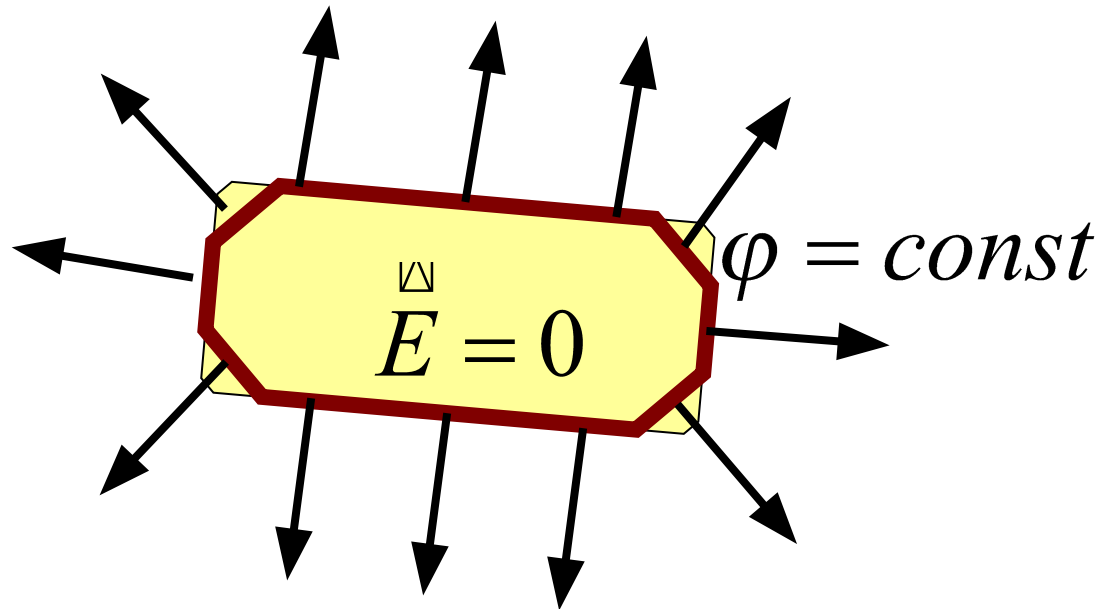


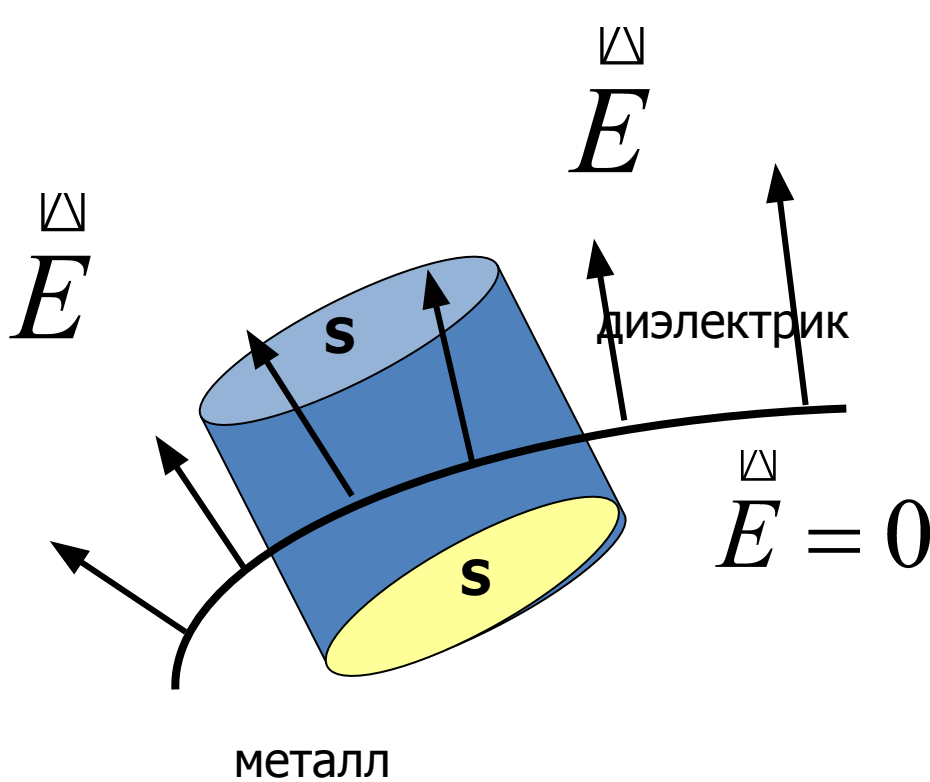
ПРОВОДНИКИ В  
ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ  
ПОЛЕ

