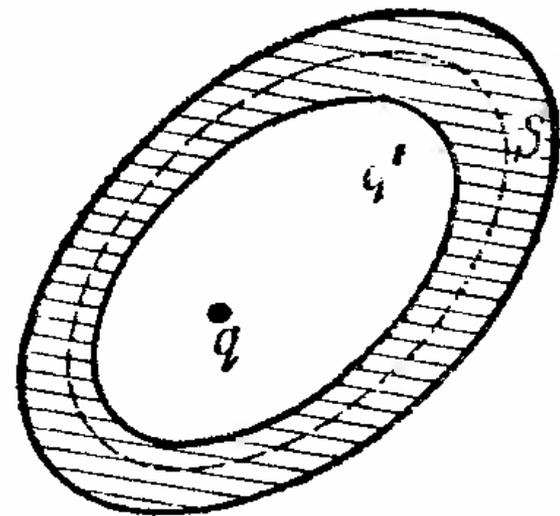
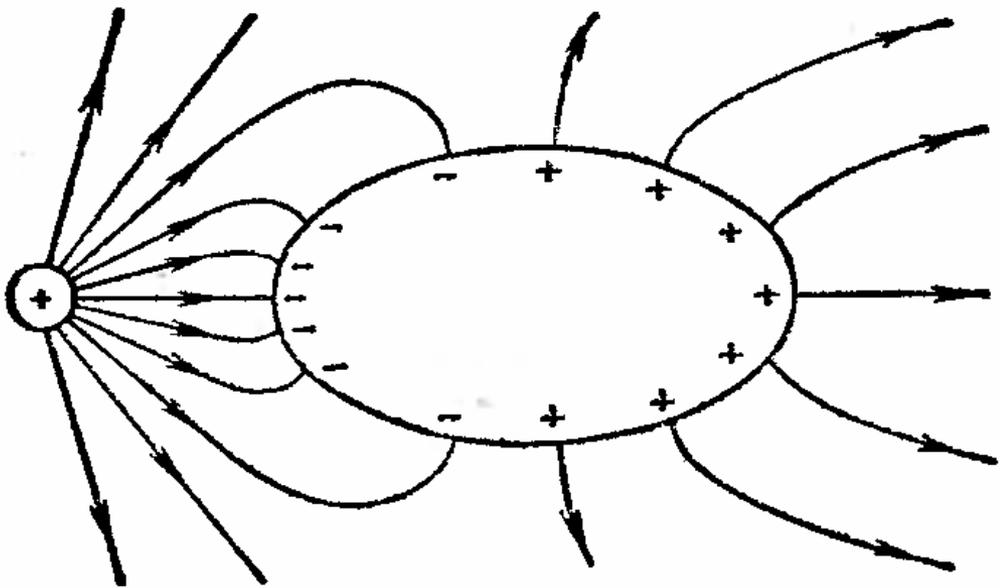


Лекция 4.

- 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.

