

ВЕЩЕСТВО В ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ ПОЛЕ

Проводники в поле

Проводниками называют
вещества, в которых есть
свободные заряды, способные
перемещаться внутри
проводника на
макроскопические расстояния.

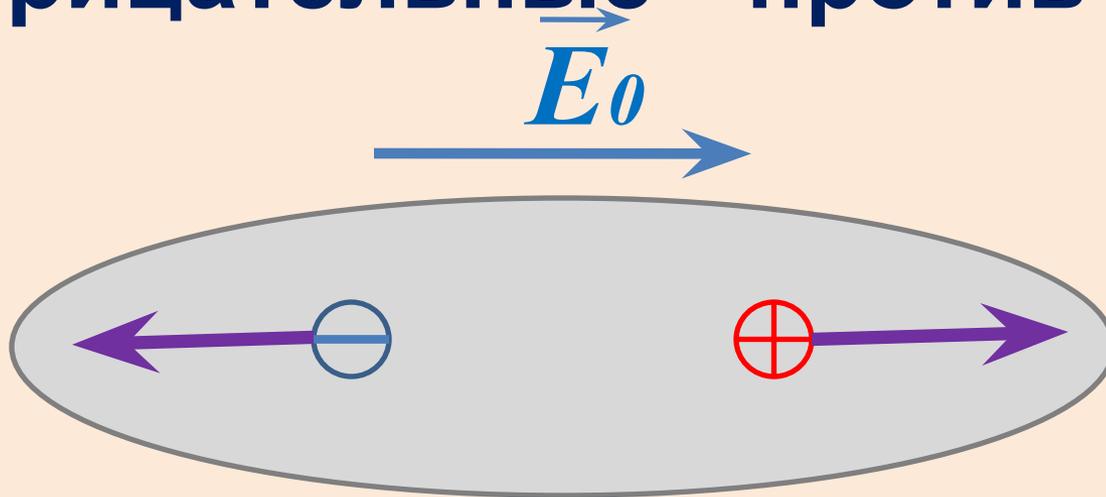
• **Металлы (свободные заряды — электроны);**

• **Растворы электролитов, т. е. растворы кислот, щелочей и солей (свободные заряды — гидрати-рованные ионы обоих знаков);**

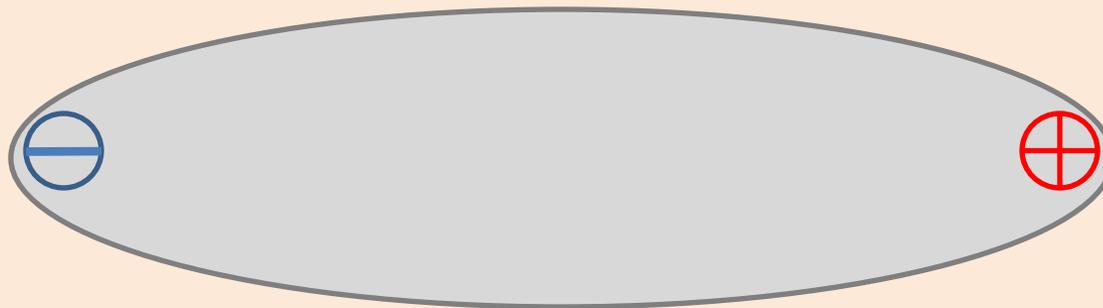
• **Расплавы солей (ионы обоих знаков);**

• **Ионизированные газы, т. е. газы, в которых кроме нейтральных молекул**

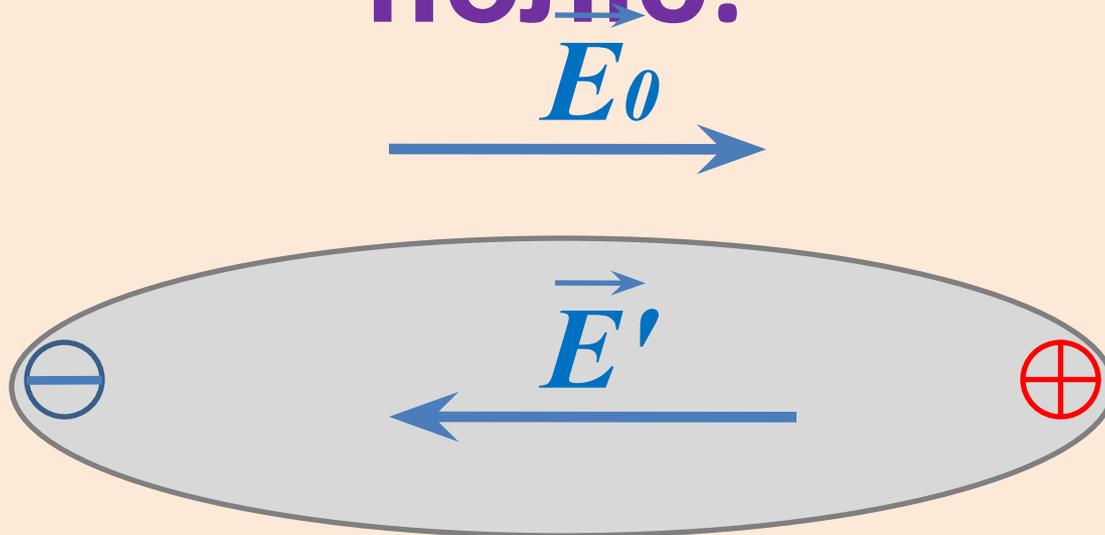
**При внесении проводника в
электрическое поле носители заряда
приходят в движение
(положительные – в направлении
поля, отрицательные – против поля).**



В результате у концов проводника
возникают заряды
противоположного знака,
называемые индуцированными
зарядами. Это явление разделения
свободных зарядов называют
электростатической индукцией.



Поле индуцированных
зарядов направлено
противоположно внешнему
полю.



Перераспределение зарядов происходит до тех пор, пока напряженность поля внутри проводника не станет равной нулю.

