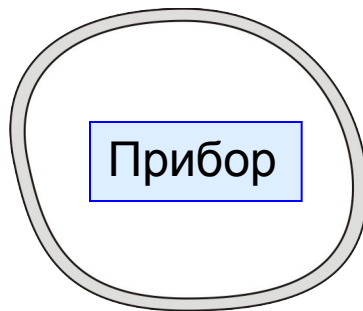
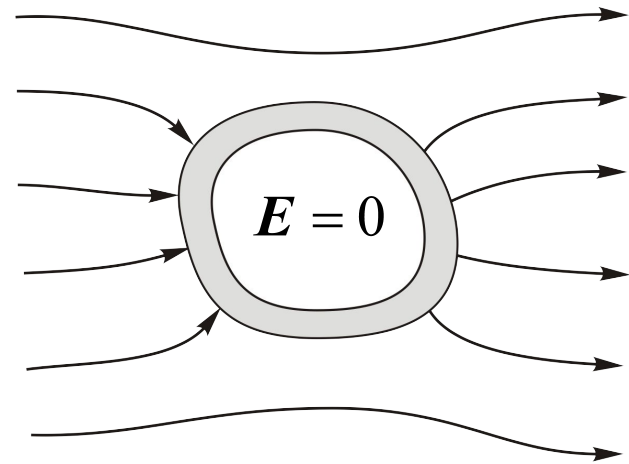
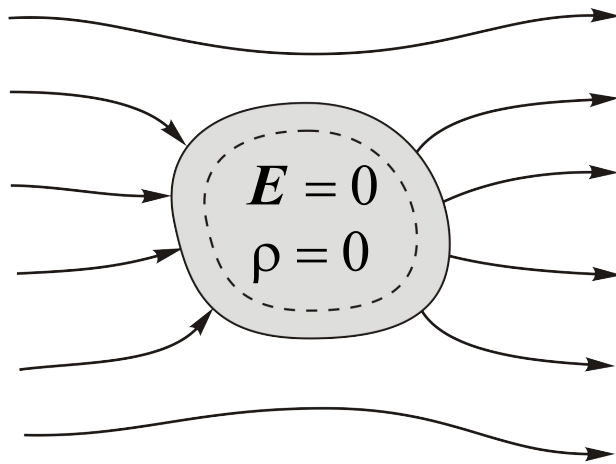


Электростатическое экранирование

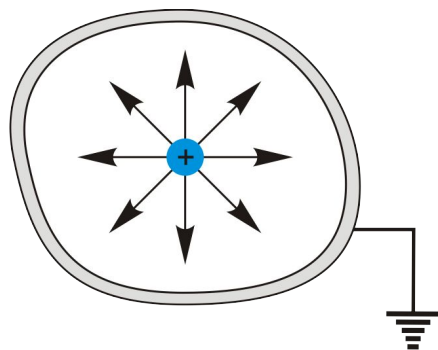
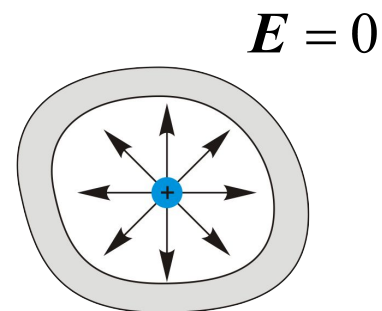
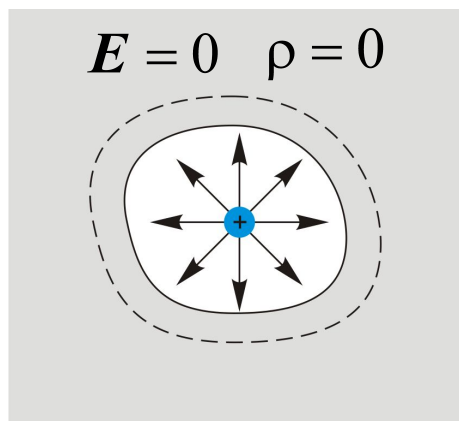
Экранирование прибора



