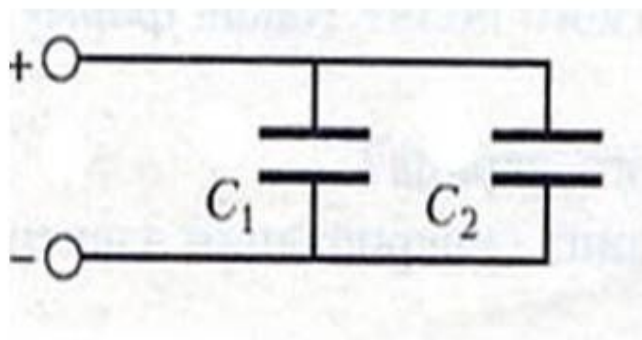
$q$  – модуль заряда любого из проводников конденсатора

$U$  – разность потенциалов между проводниками

$C$  – емкость конденсатора

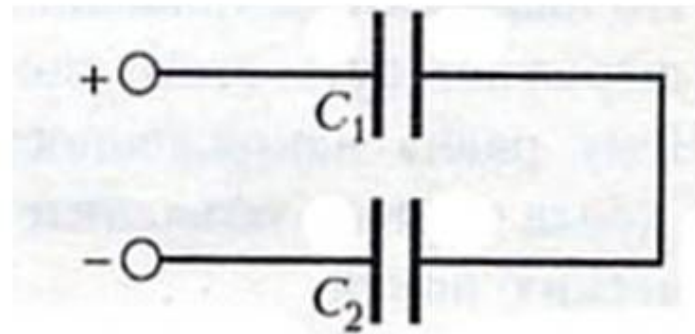
# Включение конденсаторов в электрическую цепь

параллельное



$$C = C_1 + C_2.$$

последовательное



$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}.$$