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

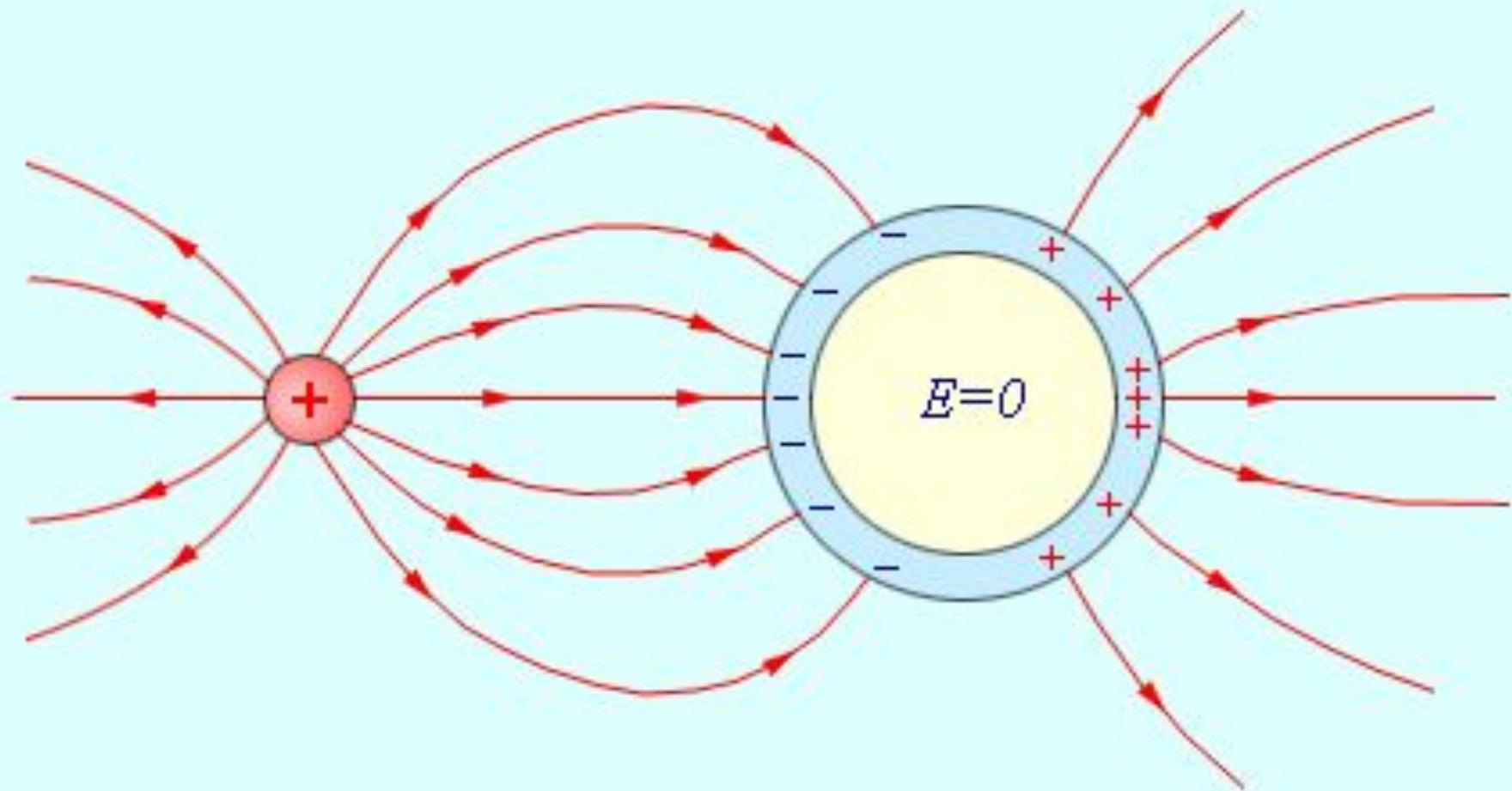
$$\vec{E} = -\text{grad}\varphi = 0$$

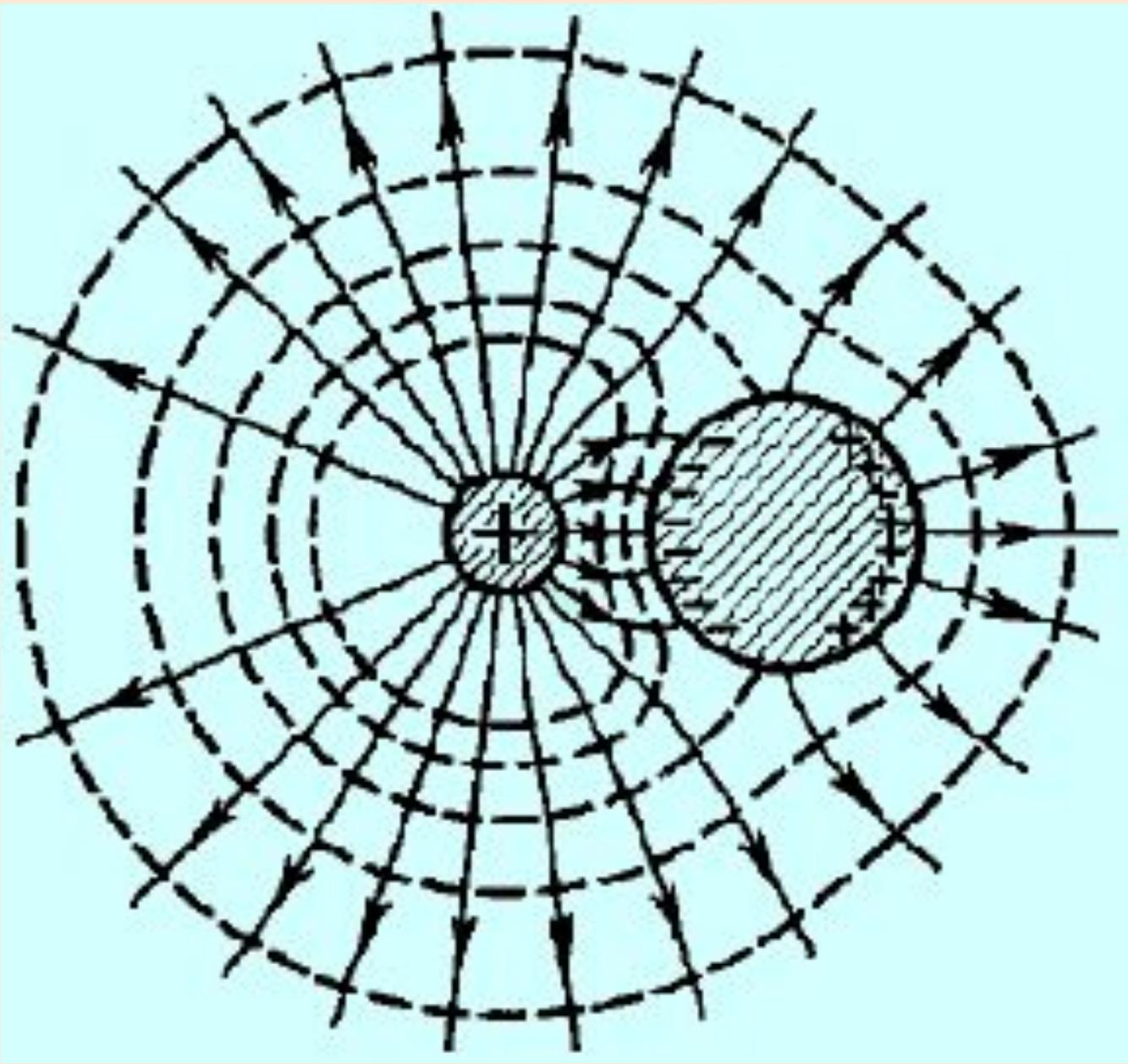
значит

$$\varphi = \text{const.}$$

**Проводник —
эквипотенциальное
тело, поверхность
проводника —
эквипотенциальная
поверхность.**

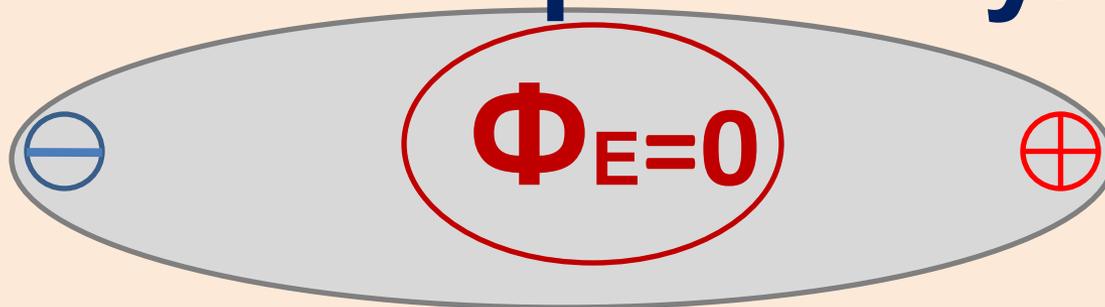
**К такой поверхности
силовые линии могут
подходить только под
прямым углом.**



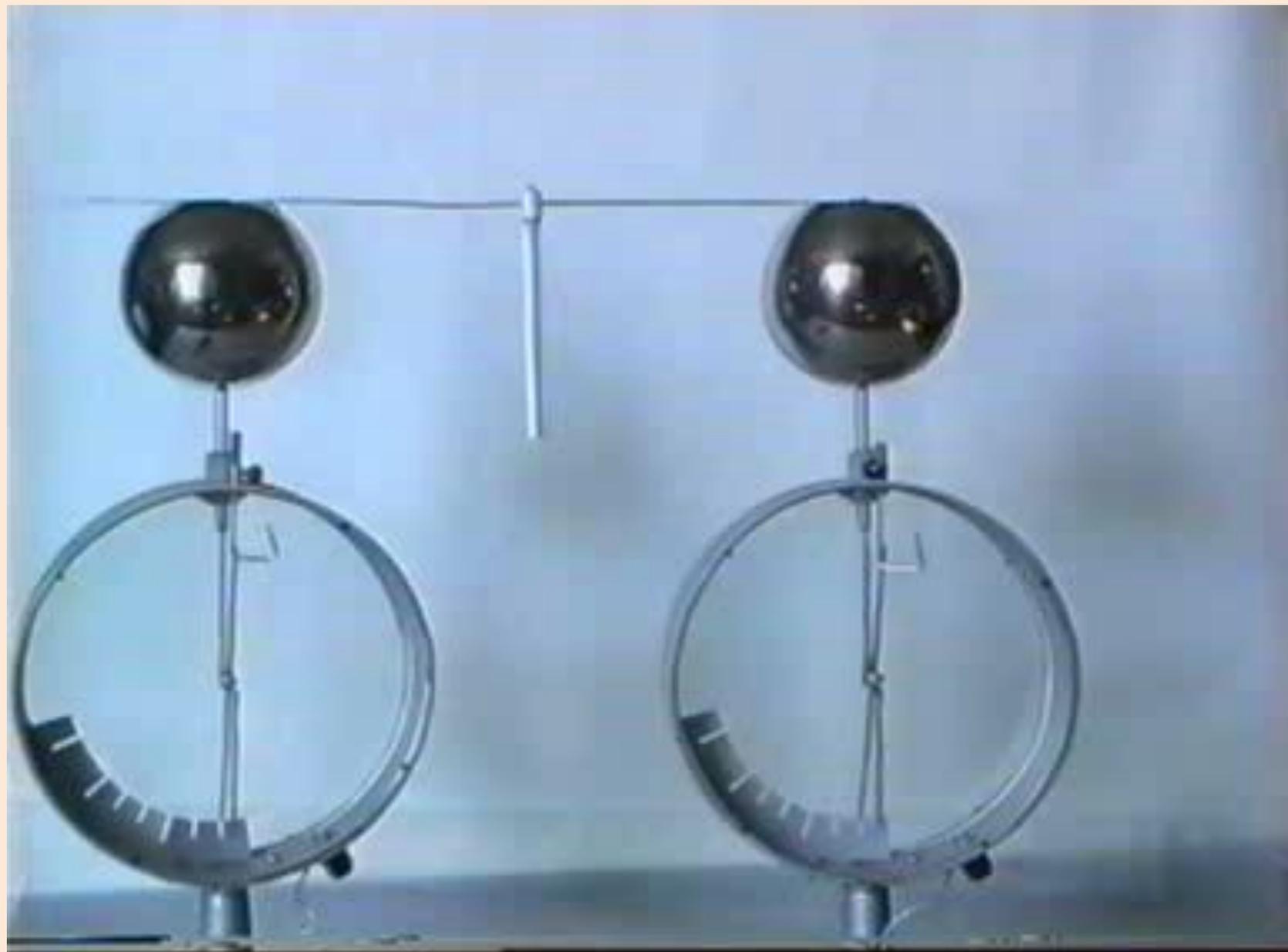


**Индукцированные заряды
всегда распределяются в
ТОНКОМ
приповерхностном слое
проводника. Это легко
показать по теореме
Гаусса.**

Как бы мы ни провели замкнутую поверхность внутри проводника, поток сквозь нее равен нулю.

