

Лекция 4.

- Проводники в электростатическом поле. Электростатическая индукция. Напряженность поля у поверхности и внутри проводника. Распределение заряда по поверхности проводника. Электростатическая защита. Проводящий шар в однородном электростатическом поле. Связь между зарядом и потенциалом проводника. Электроёмкость. Конденсаторы. Ёмкость плоского, сферического и цилиндрического конденсаторов.

4.1

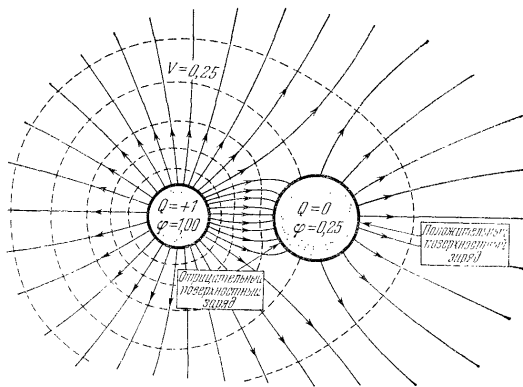
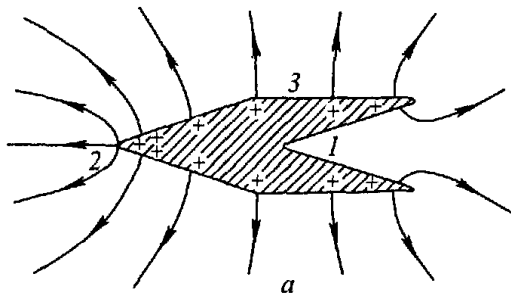


Рис. 3.5. Электрическое поле около двух сферических проводников, из которых один имеет заряд, равный +1, а другой — равный нулю. Штриховые кривые являются пересечениями эквипотенциальных поверхностей с плоскостью рисунка. Нулевой потенциал находится в бесконечности.

4.4

Распределение заряда по поверхности проводника.

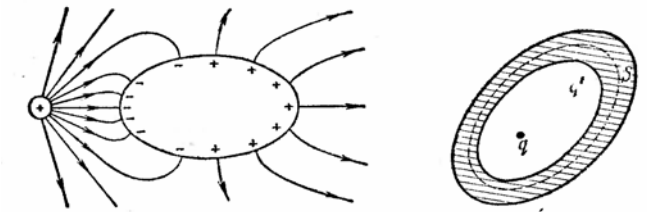


4.7

Проводники в электростатическом поле. Электростатическая индукция.

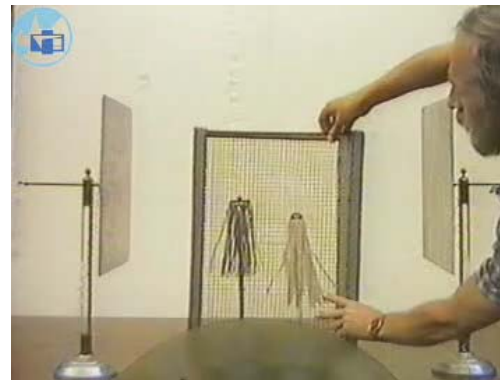
- Явление перераспределения зарядов на проводнике при электрическом воздействии называется электрической (электростатической) индукцией.
- Явление перераспределения зарядов на проводнике при наличии внешнего стационарного электрического поля называется электростатической индукцией

4.2



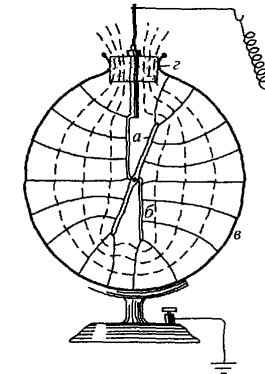
4.3

Электростатическая защита.



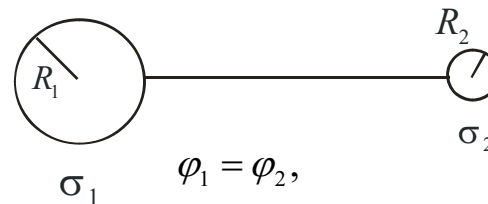
4.5

Электрометр или электростатический вольтметр.



