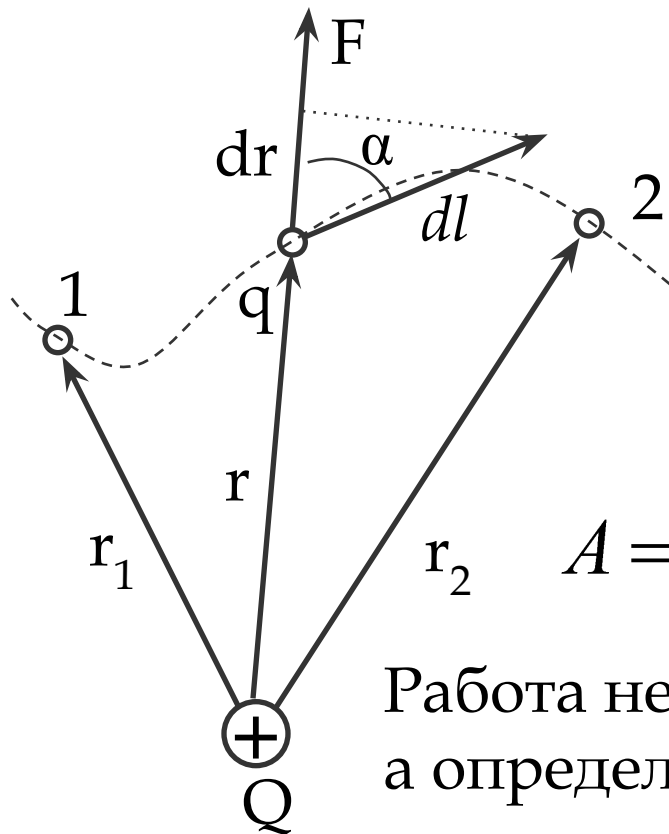


Потенциал

1.9 Циркуляция вектора напряженности электрического поля

ПОЛЯ

Если в электростатическом поле точечного заряда Q из точки 1 в точку 2 перемещается другой точечный заряд q , то сила приложенная к заряду q совершает работу:



$$dA = \vec{F} d\vec{l} = F dl \cdot \cos \alpha = \\ = \{dl \cdot \cos \alpha = dr\} = F \cdot dr$$

$$dA = k \frac{Qq}{r^2} \cdot dr$$

$$A = \int_1^2 dA = kQq \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r^2} = kQq \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

Работа не зависит от траектории перемещения, а определяется только начальным и конечным положением. Такое поле – потенциальное.

Из последней формулы следует, что работа по замкнутому пути, равна нулю:

$$\oint_L dA = 0$$

$$F = qE \quad \oint_L F dl = q \oint_L E dl = 0 \quad \text{Либо, сокращая на } q:$$

$$\oint_L E dl = 0 \quad \text{- такой интеграл называется циркуляцией
вектора напряженности}$$

Из обращения в нуль циркуляции вектора E следует, что линии напряженности не могут быть замкнутыми, они начинаются и заканчиваются на зарядах, либо уходят в бесконечность.

Циркуляция равна нулю только для неподвижных зарядов.

1.10 Потенциал

электростатического поля

Тело, находящееся в потенциальном поле сил, обладает потенциальной энергией, за счет которой поле способно совершать работу:

$$A = \frac{kQq}{r_1} - \frac{kQq}{r_2} = W_{\text{пот.1}} - W_{\text{пот.2}}$$

Для n зарядов:

$$W_{\text{пот.}} = \sum_{i=1}^n W_{\text{пот.}i} = q \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{4\pi\epsilon_0 r_i}$$

$$\varphi = \frac{W_{\text{пот.}}}{q} = \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{4\pi\epsilon_0 r_i}$$

- величина, не зависящая от заряда q и являющаяся энергетической характеристикой электростатич. поля, называемая потенциалом.

Потенциалом электрического поля называется физическая величина, равная отношению потенциальной энергии пробного точечного заряда, помещенного в рассматриваемую точку поля, к этому заряду.

$$\varphi = \frac{W_{\text{пот.}}}{q} = k \frac{q}{r}$$

Тогда работа, при перемещении заряда q из точки 1 в точку 2

$$A = W_{\text{пот.1}} - W_{\text{пот.2}} = q(\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$A = \int_1^2 qE dl = q(\varphi_1 - \varphi_2) \quad (\varphi_1 - \varphi_2) = \int_1^2 E dl \quad \text{- разность потенциалов}$$

Если перемещать заряд q из произвольной точки поля за пределы этого поля т.е. в бесконечность, где $\varphi=0$, то:

$$A_{\infty} = q \cdot \varphi \quad \varphi = \frac{A_{\infty}}{q}$$

Таким образом получаем второе определение потенциала:

Потенциал – физическая величина, определяемая работой по перемещению единичного положительного заряда при удалении его из данной точки в бесконечность.

$$[\varphi] = 1 \text{ Вольт} = \frac{1 \text{ Джоуль}}{1 \text{ Кулон}}$$

Потенциал поля системы зарядов равен сумме потенциалов:

$$\varphi = \sum_i \varphi_i = \sum_i k \frac{q_i}{r_i} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_i \frac{q_i}{r_i}$$

1.11 Напряженность как градиент потенциала

Напряженность эл. поля и потенциал тесно связаны. Найдем эту связь.

Работа по перемещению единичного точечного заряда вдоль оси X равна $E_x dx$. Та же работа равна $\phi_1 - \phi_2 = -d\phi$

$$E_x dx = -d\phi \quad \text{Либо:} \quad E_x = -\frac{\partial \phi}{\partial x} \quad \begin{array}{l} \text{Частная} \\ \text{производная по } x \end{array}$$

Сделав то же самое для осей y и z , имеем:

$$\vec{E} = -\left[\frac{\partial \phi}{\partial x} \cdot \vec{i} + \frac{\partial \phi}{\partial y} \cdot \vec{j} + \frac{\partial \phi}{\partial z} \cdot \vec{k} \right] = -\text{grad}(\phi) = -\nabla \phi$$

Где $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ – единичные базисные векторы.

Знак минус означает, что вектор \vec{E} направлен в сторону убывания потенциала.

Геометрическое место точек электростатического поля, в которых значение потенциала одинаково, называется эквипотенциальной поверхностью (экви- равно).

Линии напряженности электрического поля всегда перпендикулярны к эквипотенциальным поверхностям.