- Под действием электрического поля заряды в проводнике начинают перемещаться
  - Перемещение зарядов происходит до тех пор, пока в проводнике не установится равновесное распределение зарядов
  - При равновесном распределении зарядов поле внутри проводника равно нулю.



- Поверхность проводника – эквипотенциальная поверхность
- Напряженность снаружи проводника в каждой точке направлена по нормали к поверхности

- Если проводнику сообщить заряд, то нескомпенсированные заряды располагаются только по поверхности проводника



$$\oiint_S (\vec{D} \cdot d\vec{S}) = \sum Q_{in}$$

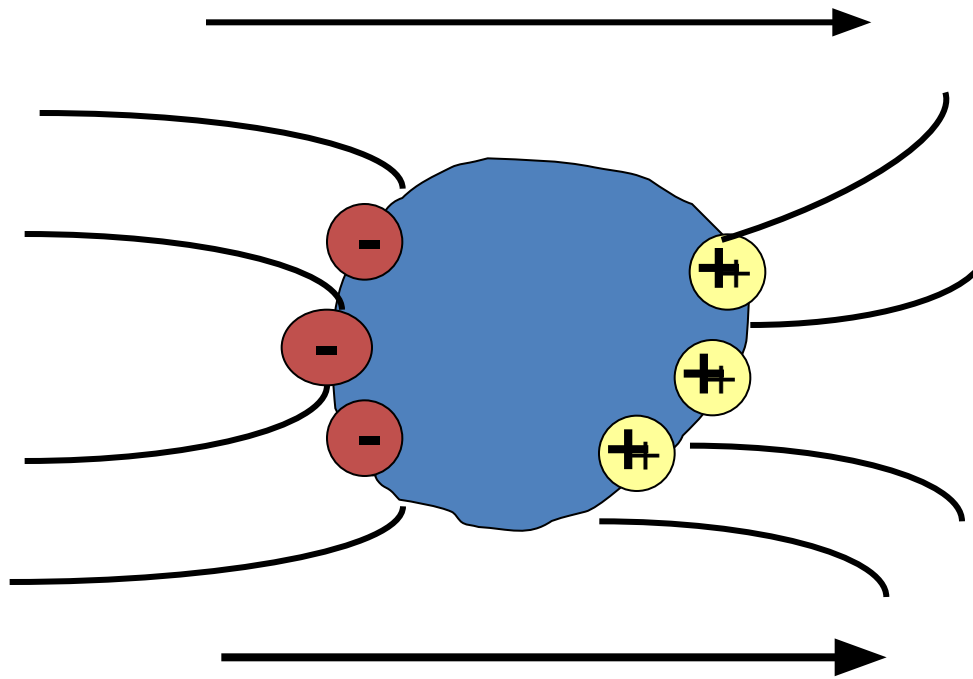
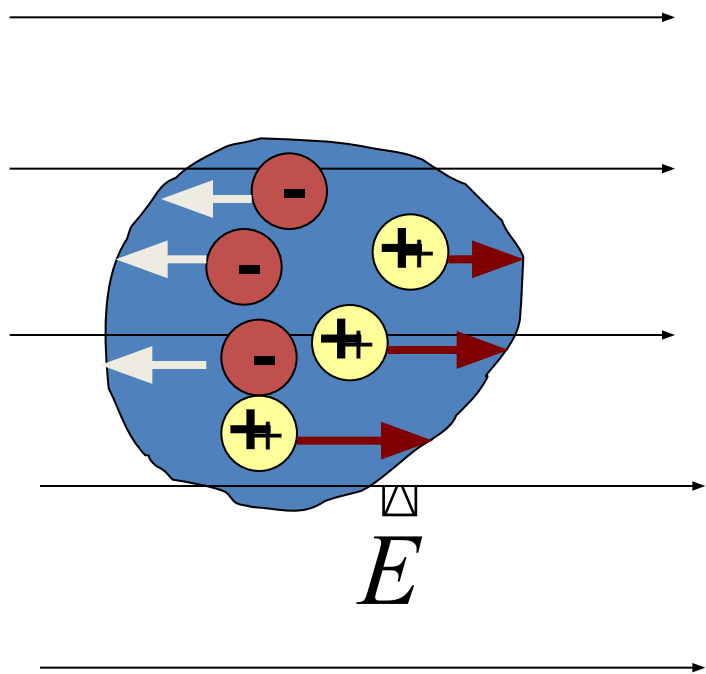
$$D \cdot S + 0 = \sigma S$$