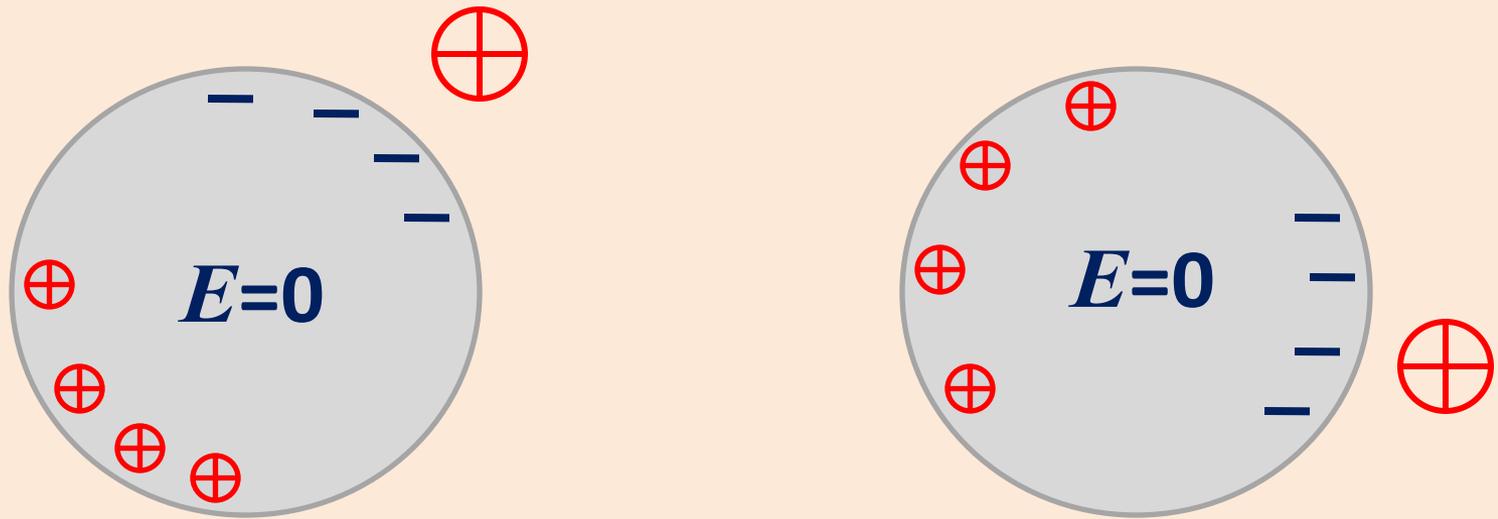


Значит, равен нулю и заряд внутри этой поверхности.



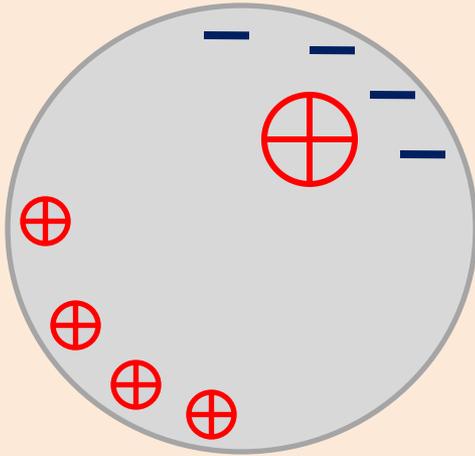


Свойства замкнутой проводящей оболочки

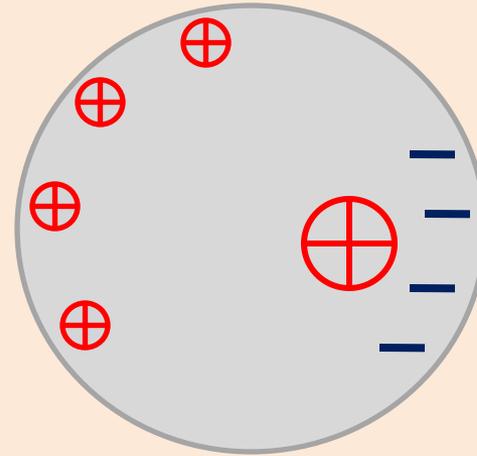


При любом изменении поля
снаружи, поле внутри
равно нулю.

$$E=0$$



$$E=0$$



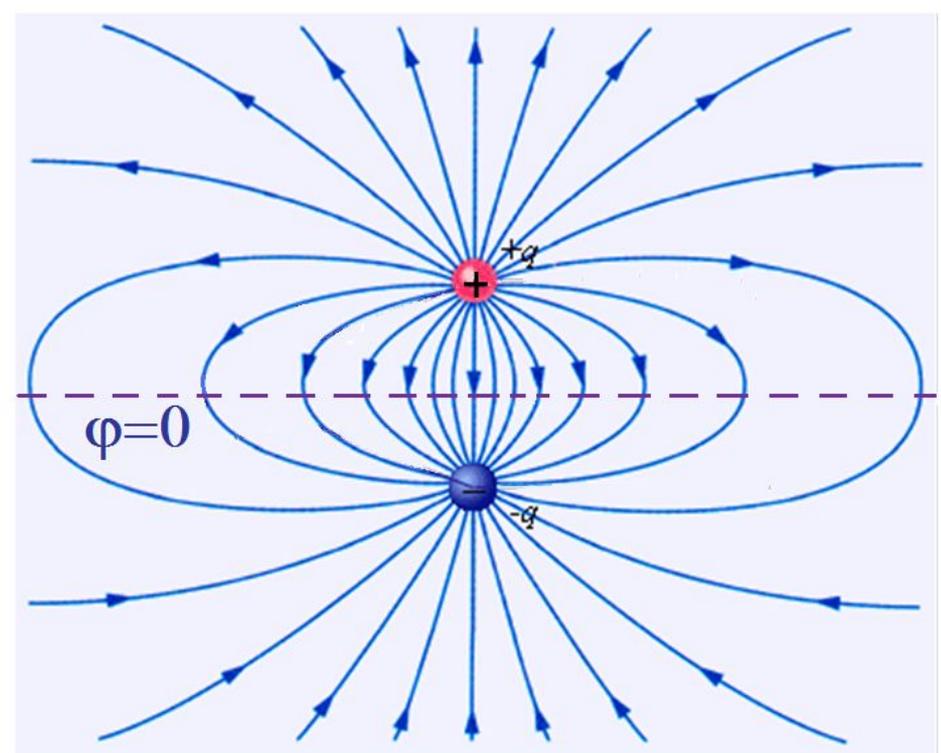
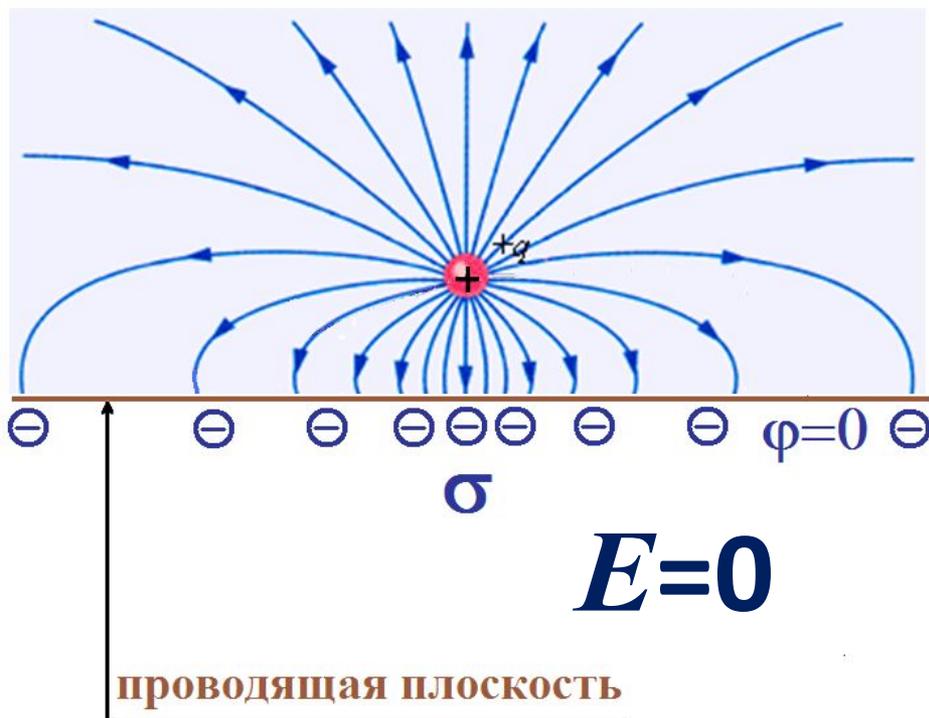
**И при любом изменении
поля внутри, поле снаружи
не меняется.**