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



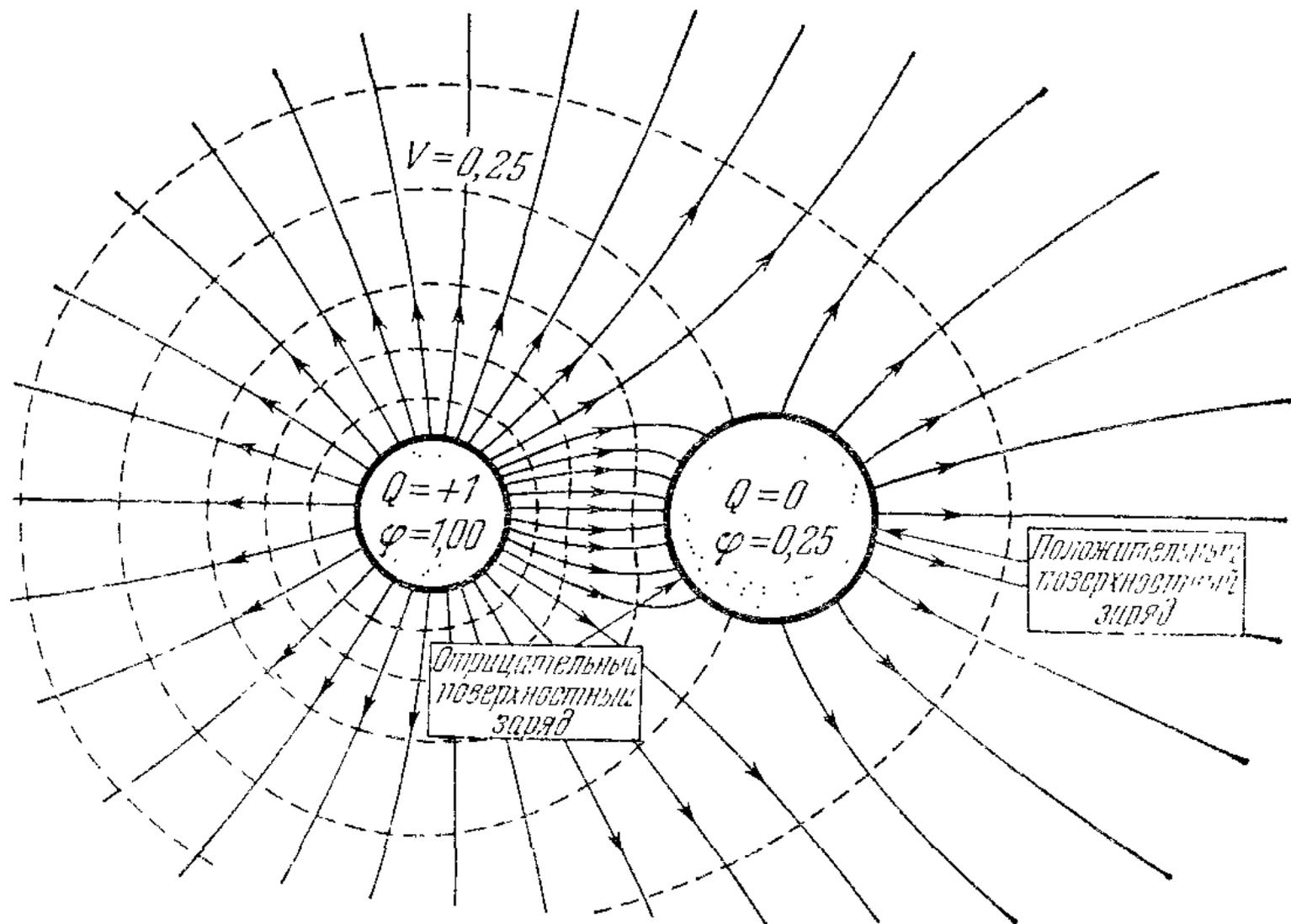
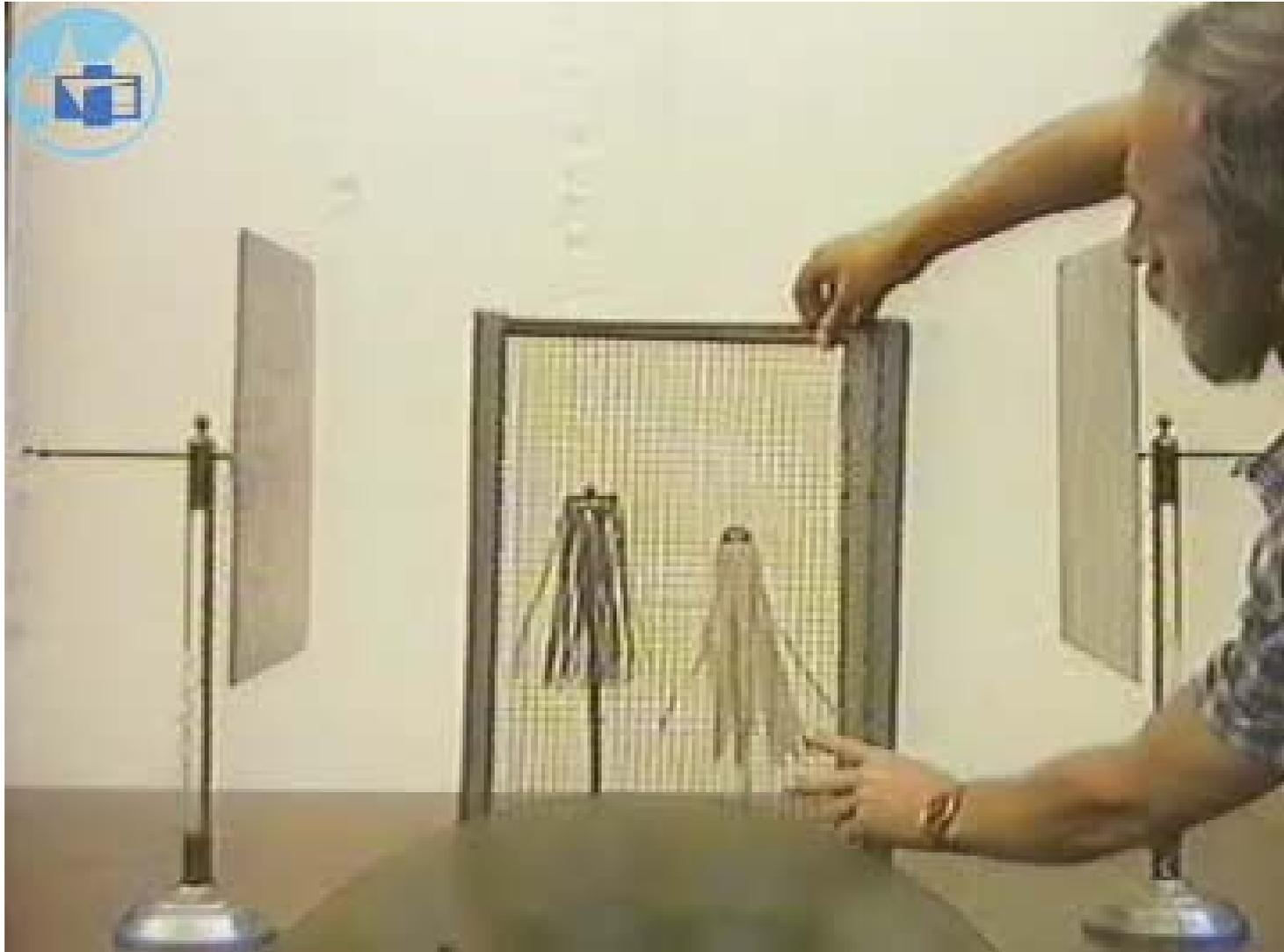
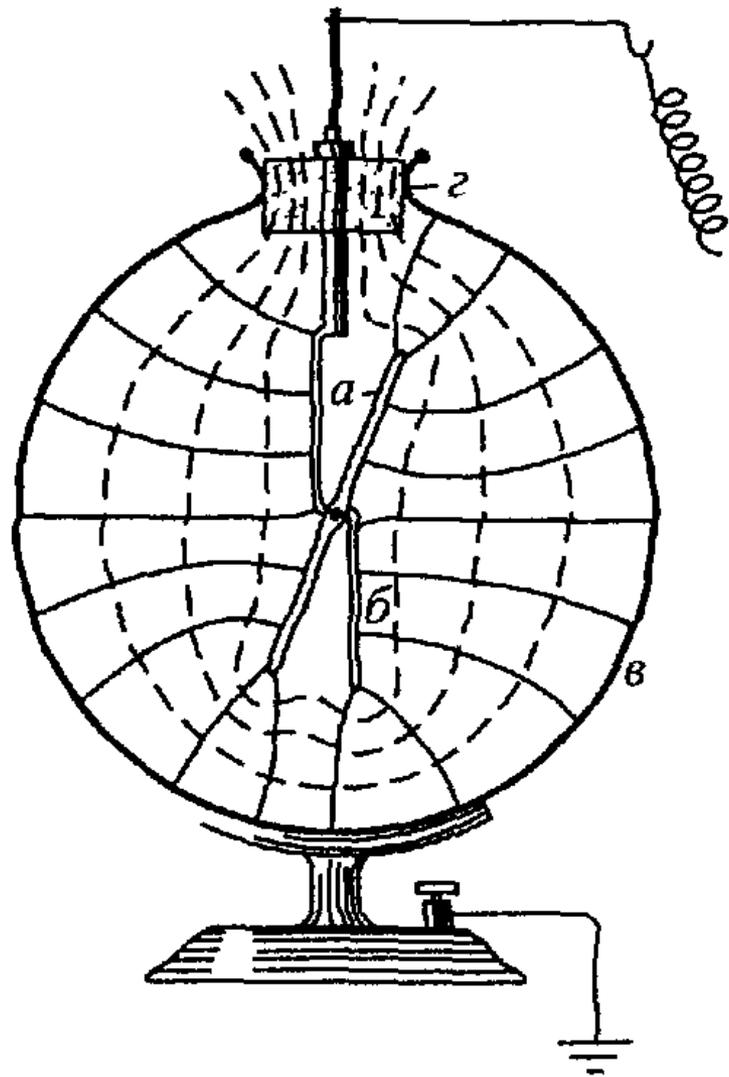


Рис. 3.5. Электрическое поле около двух сферических проводников, из которых один имеет заряд, равный $+1$, а другой — равный нулю. Штриховые кривые являются пересечениями эквипотенциальных поверхностей с плоскостью рисунка. Нулевой потенциал находится в бесконечности.