$$D = \sigma$$

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

- Напряженность у поверхности проводника любой формы определяется поверхностной плотностью свободных зарядов

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon\varepsilon_0}$$



Заряды называются индуцированными

Заряды называются **индуцированными** и распределяются **по поверхности** проводника

Нейтральный проводник, внесенный в электростатическое поле, **разрывает линии напряженности**: они начинаются на положительных индуцированных зарядах и заканчиваются на отрицательных

# ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЕМКОСТЬ УЕДИНЕННОГО ПРОВОДНИКА

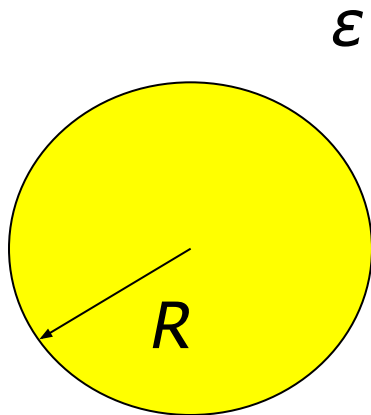


- Емкость  
уединенного  
проводника – это  
заряд, который  
необходимо  
сообщить  
проводнику, чтобы  
изменить его  
потенциал на  
единицу.

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

- Емкость проводника зависит от размеров и формы, но не зависит от типа материала и агрегатного состояния проводника
- Единица измерения емкости - **фарад**

# ПРИМЕР: емкость шара



$$C = 1 \text{ Ф} \quad R = 9 \cdot 10^6 \text{ км}$$

Емкость Земли 0.6 мкФ

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

$$\varphi = \frac{kQ}{\varepsilon R}$$

$$C = \frac{Q}{\varphi} = k\varepsilon R$$

# Конденсаторы

- Конденсаторами называются устройства, обладающие большой емкостью
- Конденсаторы, должны иметь такую форму, чтобы все поле было сосредоточено между пластинами