**Замкнутая проводящая
оболочка делит
пространство на две
области, в
электрическом
отношении не
зависящие друг от
друга**

**На этом принципе
основана
электростатическая
защита приборов
(экранирование).
Корпус – всегда
проводящий.**

**Частный случай такой
оболочки –
бесконечная
проводящая
плоскость.**

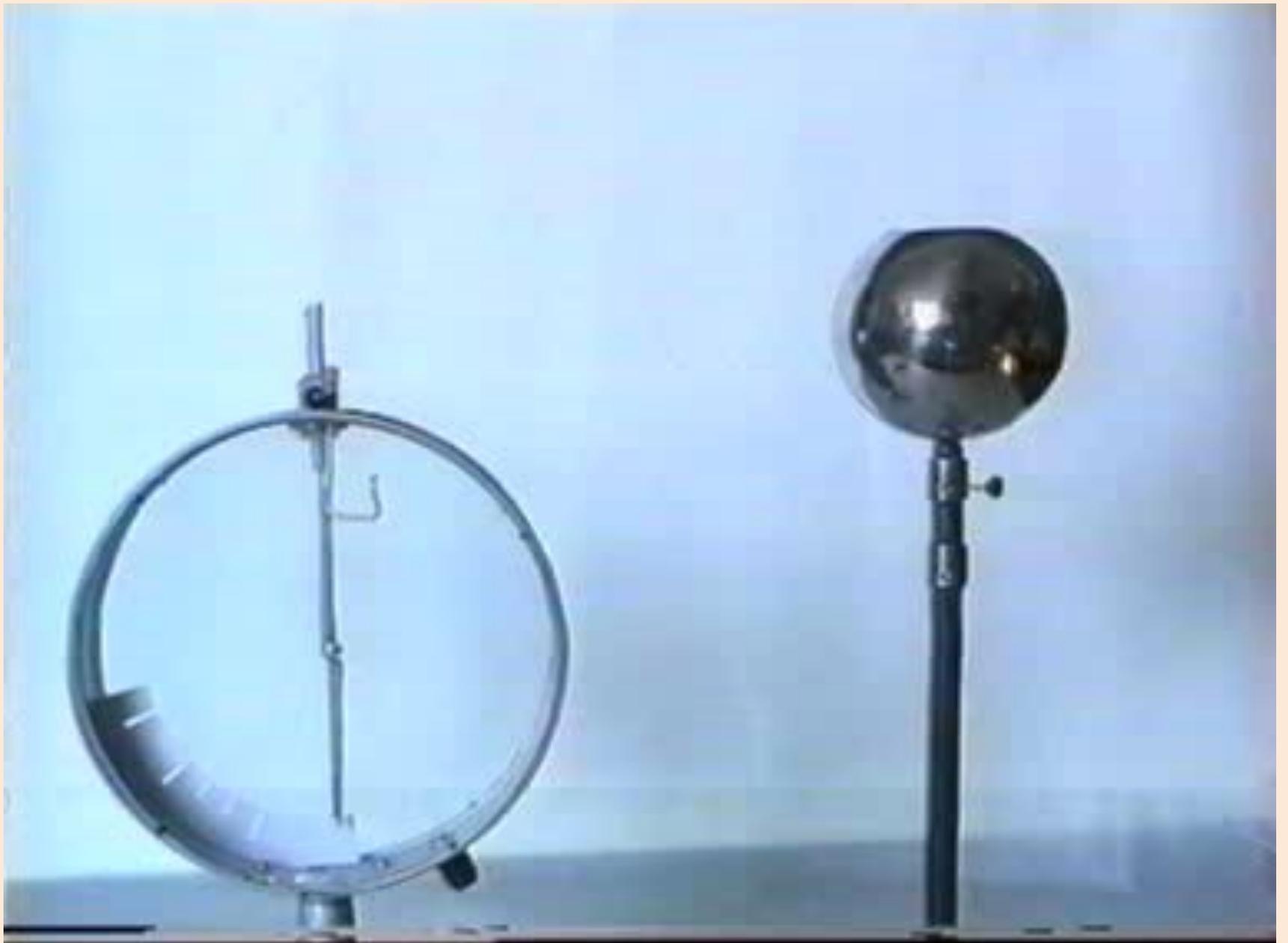
Метод изображений

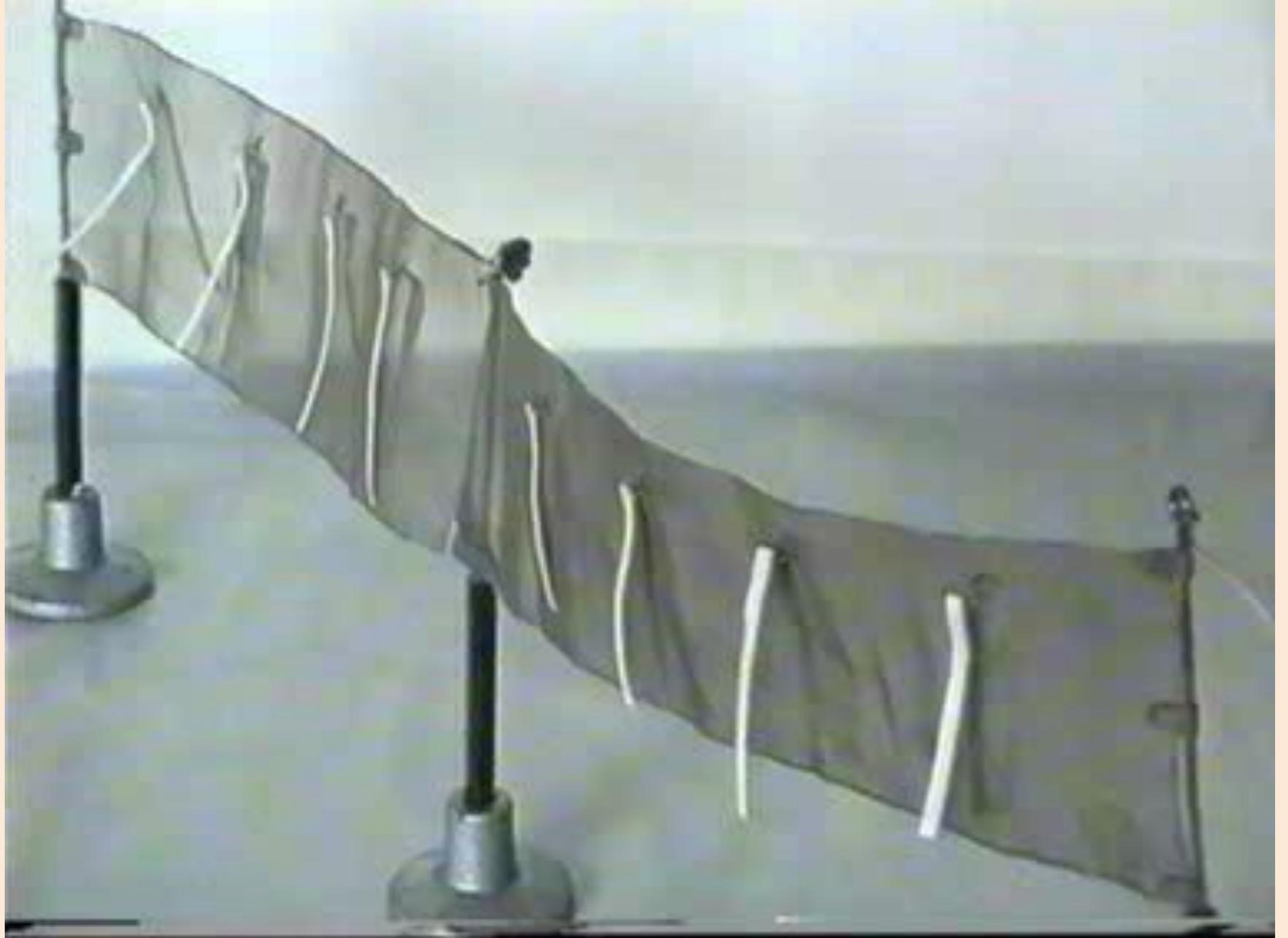


В верхнем
полупространстве поле

Поле заряженного проводника

**Вследствие отталкивания
одноименных зарядов заряд,
сообщенный проводнику,
всегда располагается на его
внешней поверхности и не
создает поля внутри
проводника.**