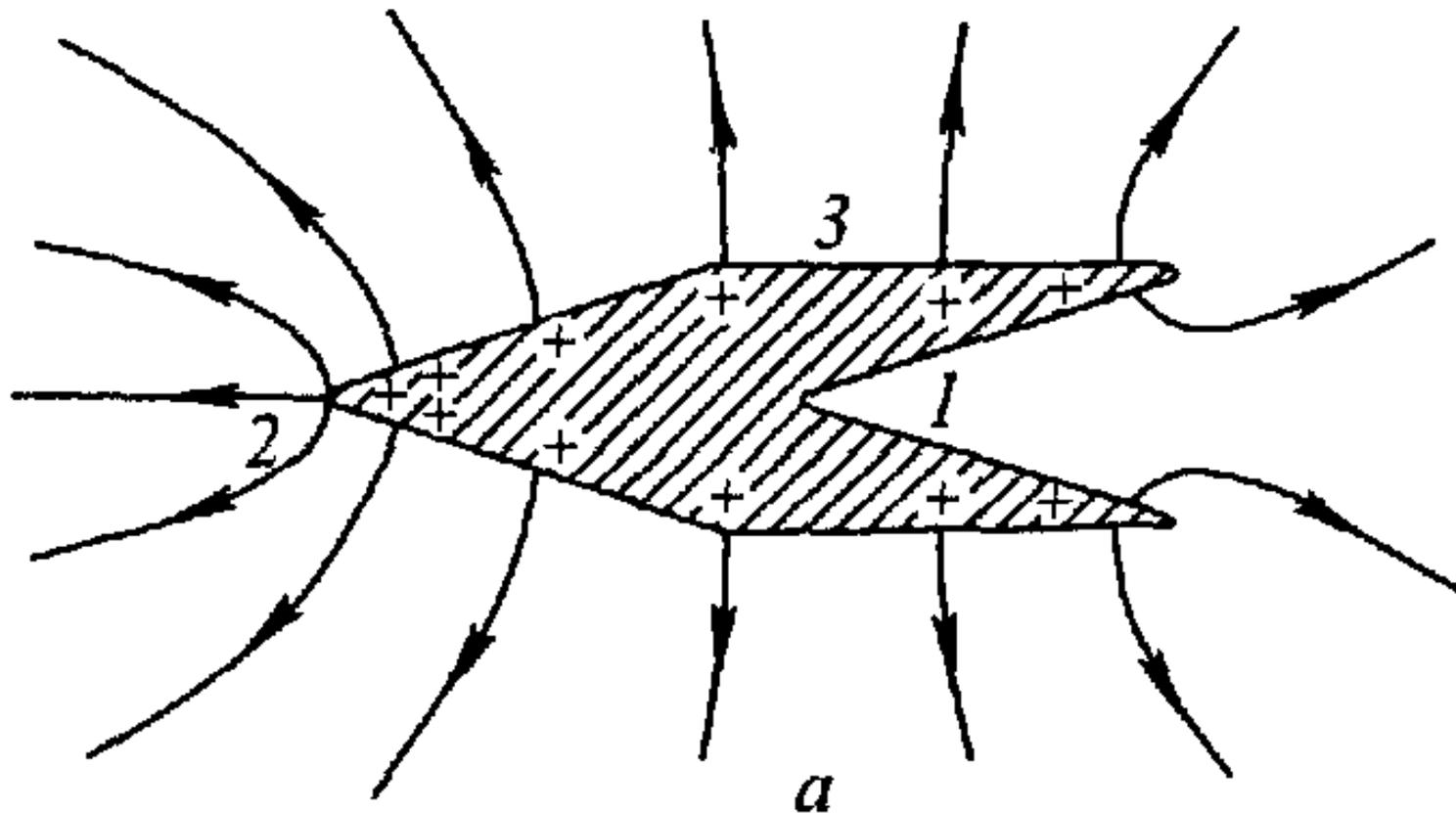
Электростатическая защита.



Электрометр или электростатический вольтметр.



Распределение заряда по поверхности проводника.



Поверхностная плотность заряда пропорциональна кривизне поверхности



$$\sigma_1 \quad \varphi_1 = \varphi_2,$$

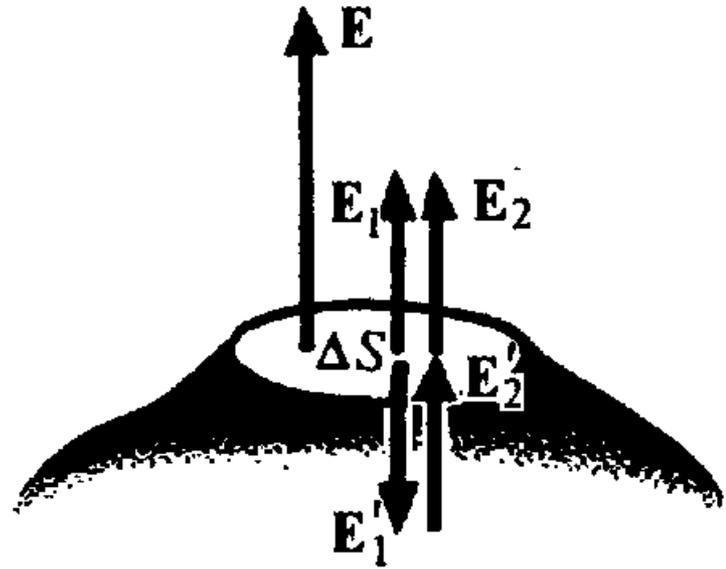
$$\frac{q_1}{R_1} = \frac{q_2}{R_2},$$

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

Напряженность поля у поверхности проводника.

$$E_n = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}, \quad E_\tau = 0.$$

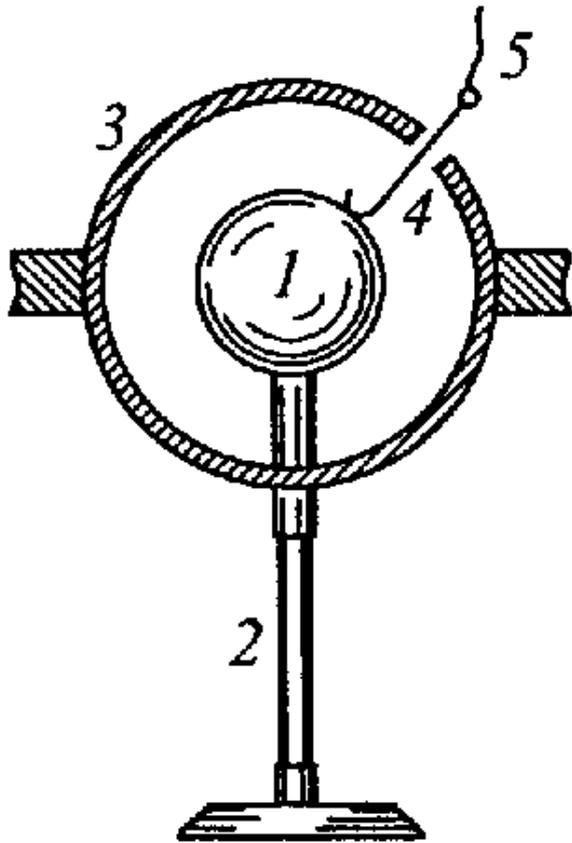
$$E_1 = E_2 = \frac{1}{2} E$$



50

**Механизм образования поля
вблизи поверхности проводника**

Метод Кавендиша проверки закона Кулона



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

$$\delta < 1 / 21600$$

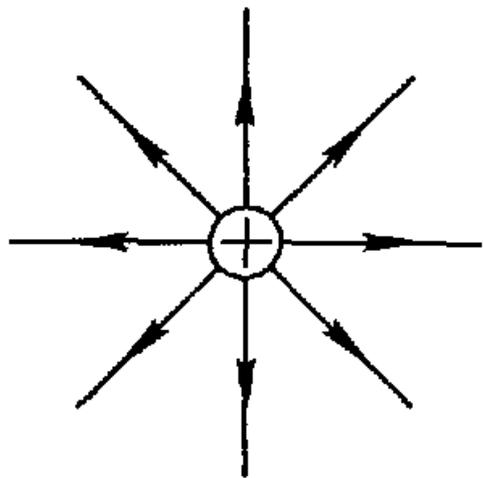
Связь между зарядом и потенциалом проводника. Электроёмкость.