Металлический экран для
внешних полей

Электростатическое экранирование

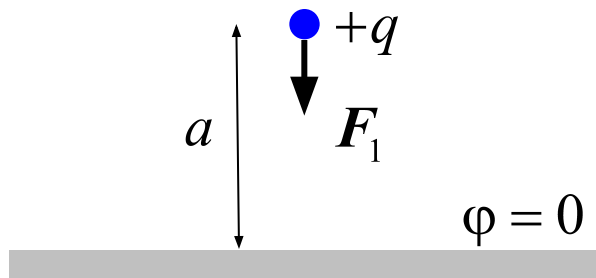
Экранирование источника поля



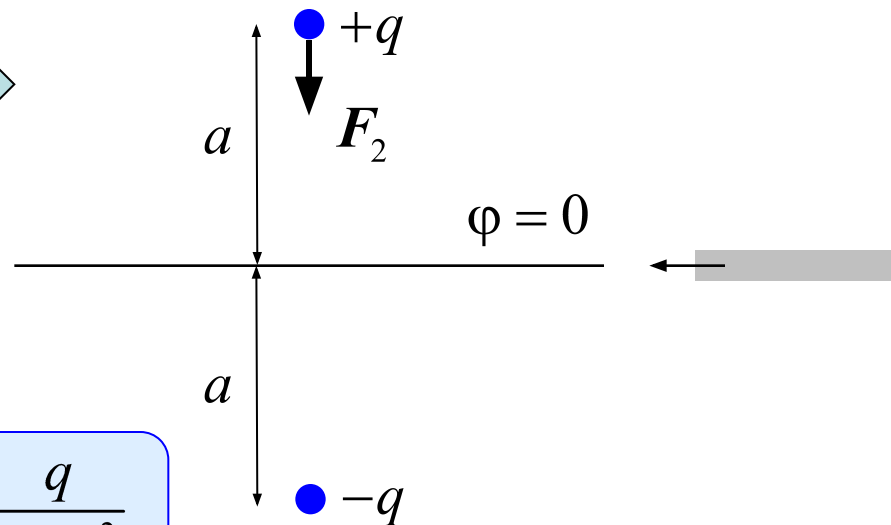
Металлический экран для
внутренних полей

Метод изображений

1) Первоначальная задача



2) Модифицированная задача

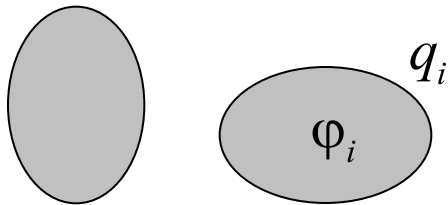


$$F_1 = F_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{(2a)^2}$$

В методе изображений *первоначальная задача* сводится к другой, *модифицированной задаче*, решение которой или его часть дает решение исходной задачи

Электрическая емкость

Система проводников



По принципу суперпозиции

$$\varphi_i = \sum_k S_{ik} q_k \quad \Longrightarrow \quad q_i = \sum_k C_{ik} \varphi_k$$

S_{ik} – потенциальные коэффициенты

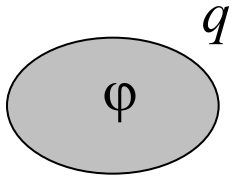
C_{ik} – емкостные коэффициенты

$$W = \frac{1}{2} \sum_k \varphi_k q_k \quad \frac{\partial^2 W}{\partial q_i \partial q_k} = \frac{\partial^2 W}{\partial q_k \partial q_i} \quad \Longrightarrow \quad S_{ik} = S_{ki}$$

Аналогично $C_{ik} = C_{ki}$

Теорема взаимности: $\left\{ \begin{array}{l} C_{ik} = C_{ki} \\ S_{ik} = S_{ki} \end{array} \right.$

Уединенный проводник

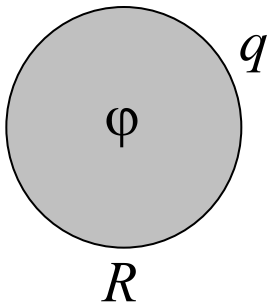



$$C = \frac{q}{\varphi} \quad - \text{(электро) емкость уединенного проводника}$$

Энергия уединенного проводника

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

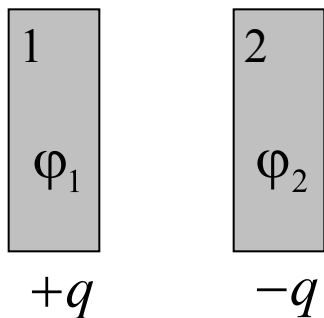
Шар



Потенциал шара $\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{R}$ 

$$C = 4\pi\epsilon_0 R$$

Конденсаторы



Конденсатор – система двух заряженных ($+q$ и $-q$) проводников

$$\varphi_i = \sum_k S_{ik} q_k \quad \Rightarrow \quad U = \varphi_1 - \varphi_2 = q(S_{11} + S_{22} - S_{12} - S_{21})$$