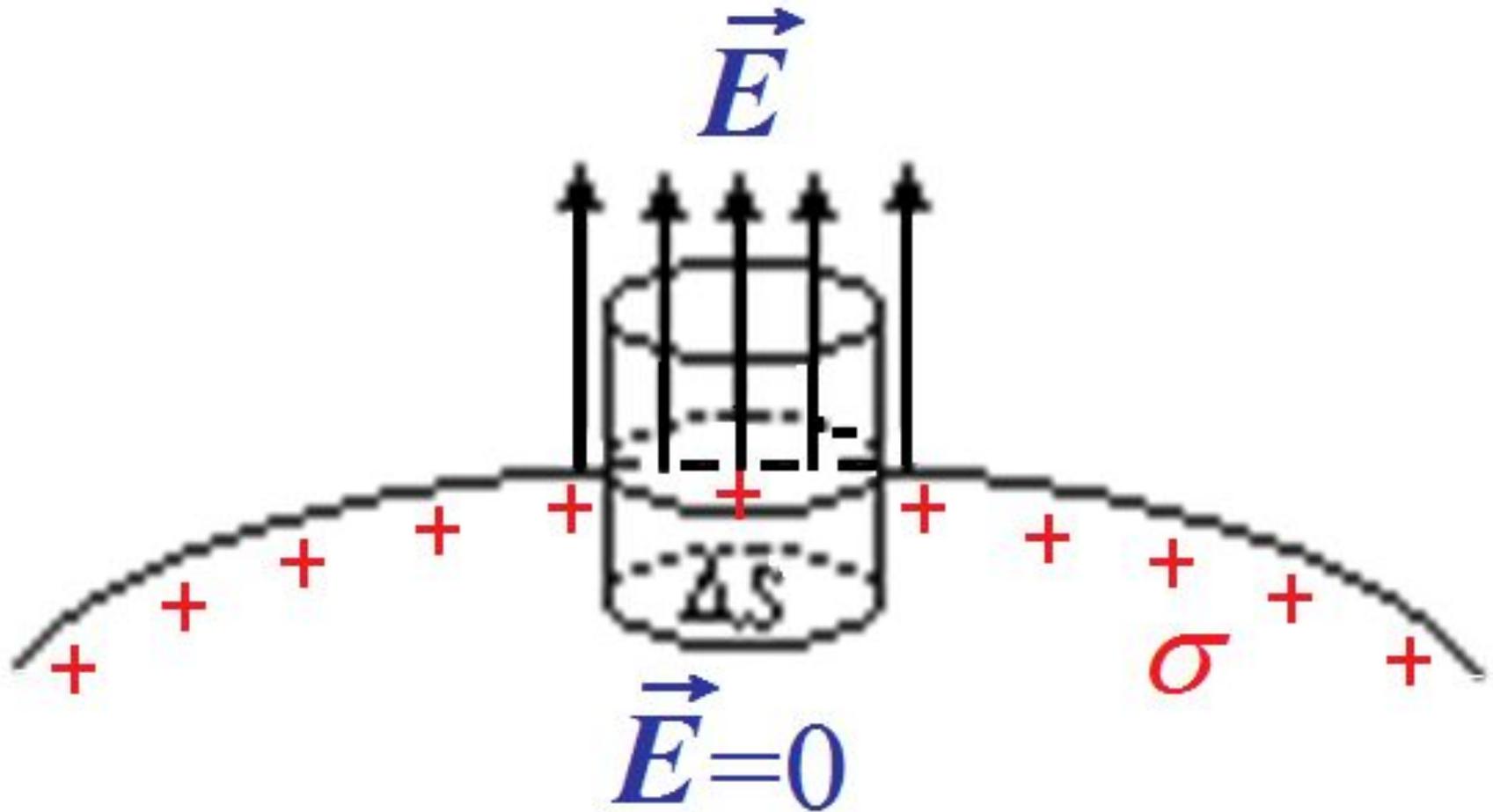


А так
$$\vec{E} = -\frac{d\varphi}{dn} \vec{n} = 0,$$

то потенциал во всех точках проводника одинаков.

Силловые линии поля заряженного проводника перпендикулярны его поверхности.

Найдем поле у поверхности
заряженного проводника:



**Возьмем замкнутую
поверхность в виде маленького
цилиндра и частично “утопим”
его в проводник.**

**Вклад в поток дает только
верхнее дно цилиндра.**

По теореме Гаусса $\Phi_E = E\Delta S = \frac{\sigma\Delta S}{\epsilon_0}$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

В диэлектрической среде

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

Выразим поверхностную плотность заряда σ через потенциал проводника.

Если проводник – шар, то :

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 R} = \frac{\sigma S}{4\pi\varepsilon_0 R} = \frac{\sigma \cdot 4\pi R^2}{4\pi\varepsilon_0 R}$$

$$\sigma = \frac{\varepsilon_0 \varphi}{R}$$

При заданном потенциале σ обратно пропорциональна радиусу шара R .

$$\sigma \propto \frac{1}{R}$$

Поверхностная плотность заряда больше там, где меньше R , т. е., где поверхность искривлена сильнее. В этих же местах больше и напряженность электрического поля.







Электроемкос

Электроемкос ~~Т~~ ~~у~~ ~~единенного~~

Между зарядом проводника и его потенциалом существует прямая пропорциональная зависимость

$$q \sim \phi.$$

Или $q =$

$C\phi.$

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

электроемкостью

уединенного проводника.

Она численно равна
заряду, повышающему
потенциал проводника на

**Емкость зависит от
размеров и формы
проводника.
Единица емкости в СИ -
1 Фарад.**

$$\Phi = \frac{Кл}{В}$$

Емкость

шара

Для проводящего
шара

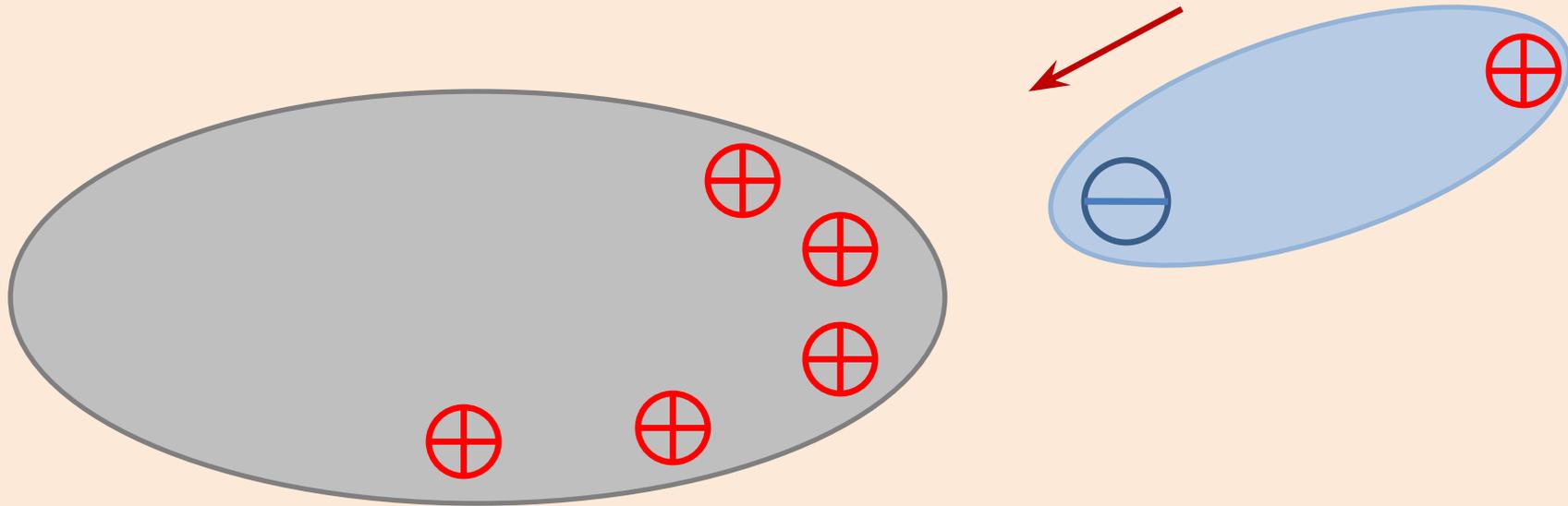
$$q = 4\pi\varepsilon_0 R\varphi.$$

Тогда $C = 4\pi\varepsilon_0 R.$

В диэлектрической среде $C = 4\pi\varepsilon\varepsilon_0 R.$



Конденсаторы



При приближении к проводнику других тел его потенциал уменьшается.

Значит, $C = \frac{q}{\varphi}$ его емкость



Проводник в поле. Поле проводника.

Для получения большой емкости делают конденсаторы.

Конденсатор состоит из двух проводников (обкладок), расположенных на малом расстоянии друг от друга.