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

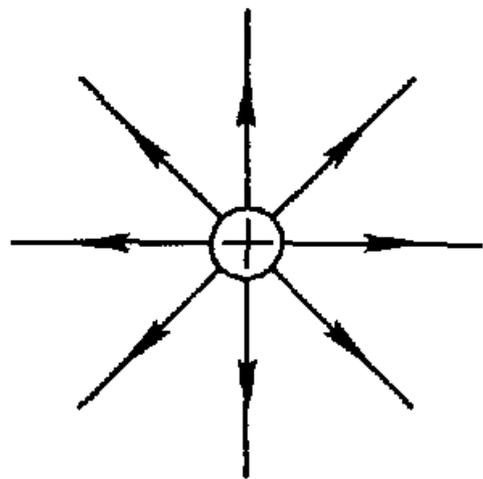
$$\varphi = \frac{1}{c} q$$

Электроёмкость шара

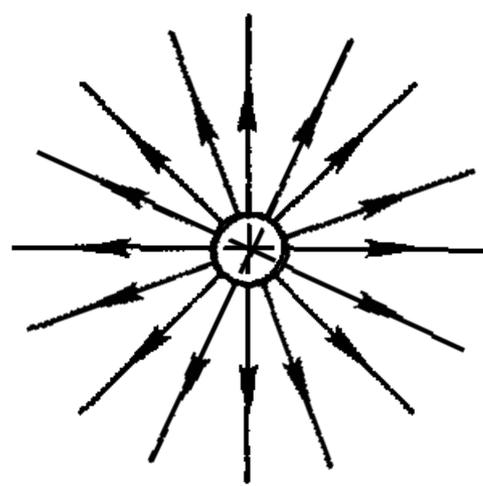
$$c = \frac{q}{\varphi} = \frac{q}{k \frac{q}{R}} = \frac{R}{k}, \quad c_{\text{Земли}} = \frac{6,4 \cdot 10^6}{9 \cdot 10^9} \approx 0,7 \cdot 10^{-3} \Phi$$