U – напряжение на конденсаторе

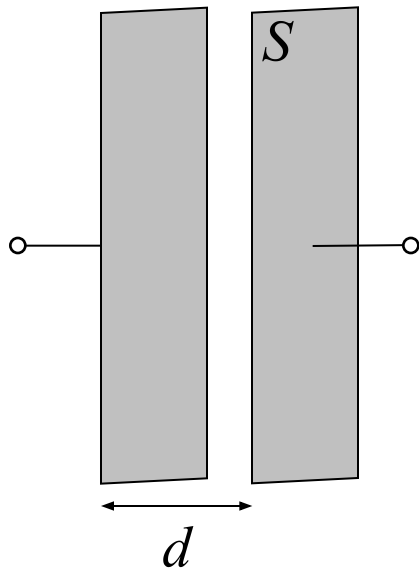
$$C = \frac{q}{U} \quad \text{– емкость конденсатора}$$

Энергия конденсатора

$$U_E = \frac{1}{2} \sum_k \varphi_i q_i \quad \Rightarrow \quad U_E = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$$

Конденсаторы

Емкость плоского конденсатора



$$E = \sigma / \epsilon_0$$

$$\sigma = q / S$$



$$U = Ed = qd / \epsilon_0 S$$

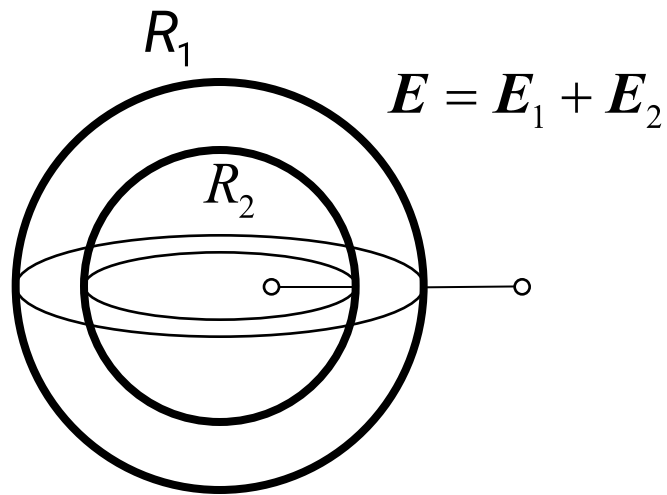
$$C = \frac{q}{U}$$



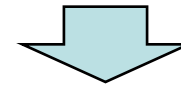
$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

Конденсаторы

Емкость сферического конденсатора



Поле между обкладками совпадает с полем точечного заряда q , расположенного в центре конденсатора.



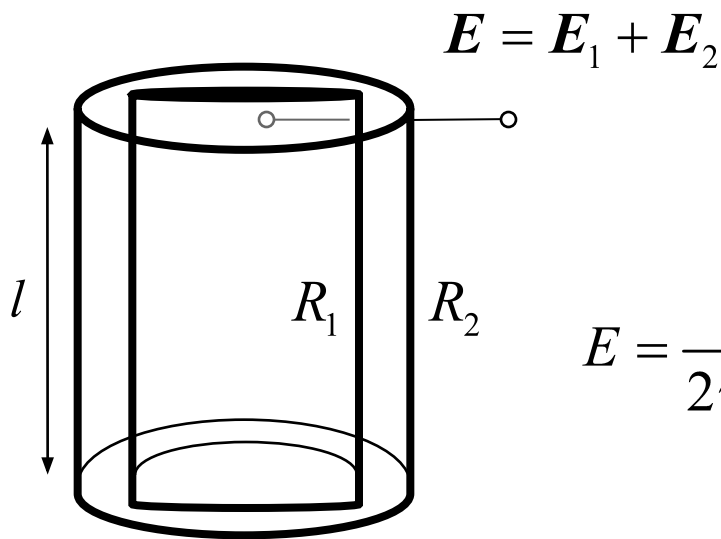
$$U = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

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

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

Конденсаторы

Емкость цилиндрического конденсатора



Поле между обкладками совпадает с полем внутреннего заряженного цилиндра.