Конденсаторы бывают

Плоскими

Сферическими

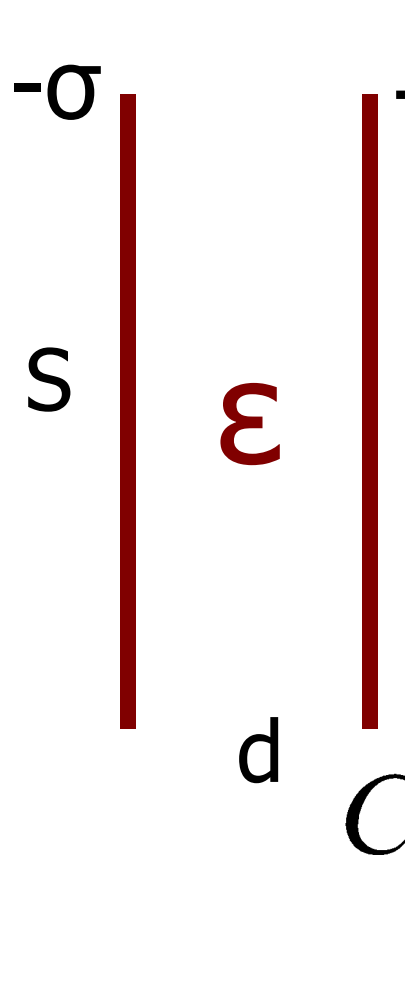
Цилиндрическими

# Емкость конденсатора

$$C = \frac{Q}{\varphi_1 - \varphi_2}$$

$\varphi_1 - \varphi_2$  -разность потенциалов  
между обкладками

# Плоский конденсатор

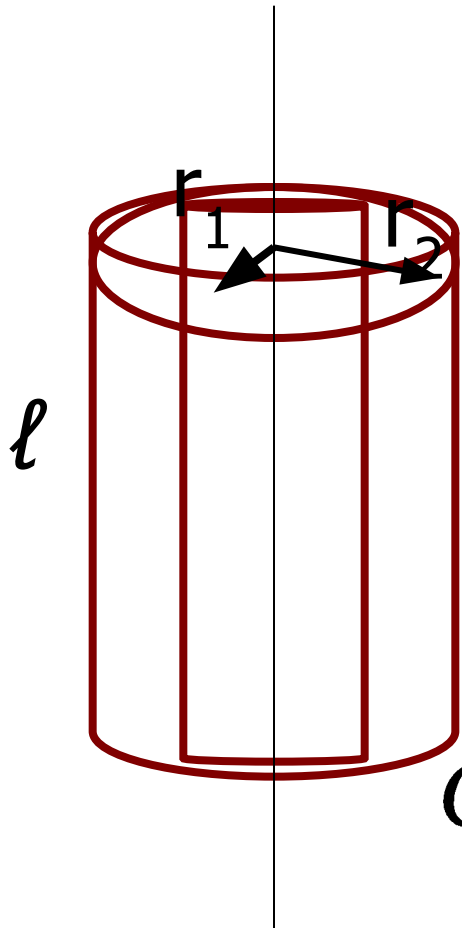


$E = \frac{\sigma}{\epsilon\epsilon_0}$

$\Delta\varphi = -\int_0^d \frac{\sigma}{\epsilon\epsilon_0} dx = -\frac{\sigma d}{\epsilon\epsilon_0}$

$C = \frac{Q}{|\varphi_1 - \varphi_2|} = \frac{\sigma S}{\sigma d / \epsilon\epsilon_0} = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}$

# Цилиндрический конденсатор



$$E = \frac{2k\tau}{\epsilon r}$$

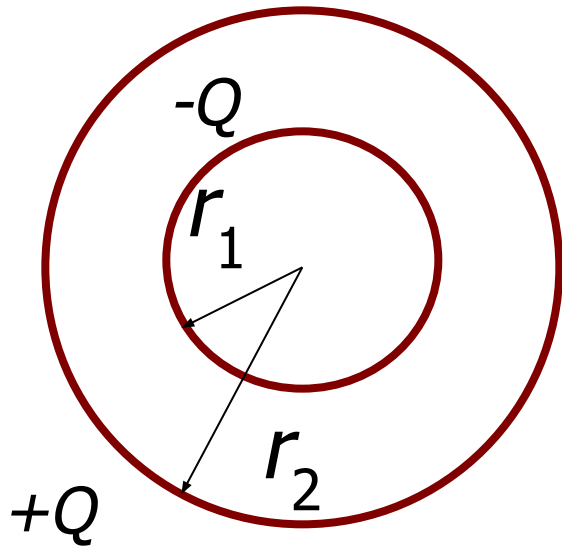
$$\Delta\varphi = -\int_{r_1}^{r_2} \frac{2k\tau}{\epsilon r} dr = \frac{2k\tau}{\epsilon} \ln \frac{r_2}{r_1}$$

$$C = \frac{Q}{|\varphi_1 - \varphi_2|} = \frac{\tau l \epsilon}{2k\tau \ln \frac{r_2}{r_1}} = \frac{l \epsilon}{2k \ln \frac{r_2}{r_1}}$$