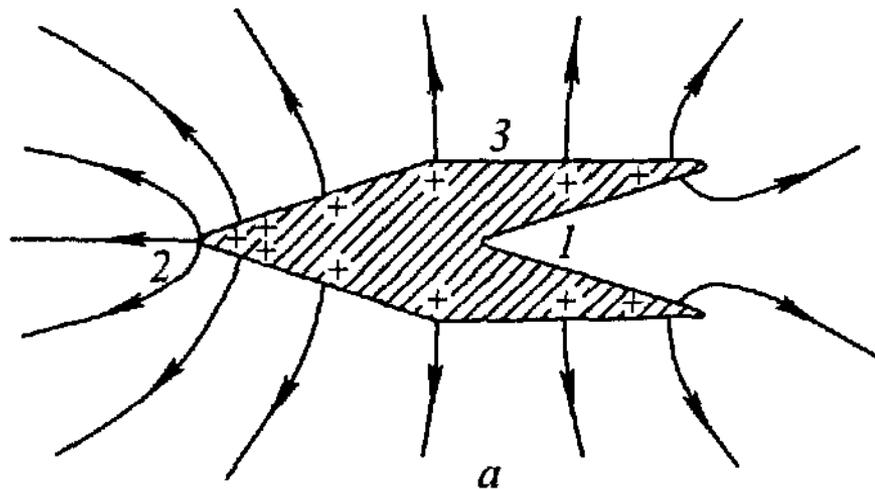
q



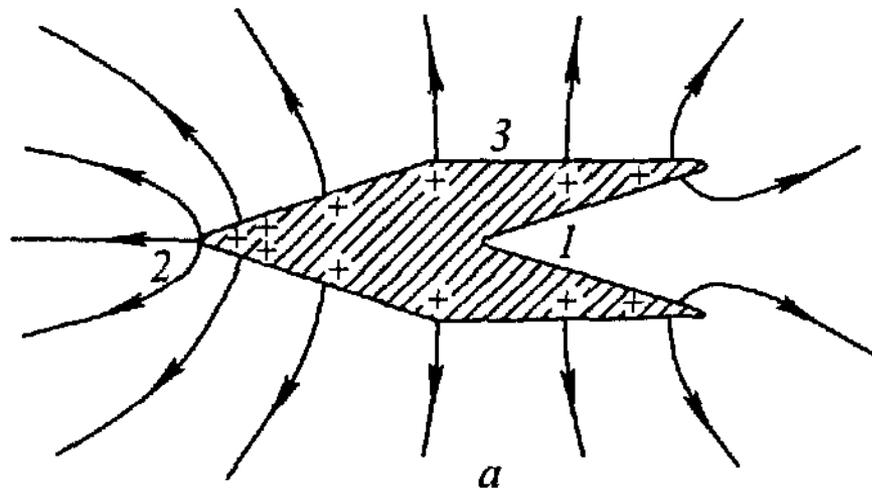
q



$2q$

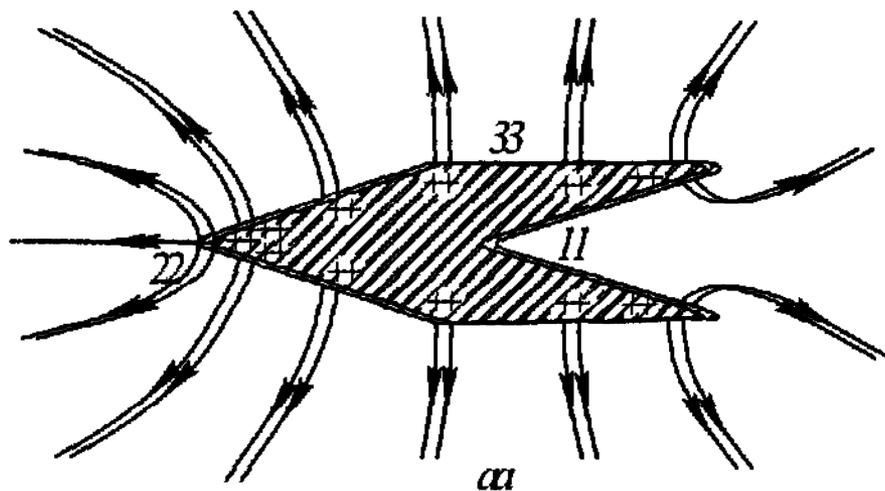


q



a

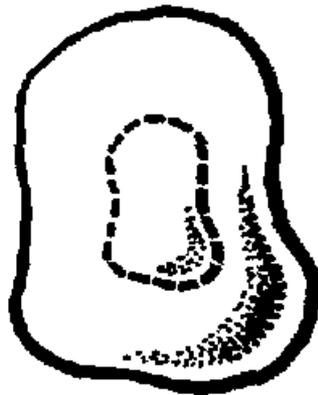
q



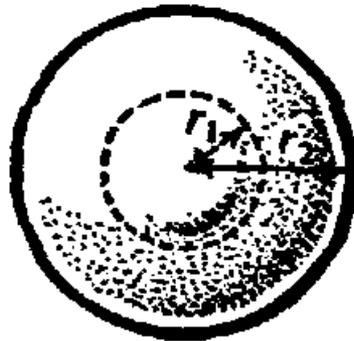
a

$2q$

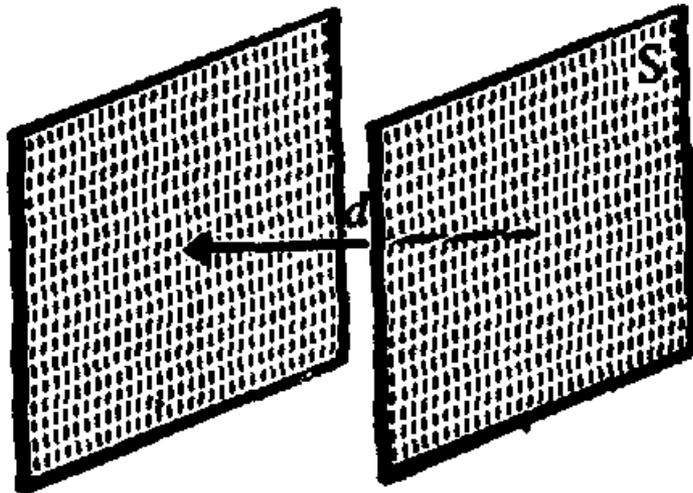
Конденсаторы. Ёмкость плоского, сферического и цилиндрического конденсаторов.



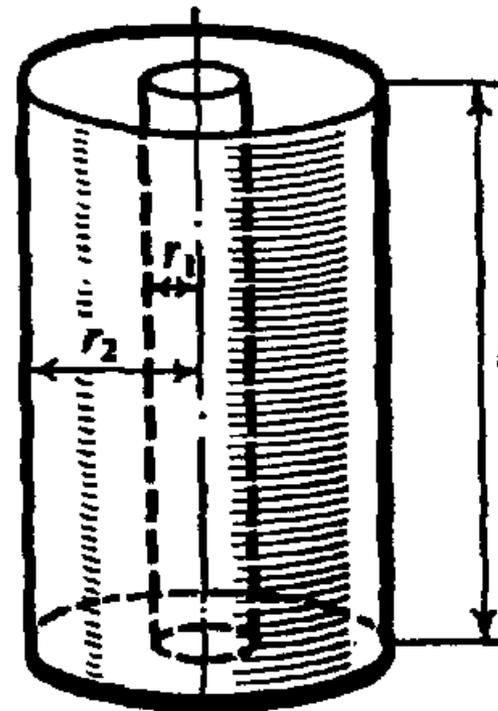
а)



б)



г)



в)

Емкость конденсатора $c = \frac{q}{U} = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2}$,

Плоский конденсатор

$$c = \frac{q}{U} = \frac{\sigma S}{\frac{\sigma}{\varepsilon_0} d} = \frac{\varepsilon_0 S}{d},$$

Сферический конденсатор

$$c = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} = \frac{q}{\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \left(\frac{q}{R_1} - \frac{q}{R_2} \right)} = 4\pi\varepsilon_0 \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1},$$

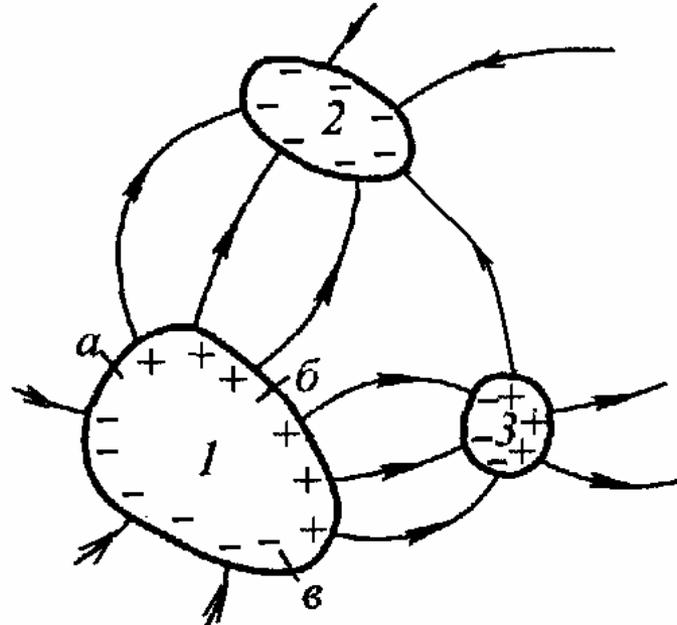
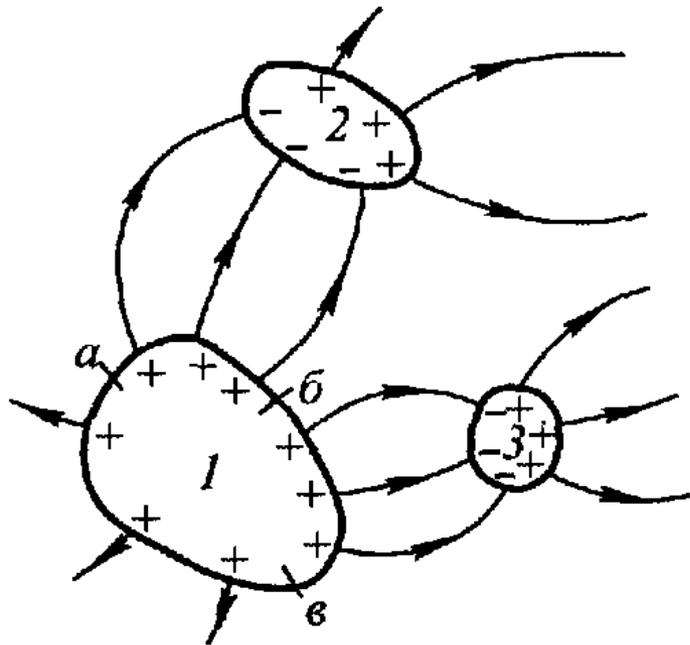
Цилиндрический конденсатор

$$U = \frac{q}{2\pi\varepsilon_0 l} \ln \frac{R_2}{R_1}, \quad c = \frac{q}{U} = \frac{2\pi\varepsilon_0 l}{\ln \frac{R_2}{R_1}}$$