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

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

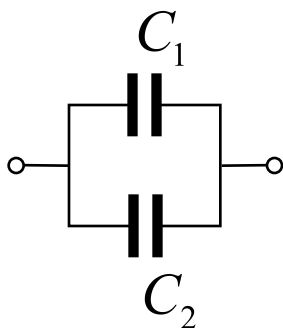


$$C = \frac{2\pi\epsilon_0 l}{\ln R_2/R_1}$$

Конденсаторы

Батареи конденсаторов

1) Параллельное соединение

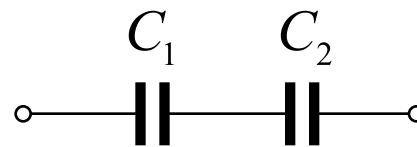


$$q = q_1 + q_2, \quad U = U_1 = U_2$$

$$UC = U_1C_1 + U_2C_2$$

$$C = C_1 + C_2$$

2) Последовательное соединение



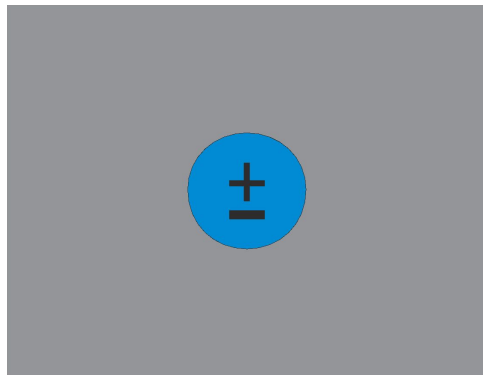
$$U = U_1 + U_2, \quad q = q_1 = q_2$$

$$\frac{q}{C} = \frac{q_1}{C_1} + \frac{q_2}{C_2}$$

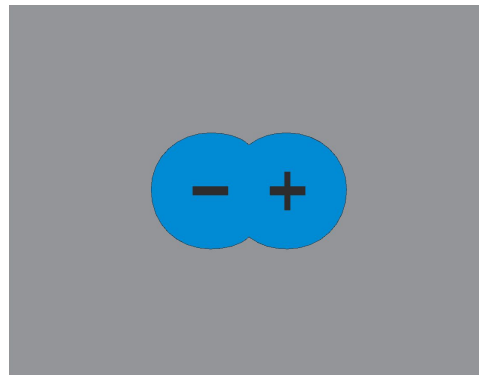
$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

Поляризация диэлектрика. Вектор поляризации

$$E_{вн} = 0$$



$$E_{вн}$$



Диэлектрик – вещество, не проводящее электрический ток

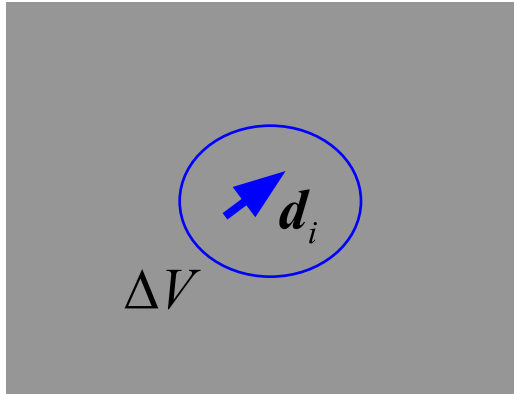
ε
(*χ* *η* *κ* *ρ* *σ*) *χ* *η* *κ* *ρ* *σ* *χ* *η* *κ* *ρ* *σ*
ε *η* *κ* *ρ* *σ* и *ρ* *σ* *η* *κ* *ρ* *σ*
χ *η* *κ* *ρ* *σ* *χ* *η* *κ* *ρ* *σ*
в ε *η* *κ* *ρ* *σ* – *χ* *η* *κ* *ρ* *σ*