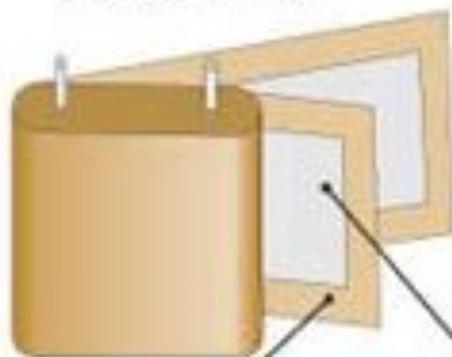
ВИДЫ КОНДЕНСАТОРОВ

БУМАЖНЫЙ

Внешний вид



Внутреннее устройство



Парафинированная бумага

ПЕРЕМЕННОЙ ЕМКОСТИ



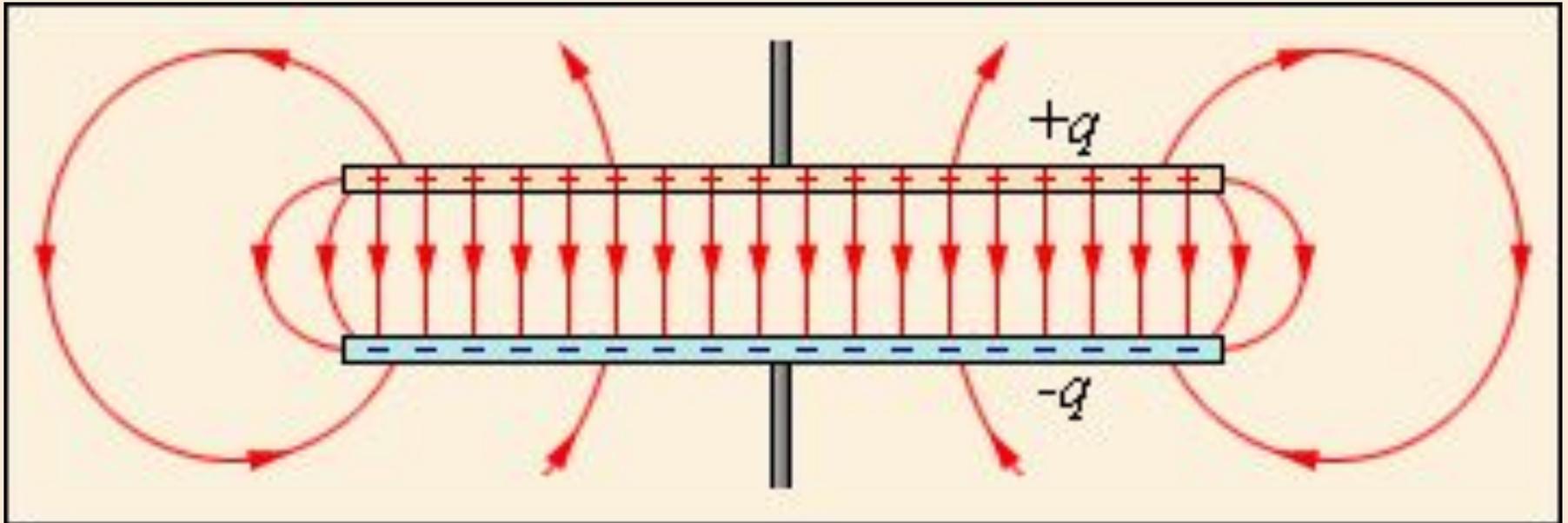
Алюминиевая фольга

ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИЙ

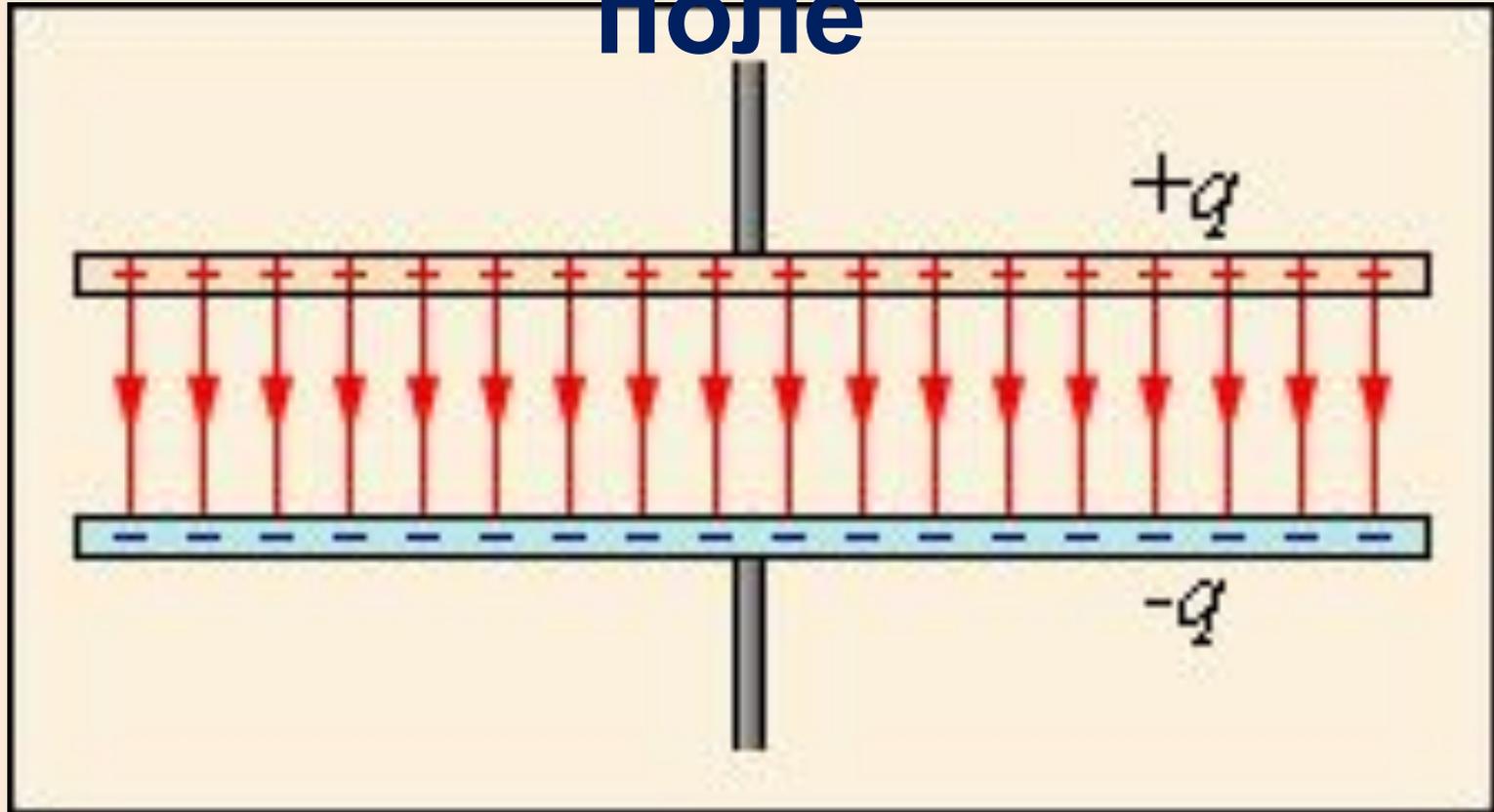


**Емкость конденсатора не
зависит от окружения, т. к.
поле сосредоточено
между обкладками.**

Поле плоского конденсатора



Идеализированное поле



**Емкость конденсатора равна
отношению заряда
конденсатора к разности
потенциалов между
обкладками**

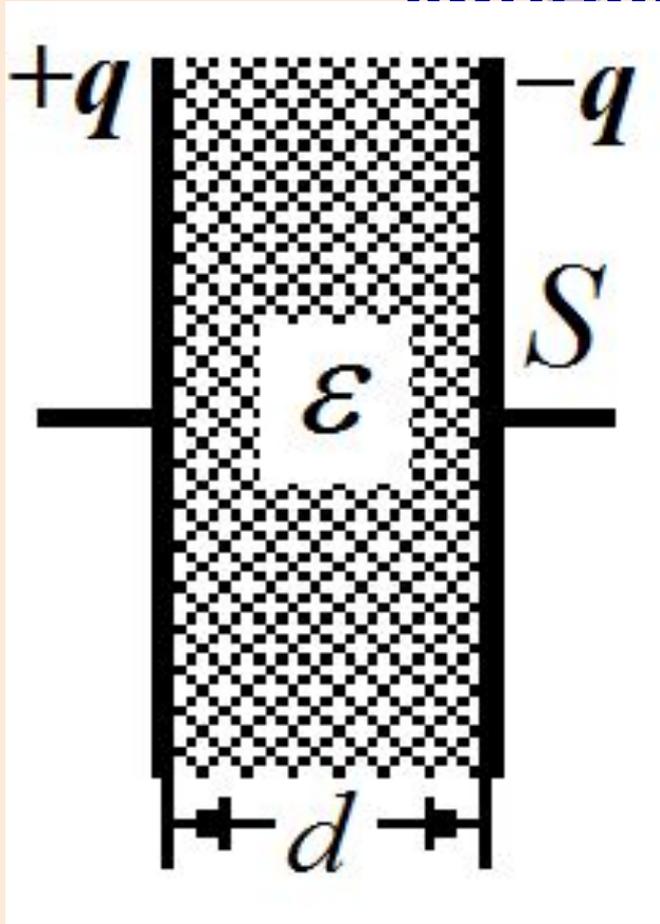
$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} = \frac{q}{U}.$$