Потенциальные и емкостные коэффициенты

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

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



$$\varphi_1 \sim q_1,$$

$$\varphi_2 \sim q_2,$$

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

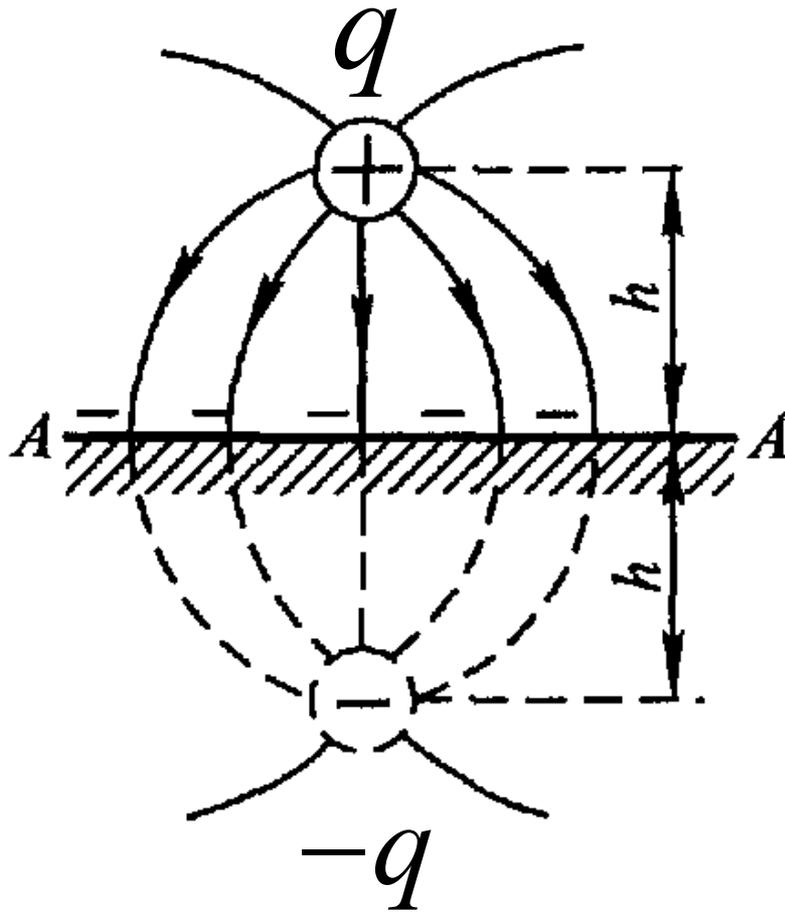
$$\varphi_1 \sim q_2, \quad \varphi_3 \sim q_2;$$

$$\varphi_i = \alpha_{i1} q_1,$$

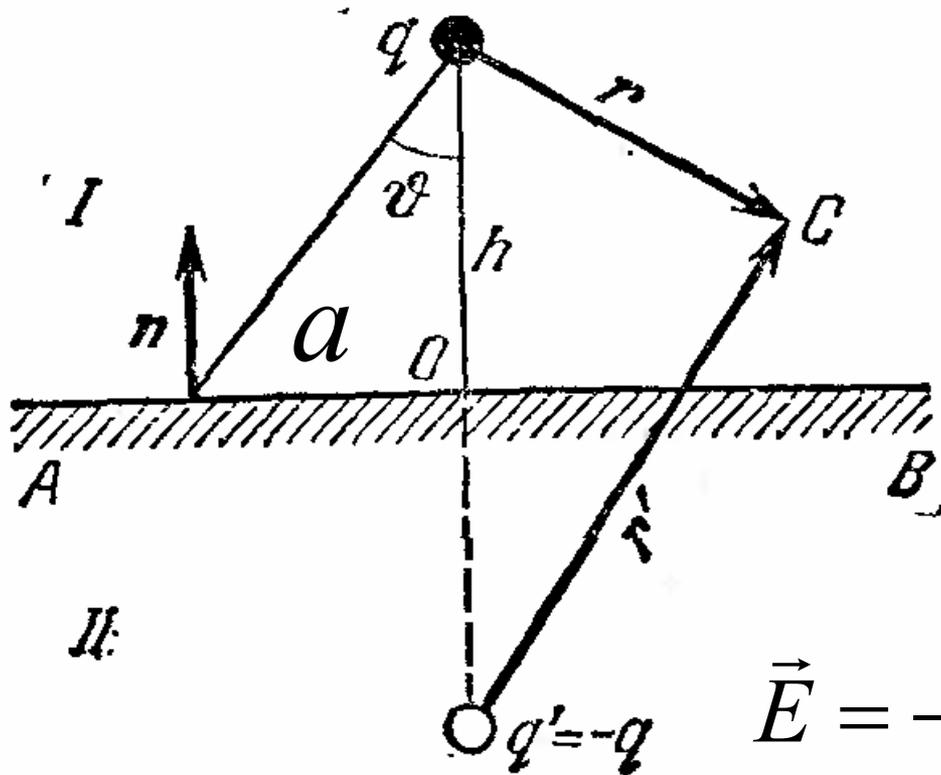
$$\varphi_i = \alpha_{i2} q_2,$$

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

Метод изображений



$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta\varphi = 0, \\ \varphi = const, \\ \varphi_{r \rightarrow h} \rightarrow \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{h}. \end{array} \right.$$

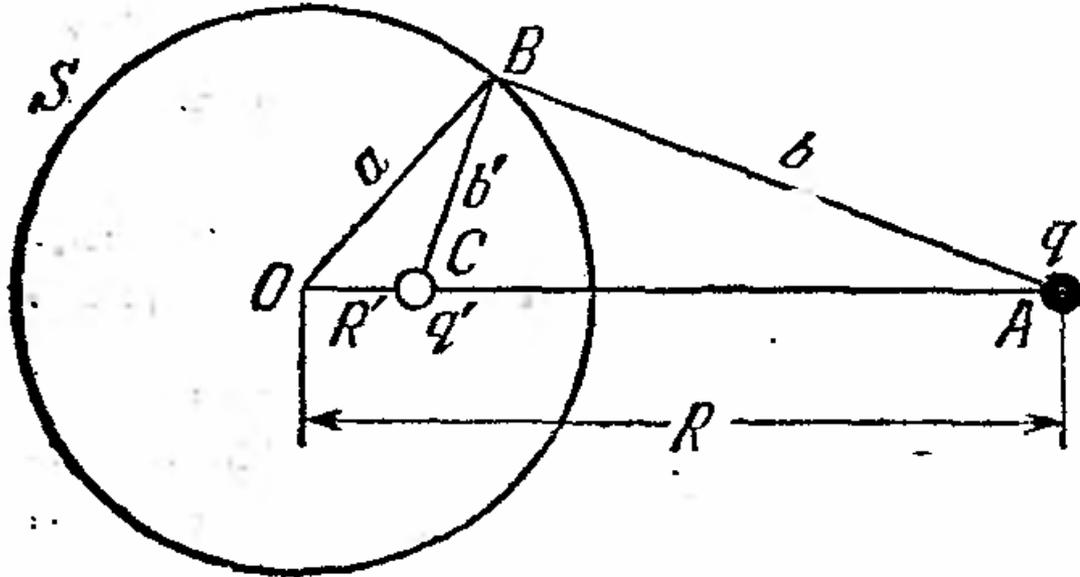


$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} q \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r'} \right),$$