$\tau$  - линейная плотность заряда



# Сферический конденсатор



$$|\varphi_1 - \varphi_2| = \frac{kQ}{\epsilon r_1} - \frac{kQ}{\epsilon r_2}$$

$$C = \frac{Q}{\varphi_1 - \varphi_2} = \frac{Q}{\frac{kQ}{\epsilon r_1} - \frac{kQ}{\epsilon r_2}} = \frac{\epsilon r_1 r_2}{k(r_2 - r_1)}$$

# **ЭНЕРГИЯ СИСТЕМЫ НЕПОДВИЖНЫХ ТОЧЕЧНЫХ ЗАРЯДОВ**



- Найдем энергию, которой обладает 1 заряд в поле второго

$$W_{12} = Q_1 \varphi_{12} = Q_1 \frac{kQ_2}{r}$$

- Энергия 2 заряда в поле первого

$$W_{21} = Q_2 \varphi_{21} = Q_2 \frac{kQ_1}{r}$$

$$W_{12} = W_{21} = W$$

$$W = \frac{1}{2} (W_{12} + W_{21}) = \frac{1}{2} (Q_1 \varphi_{12} + Q_2 \varphi_{21})$$

$$W = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N Q_i \varphi_i$$

$\varphi_i$  – потенциал,  
создаваемый в той  
точке, где находится  
заряд, остальными  
зарядами

# Энергия заряженного уединенного проводника

- Пусть имеется проводник с емкостью  $C$
- Чтобы увеличить заряд проводника на  $dq$  надо совершить работу

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

$$dq = C d\varphi \quad dA = C \varphi d\varphi$$

$$A = \int_0^{\varphi} C \varphi d\varphi = \frac{C \varphi^2}{2}$$

Энергия проводника – это работа ,  
затраченная на его зарядку

$$W = \frac{C \varphi^2}{2}$$

$$= \frac{Q^2}{2C}$$

$$= \frac{Q \varphi}{2}$$

# ЭНЕРГИЯ ЗАРЯЖЕННОГО КОНДЕНСАТОРА

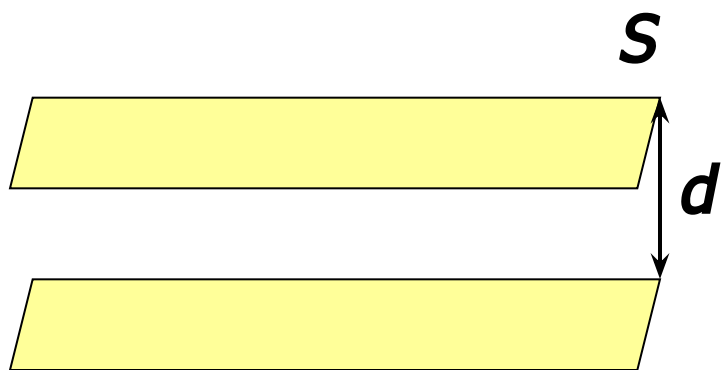
$$W = \frac{C\varphi^2}{2}$$

$$= \frac{Q^2}{2C}$$

$$= \frac{Q\varphi}{2}$$

# ЭНЕРГИЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ

- Рассмотрим плоский конденсатор



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

$$\Delta\varphi = Ed$$

$$W = \frac{C\varphi^2}{2} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{2d} E^2 d^2$$



- Объем конденсатора

$$V = Sd$$

$$W = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 Sd}{2} E^2 = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 V}{2} E^2$$

Введем объемную плотность энергии

$$\omega = \frac{W}{V}$$

$$\omega = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2} \quad [\omega] = \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3}$$

- В общем случае , чтобы найти энергию электрического поля, надо интегрировать объемную плотность