1. Ёмкость плоского конденсатора

Заряд конденсатора

конденсатора

$$q = \sigma S;$$



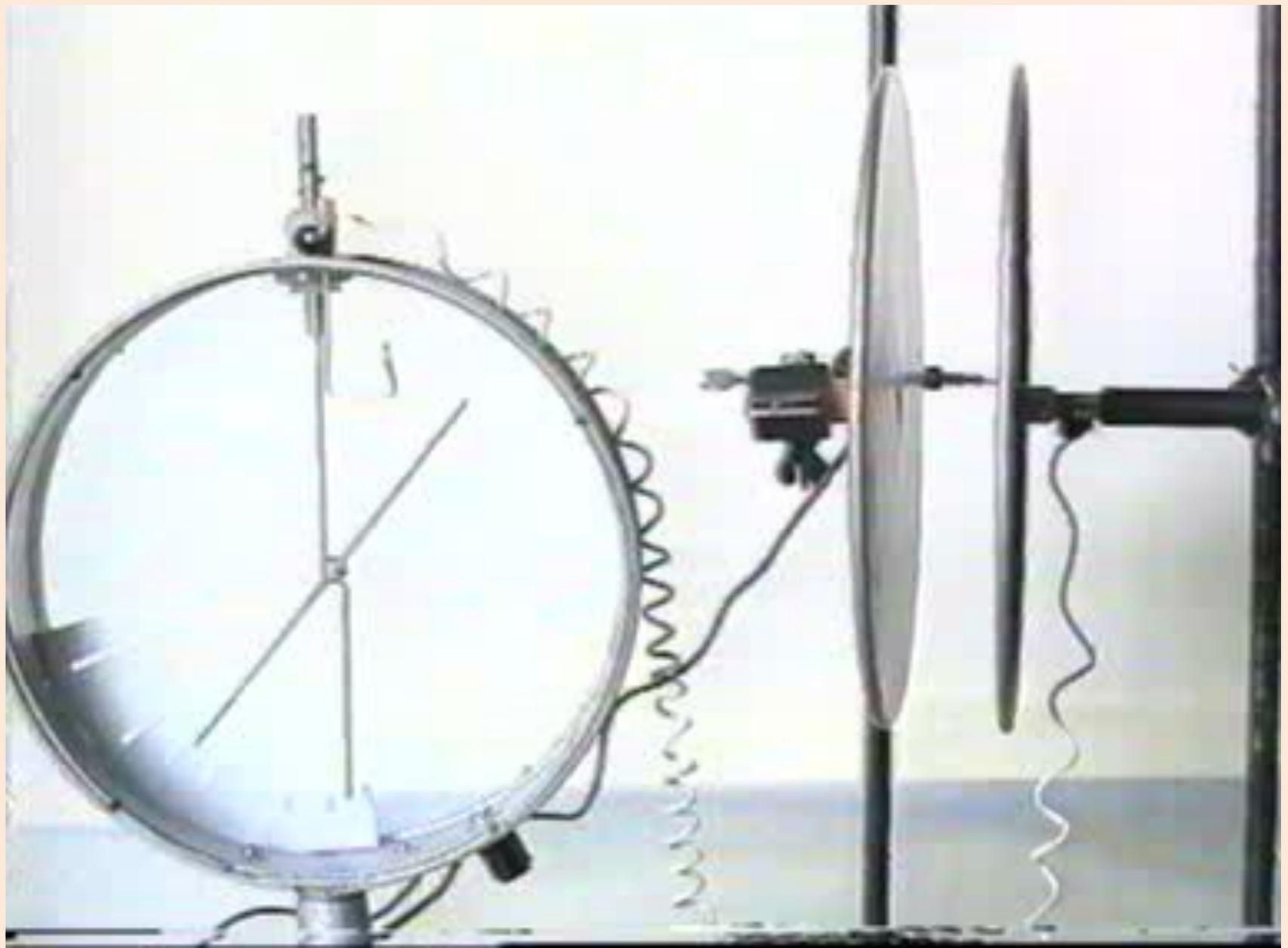
ТОГДА

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon\epsilon_0}, \text{ а}$$

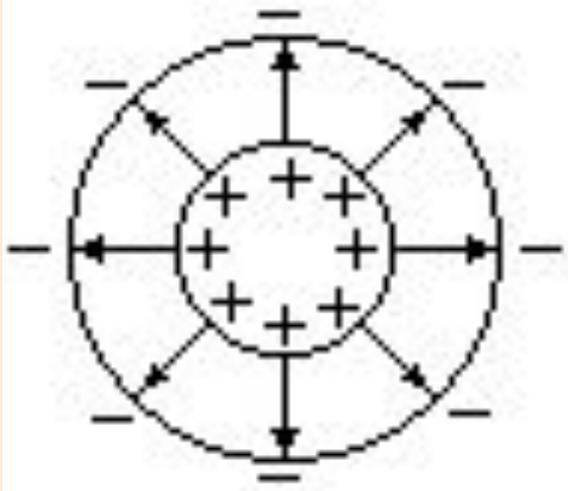
$$\varphi_1 - \varphi_2 = Ed = \frac{\sigma}{\epsilon\epsilon_0} d.$$

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} = \frac{\sigma S}{\frac{\sigma d}{\epsilon\epsilon_0}}.$$

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



2. Емкость сферического конденсатора



R_1 - радиус внутренней обкладки,

R_2 - радиус внешней обкладки.

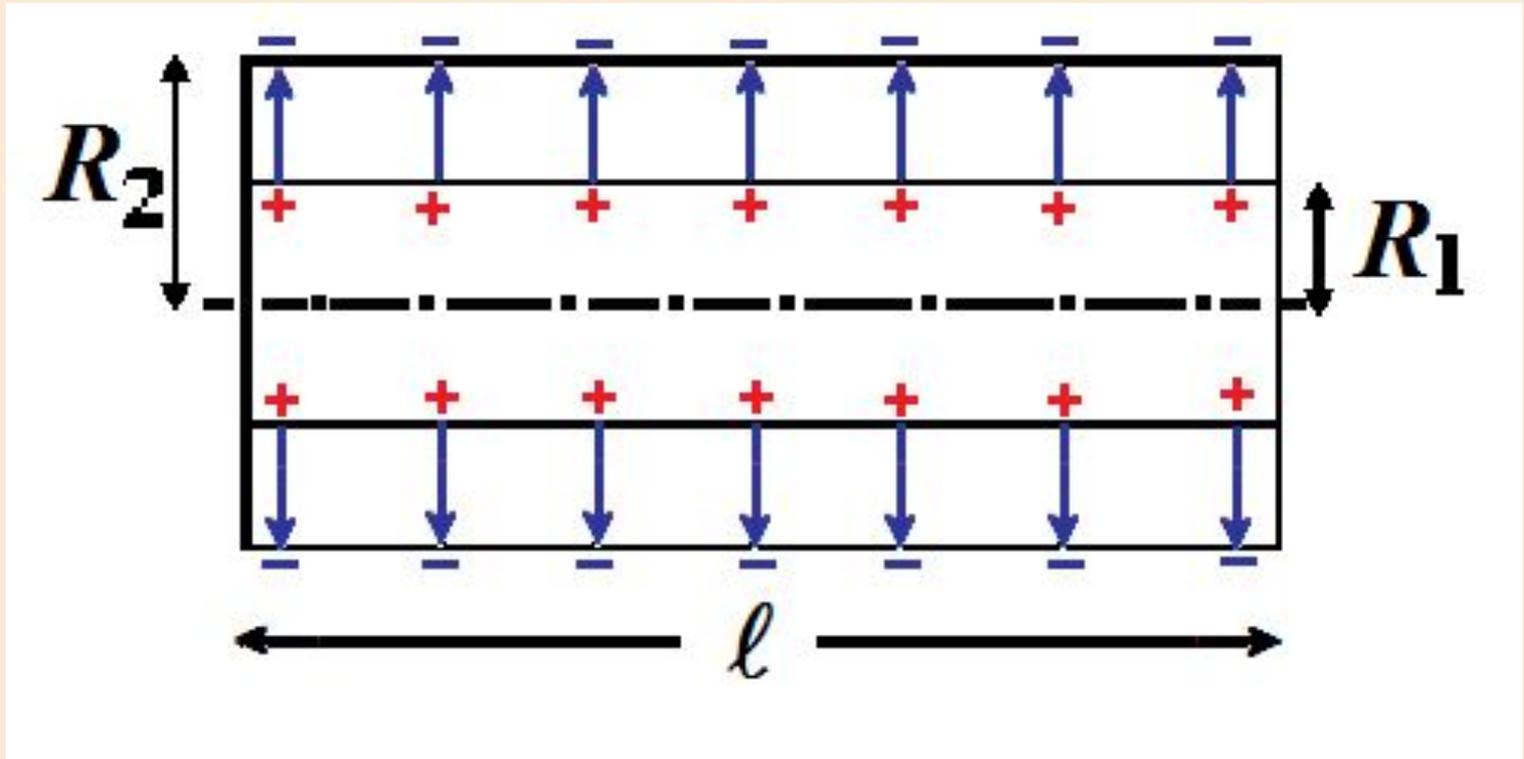
$$U = \int_{R_1}^{R_2} \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2} dr = \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2};$$

$$C = \frac{q}{\frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)};$$

$$C = 4\pi\epsilon\epsilon_0 \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1}$$