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

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

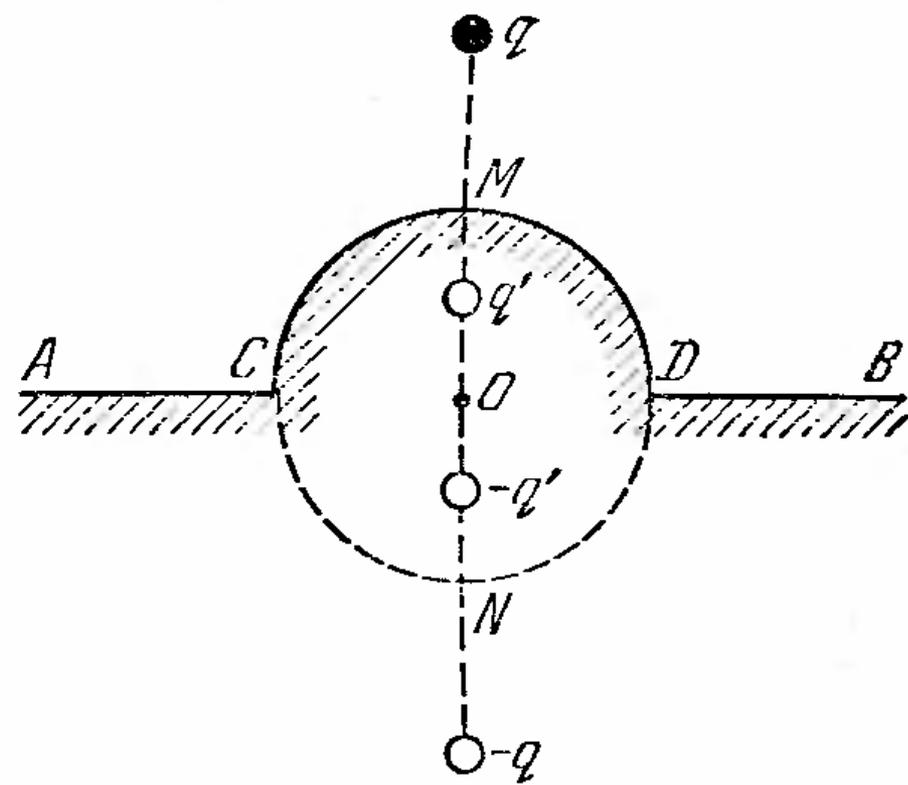
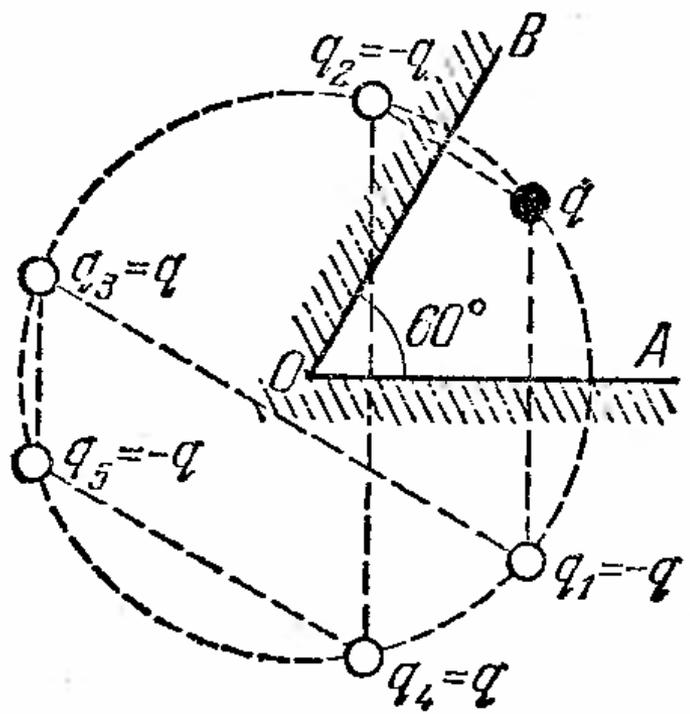
$$\sigma = E \epsilon_0 = -2 \frac{1}{4\pi} q \frac{1}{(a^2 + h^2)^{3/2}}, \quad q = \int_{\infty}^{\infty} \sigma dS.$$