4.6

Поверхностная плотность заряда пропорциональна кривизне поверхности



$$\varphi_1 = \varphi_2,$$

$$\frac{q_1}{R_1} = \frac{q_2}{R_2},$$

$$\sigma_1 \cdot R_1 = \sigma_2 \cdot R_2.$$

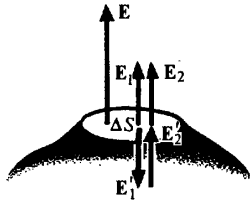
4.8

Напряженность поля у поверхности проводника.

$$E_n = \frac{\sigma}{\epsilon_0}, \quad E_r = 0.$$

4.9

$$E_1 = E_2 = \frac{1}{2} E$$

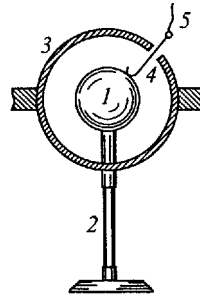


50

Механизм образования поля
вблизи поверхности проводника

4.10

Метод Кавендиша проверки закона Кулона



$$F \sim \frac{q_1 q_2}{R^{2+\delta}}$$

$$\delta < 1/21600$$

4.11

Связь между зарядом и потенциалом
проводника. Электроёмкость.

$$\varphi(\vec{r}) = \int_S k \frac{\sigma(r')}{|\vec{r} - \vec{r}'|} dS', \quad q = \int_S \sigma(r') dS'$$

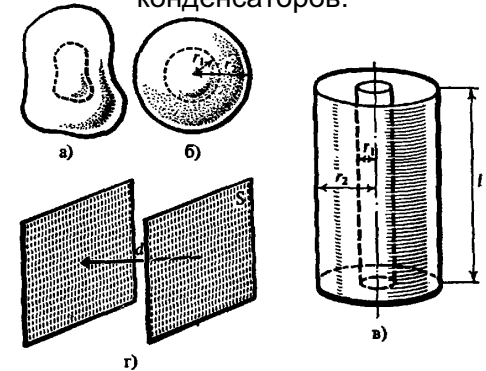
$$\varphi = \frac{1}{C} q$$

Электроёмкость шара

$$C = \frac{q}{\varphi} = \frac{q}{k \frac{q}{R}} = \frac{R}{k}, \quad C_{\text{земли}} = \frac{6,4 \cdot 10^6}{9 \cdot 10^9} \approx 0,7 \cdot 10^{-3} \Phi$$

4.12

Конденсаторы. Ёмкость плоского,
сферического и цилиндрического
конденсаторов.



4.15

Ёмкость конденсатора $C = \frac{q}{U} = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2}$,

Плоский конденсатор

$$C = \frac{q}{U} = \frac{\sigma S}{\frac{\sigma d}{\epsilon_0}} = \frac{\epsilon_0 S}{d},$$

Сферический конденсатор

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

Цилиндрический конденсатор

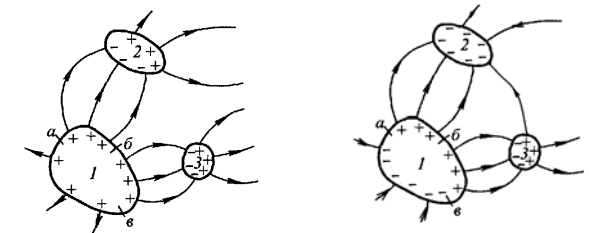
$$U = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 l} \ln \frac{R_2}{R_1}, \quad C = \frac{q}{U} = \frac{2\pi\epsilon_0 l}{\ln \frac{R_2}{R_1}}$$

4.16

Потенциальные и ёмкостные коэффициенты

$$\varphi_i = \sum_j \alpha_{ij} q_j, \quad \text{где } \alpha_{ij} = \alpha_{ji} - \text{потенциальные коэфф.}$$

$$q_j = \sum_i c_{ji} \varphi_i, \quad \text{где } c_{ji} = c_{ij} - \text{ёмкостные коэфф.}$$



$$\varphi_1 \sim q_1, \quad \varphi_2 \sim q_2,$$

$$\varphi_2 \sim q_1, \quad \varphi_3 \sim q_1; \quad \varphi_1 \sim q_2, \quad \varphi_3 \sim q_2;$$

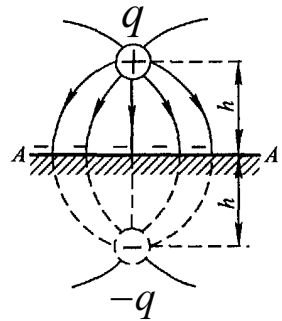
$$\varphi_i = \alpha_{i1} q_1, \quad \varphi_i = \alpha_{i2} q_2,$$

$$\varphi_i = \sum_j \alpha_{ij} q_j$$

4.17

4.18

Метод изображений



$$\begin{cases} \Delta\varphi = 0, \\ \varphi = \text{const}, \\ \varphi_{r \rightarrow h} \rightarrow \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{h}. \end{cases}$$