3. Ёмкость цилиндрического конденсатора



$$\varphi_1 - \varphi_2 = \int_{R_1}^{R_2} \frac{\lambda}{2\pi\epsilon\epsilon_0 r} dr = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon\epsilon_0} \ln \frac{R_2}{R_1}$$

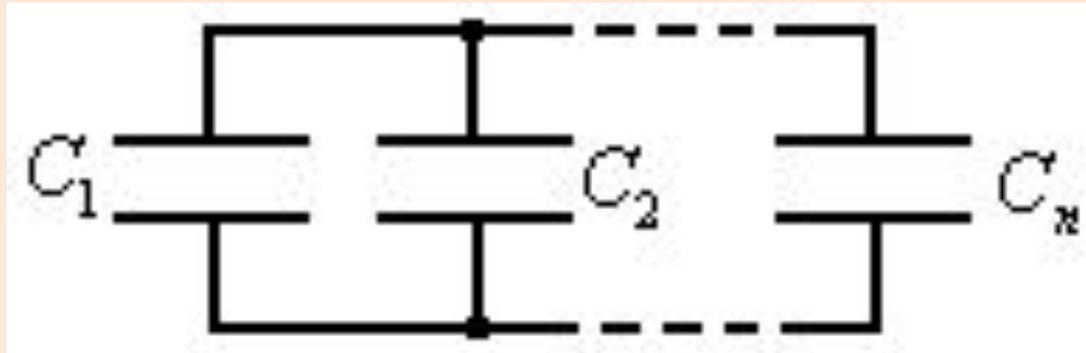
$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2};$$

$$C = \frac{\lambda \ell}{\frac{\lambda}{2\pi\epsilon\epsilon_0} \ln \frac{R_2}{R_1}};$$

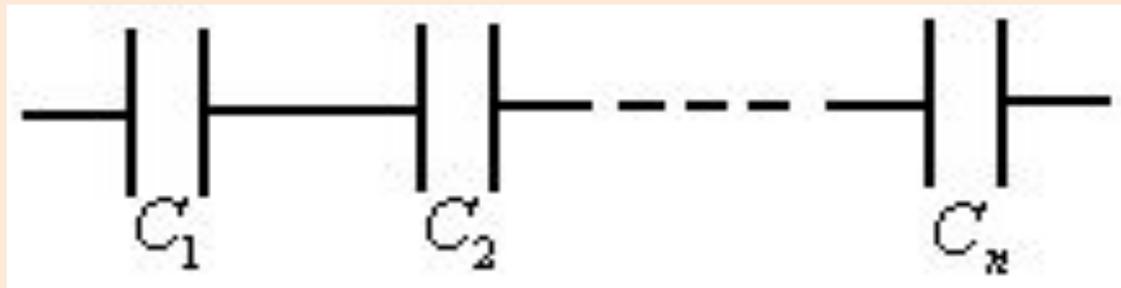
$$C = \frac{2\pi\epsilon\epsilon_0 \ell}{\ln \frac{R_2}{R_1}}.$$

Соединение конденсаторов

1) параллельное

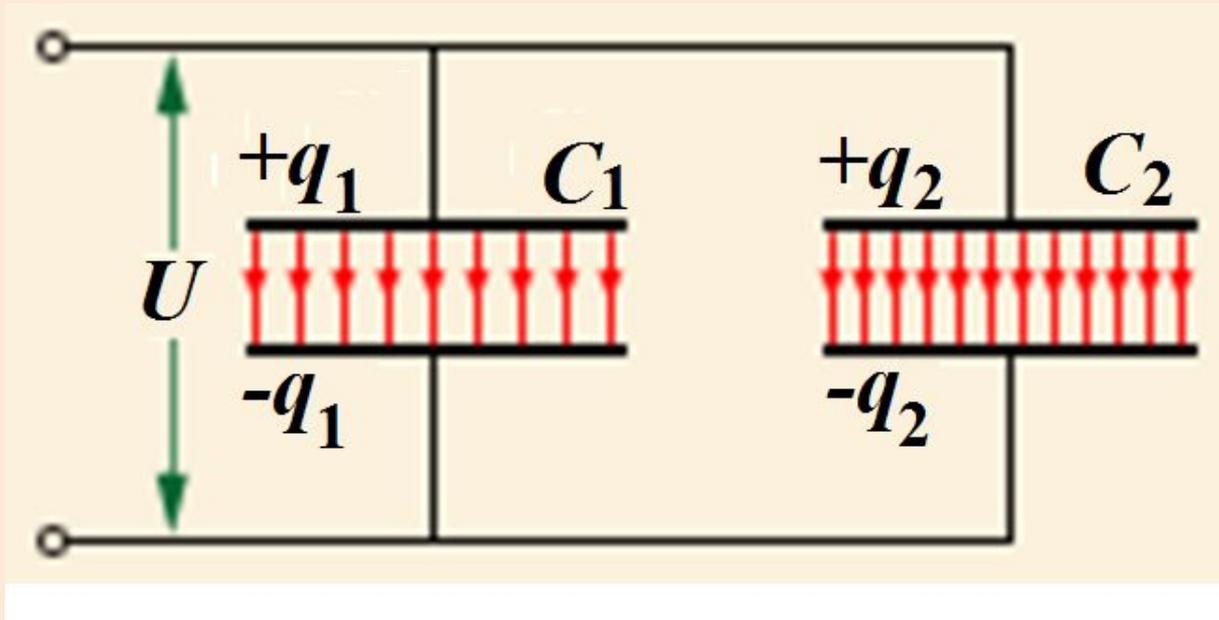


2) последовательное



Найдем емкость батареи.

1) параллельное соединение;

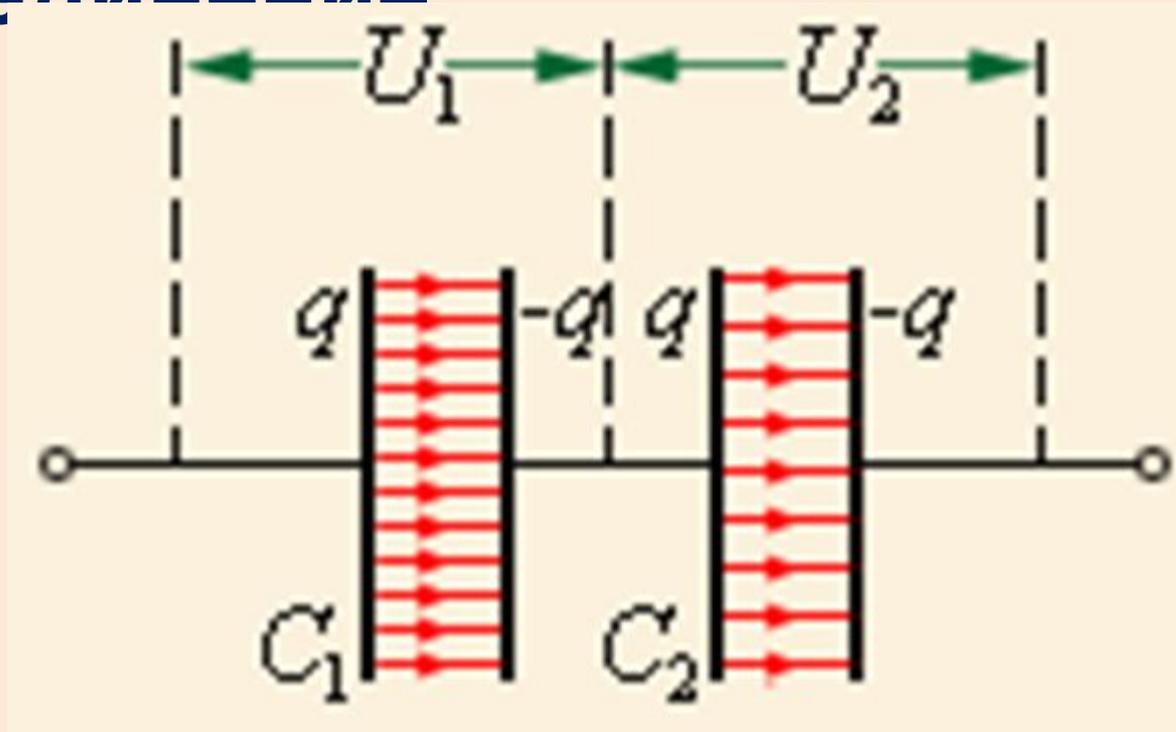


Разность потенциалов на
каждом конденсаторе
одинакова

$$C_{\bar{o}} = \frac{q_{\bar{o}}}{U} = \frac{q_1 + q_2}{U} = \frac{C_1 U + C_2 U}{U} = C_1 + C_2$$

$$C_{\bar{o}} = C_1 + C_2 + \boxed{} + C_n$$

1) последовательное соединение.



Заряд на каждом
конденсаторе одинаков.

$$\frac{1}{C_6} = \frac{U}{q} = \frac{U_1 + U_2}{q} = \frac{U_1}{q} + \frac{U_2}{q} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$$\frac{1}{C_6} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \boxed{} + \frac{1}{C_n}$$