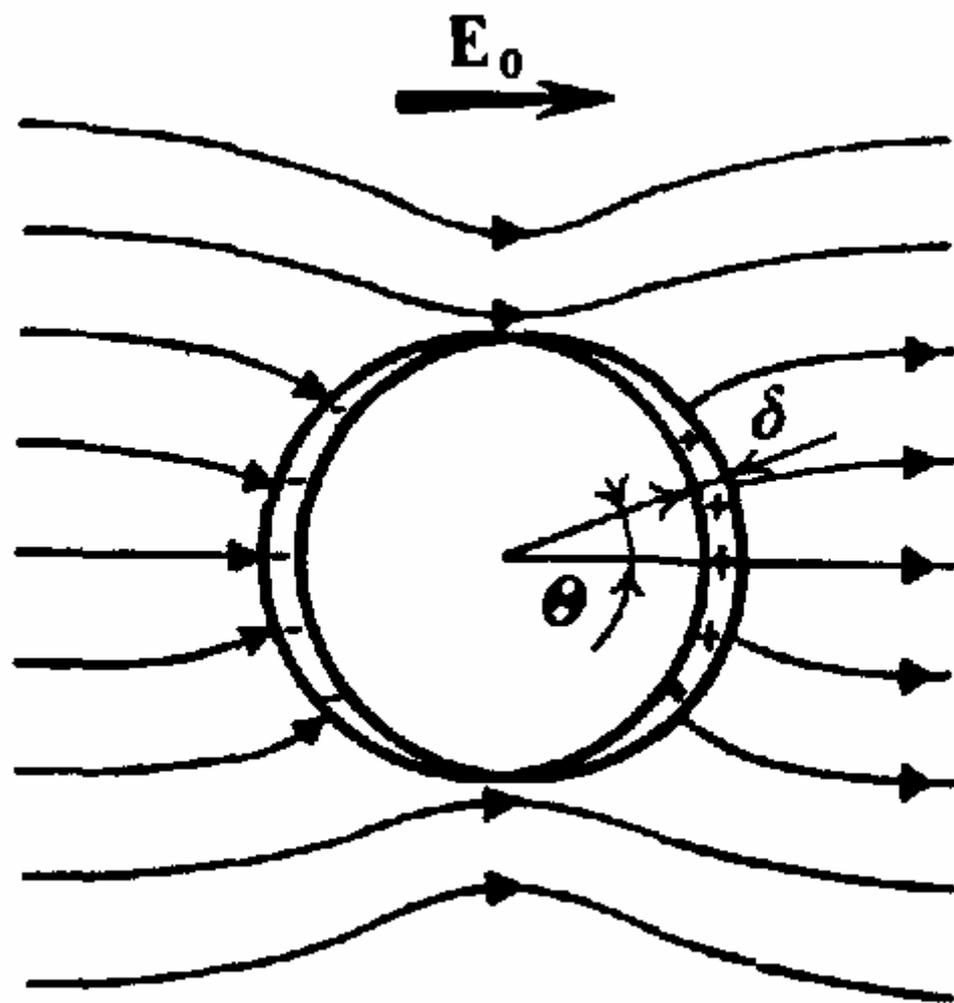


$$\Delta OBC \sim \Delta OBA, \Rightarrow R \cdot R' = a^2.$$

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

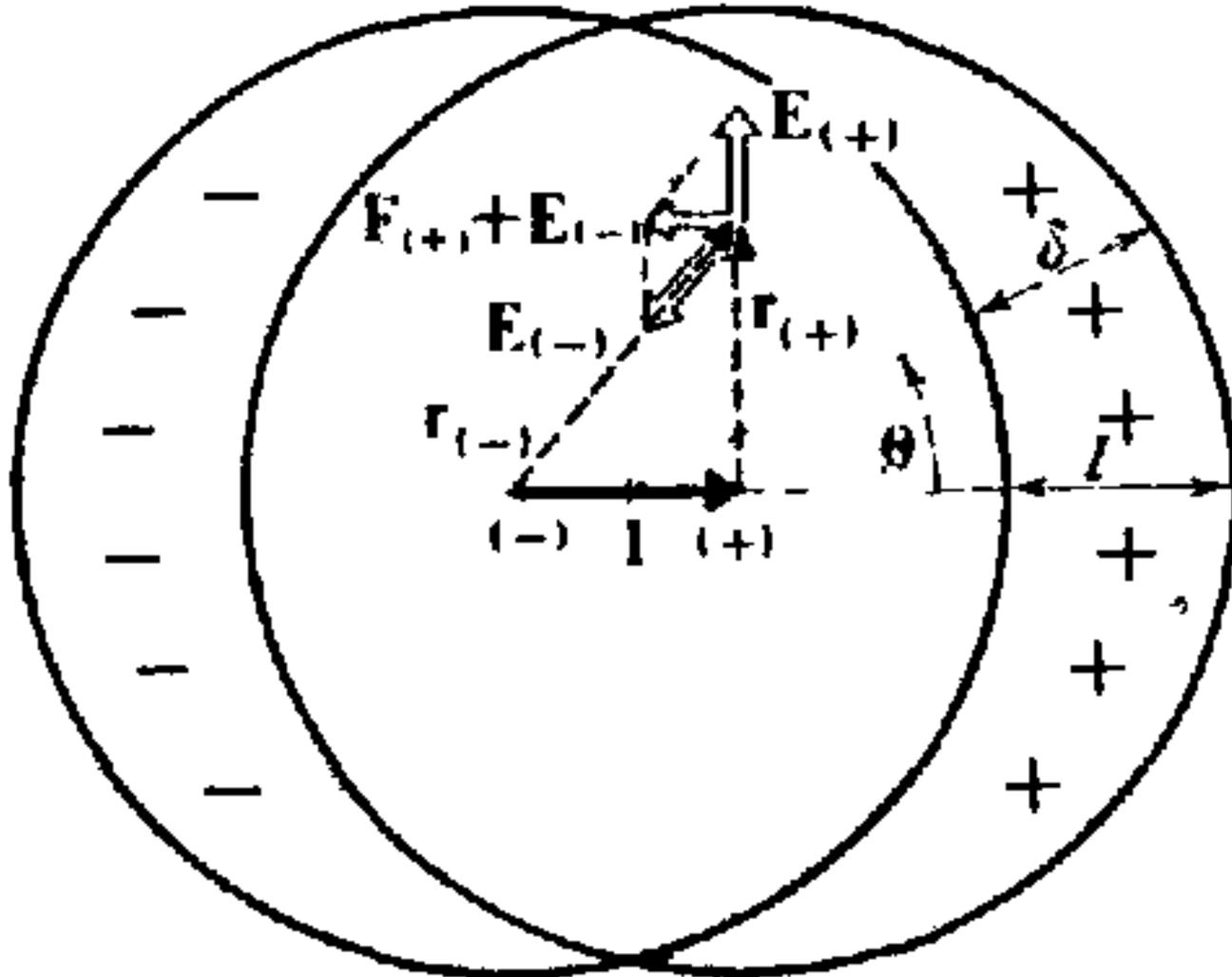
Вне сферы $\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q}{r} + \frac{q'}{r'} \right).$

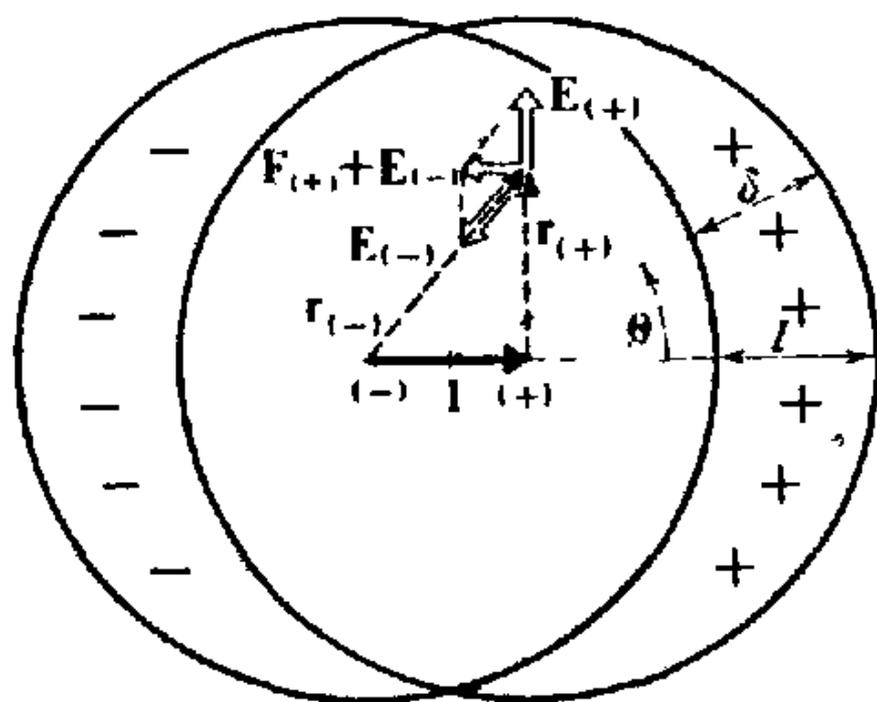




$$\mathbf{E}(\mathbf{r}) = \left[\frac{\rho}{3\epsilon_0} \right] \mathbf{r},$$

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





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

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

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

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

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

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

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

Поле вне шара - это поле диполя
с дипольным моментом

$$\vec{p} = q\vec{l} = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho\vec{l} = \frac{4}{3}\pi R^3 3\varepsilon_0\vec{E}_0,$$

$$\begin{aligned}\vec{E} &= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \left(\frac{3(\vec{p}\vec{r})\vec{r}}{r^5} - \frac{\vec{p}}{r^3} \right) + \vec{E}_0 = \\ &= \left(1 - \left(\frac{R}{r} \right)^3 \right) \vec{E}_0 + \left(\frac{R}{r} \right)^3 \frac{3(\vec{E}_0\vec{r})\vec{r}}{r^2}.\end{aligned}$$