4.19

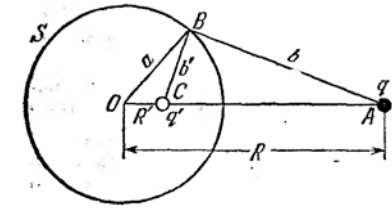
$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} q \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r'} \right),$$

$$\cos\vartheta = \frac{h}{\sqrt{a^2 + h^2}},$$

$$\vec{E} = -2 \frac{1}{4\pi\epsilon_0} q \frac{1}{a^2 + h^2} \cos\vartheta \vec{n}$$

$$\sigma = E\epsilon_0 = -2 \frac{1}{4\pi} q \frac{1}{(a^2 + h^2)^{3/2}}, \quad q = \int_{\infty} \sigma dS.$$

4.20

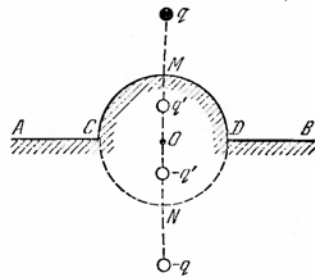
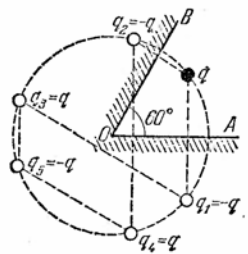


$$\triangle OBC \sim \triangle OBA, \Rightarrow R \cdot R' = a^2.$$

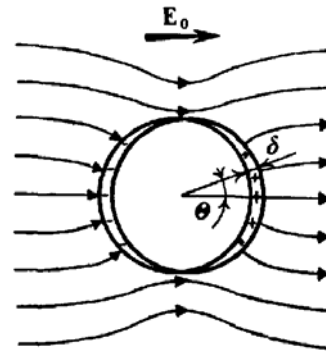
$$\text{Если } q' = -\frac{b'}{b} q = -\frac{a}{R} q, \text{ то } \varphi(a) = 0.$$

$$\text{Вне сферы } \varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q}{r} + \frac{q'}{r'} \right).$$

4.21



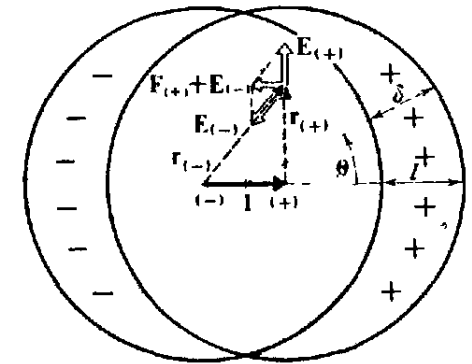
4.22



$$\mathbf{E}(\mathbf{r}) = [\rho/(3\epsilon_0)] \mathbf{r},$$

4.23

Проводящий шар в однородном электрическом поле. [1, стр.125]



4.24

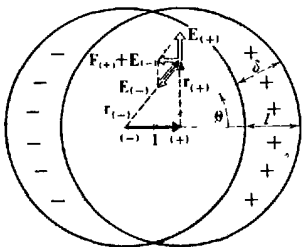
Поле вне шара - это поле диполя с дипольным моментом

$$\vec{p} = q\vec{l} = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho \vec{l} = \frac{4}{3} \pi R^3 3\epsilon_0 \vec{E}_0,$$

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{3(\vec{p}\vec{r})\vec{r}}{r^5} - \frac{\vec{p}}{r^3} \right) + \vec{E}_0 =$$

$$= \left(1 - \left(\frac{R}{r} \right)^3 \right) \vec{E}_0 + \left(\frac{R}{r} \right)^3 \frac{3(\vec{E}_0\vec{r})\vec{r}}{r^2}.$$

4.26



$$\mathbf{E}_{(+)} = [\rho/(3\epsilon_0)] \mathbf{r}_{(+)},$$

$$\mathbf{E}_{(-)} = -[\rho/(3\epsilon_0)] \mathbf{r}_{(-)},$$

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_{(+)} + \mathbf{E}_{(-)} = [\rho/(3\epsilon_0)] (\mathbf{r}_{(+)} - \mathbf{r}_{(-)}) = -[\rho/(3\epsilon_0)] \mathbf{l},$$

$$\rho \vec{l} = -3\epsilon_0 \vec{E} = 3\epsilon_0 \vec{E}_0, \quad \sigma \Delta S = \rho \Delta S \delta,$$

$$\sigma = \rho \delta = \rho l \cos \theta = 3\epsilon_0 E_0 \cos \theta,$$

$$\text{где } \delta = l \cos \theta.$$

$$E_n = \sigma/\epsilon_0 = 3E_0 \cos \theta,$$

4.25