$$E = E_{вн} + E_{\varepsilon} \quad \text{– результирующее поле}$$

$$E_{вн} \quad \text{– внешнее поле (внешних зарядов)}$$

$$E_{\varepsilon} \quad \text{– поле поляризационных зарядов}$$

Поляризация диэлектрика. Вектор поляризации



$$\mathbf{p} = \frac{1}{\Delta V} \sum \mathbf{d}_i$$

– вектор поляризации

\mathbf{d}_i – дипольный момент

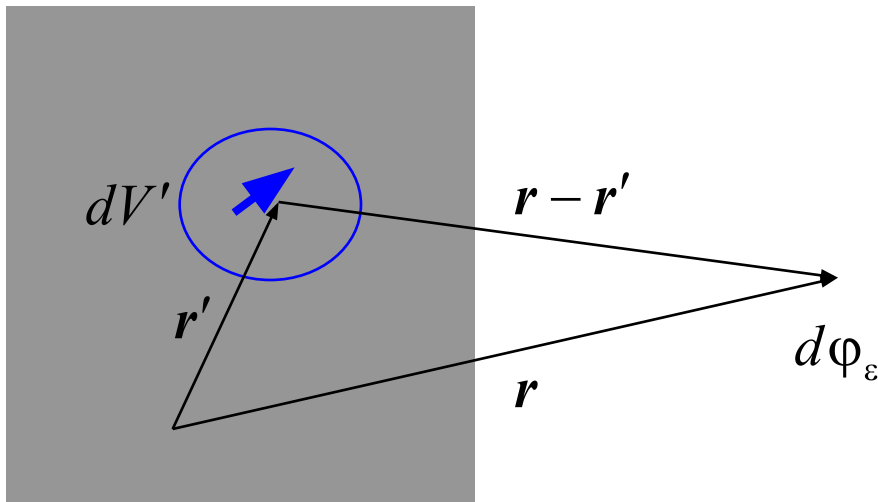
Механизмы поляризации:

1. Электронная или деформационная поляризация
2. Ориентационная или дипольная поляризация
3. Ионная поляризация

Объемные и поверхностные связанные заряды

В результате поляризации на поверхности первоначально нейтрального диэлектрика, а также и в его объеме появляются нескомпенсированные заряды.

Заряды \rightarrow q, σ, ρ – сторонние (свободные) заряды
 \rightarrow $q_\varepsilon, \sigma_\varepsilon, \rho_\varepsilon$ – связанные (поляризационные) заряды



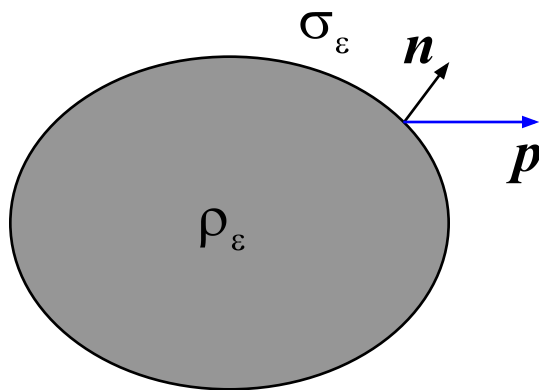
$$\varphi_d = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{dr}{r^3}$$

$$d\varphi_\varepsilon = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{p(r-r')}{|r-r'|^3} dV'$$

Объемные и поверхностные связанные заряды

$$\varphi_\varepsilon = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \int \frac{\mathbf{p}(\mathbf{r} - \mathbf{r}')}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|^3} dV' \quad \longrightarrow$$

$$\varphi_\varepsilon = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \oint \frac{\mathbf{p}\mathbf{n}}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|} dS' + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \int \frac{-\operatorname{div}'\mathbf{p}}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|} dV' \quad \longrightarrow$$



$$\sigma_\varepsilon = \mathbf{p}\mathbf{n}$$

$$\rho_\varepsilon = -\operatorname{div} \mathbf{p}$$

Связь между \mathbf{p} и \mathbf{E}

Для широкого класса диэлектриков

$$\mathbf{p} = \chi \varepsilon_0 \mathbf{E}$$

χ – диэлектрическая восприимчивость

В случае однородного диэлектрика

$$\rho_\varepsilon = -\operatorname{div} \mathbf{p} \quad \longrightarrow \quad \rho_\varepsilon = -\chi \varepsilon_0 \operatorname{div} \mathbf{E} = -\chi \varepsilon_0 \frac{\rho + \rho_\varepsilon}{\varepsilon_0} = -\chi(\rho + \rho_\varepsilon) \quad \longrightarrow$$

$$\rho_\varepsilon = -\frac{\chi}{1 + \chi} \rho$$

При условии

$$\rho = 0 \quad \longrightarrow \quad \rho_\varepsilon = 0$$