

Лекція 11. ЕЛЕКТРОСТАТИЧНЕ ПОЛЕ. РОБОТА СИЛ ЕЛЕКТРОСТАТИЧНОГО ПОЛЯ. ПОТЕНЦІАЛ ПОЛЯ.

Як ви вирішили для себе питання, що я задав наприкінці останньої лекції ???

1. Як експериментально перевірити отримані формули для розрахунку полів?
2. Який прилад вимірює напруженість електричного поля?

Відповідь. Напруженість поля дуже важко вимірювати. А поля знати та описувати треба.

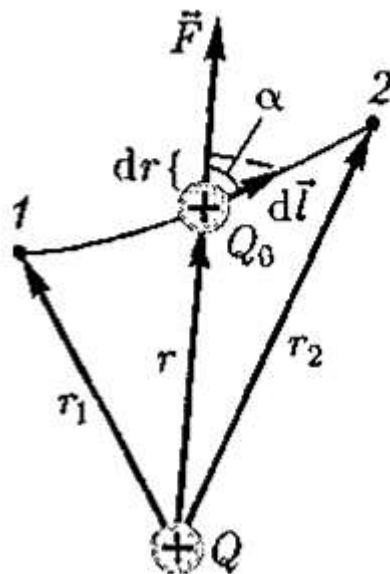
В механіці сили теж було важко вимірювати і щоб цього не робити пішли шляхом аналізу механічної роботи. Таким чином, використовуючи поняття робота та енергія можливо суттєво спростити аналіз електричних полів. Ми не робимо теорію більш складною, а, навпаки шукаємо шлях знайти прості рішення проблеми опису поля.

Ці розв'язки тісно пов'язані з поняттям потенціалу та роботи сил поля. Тому ідемо цим шляхом:

Робота сил електричного поля.

Якщо в електростатичному полі точкового заряду Q з точки 1 в точку 2 вздовж довільної траєкторії (рис.) переміщається інший точковий заряд Q_0 , то сила, прикладена до заряду, здійснює роботу.

Робота сили \mathbf{F} на елементарному переміщенні $d\mathbf{l}$ дорівнює



$$dA = \vec{F} d\vec{l} = F dl \cos \alpha = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{QQ_0}{r^2} dl \cos \alpha.$$

так як $dl \cos \alpha = dr$, то

$$dA = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{QQ_0}{r^2} dr.$$

Щоб знайти роботу на всьому шляху руху заряду треба останній вираз проінтегрувати (позбутися від символу диференціала). Тоді отримуємо:

$$\begin{aligned} A_{12} &= \int_{r_1}^{r_2} dA = \frac{QQ_0}{4\pi\epsilon_0} \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r^2} = \\ &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{QQ_0}{r_1} - \frac{QQ_0}{r_2} \right) \end{aligned}$$

За останньої формули можна зробити ті ж висновки, які ми робили в механіці при розрахунках роботи сили, яка розганяла тіло, при розрахунках роботи сил пружності. Ці висновки наступні:

1. Робота може бути поражена як різниця значень однієї і тієї ж функції, взятої в початковому і кінцевому стані системи. Ця функція носить назву потенційної енергії електричного поля:

$$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_0 Q}{r}.$$

2. Робота при переміщенні заряду Q_0 з точки 1 в точку 2 не залежить від траєкторії переміщення, а визначається тільки положеннями початкової 1 та кінцевої 2 точок.

3. Робота сил електричного поля на замкнутому шляху дорівнює нулю (покладіть в виразі $r_1 = r_2$).

У механіці ми довели, що якщо подані умови виконані, то для опису системи (поля) можна ввести поняття потенційної енергії. Ця величина введена вище як змінна U . Отже, електростатичне поле точкового заряду є потенційним, а електростатичні сили - консервативними.

Потенціал електростатичного поля.

Згідно наведеній формулі робота сил залежить від величини заряду, який рухався. Потрібно позбутися в розрахунках від величини самого пробного заряду бо він є нашим приладом, яким ми зондували поле. Потрібна характеристика, яка не залежить від того як ми міряємо саме поле. У той же час видно, що відношення U/Q_0 не залежить від Q_0 і може бути енергетичною характеристикою електростатичного поля. Ця характеристика зветься потенціалом:

$$\varphi = \frac{U}{Q_0}.$$

Таким чином, потенціал φ в будь-якій точці електростатичного поля є фізична величина, яка визначається потенційною енергією одиничного позитивного заряду, поміщеного в цю точку.

З формул для розрахунку роботи сили Кулона випливає, що потенціал поля, створюваного точковим зарядом Q , дорівнює

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r},$$

У механіці було доведено, що, якщо подані умови виконані, то для опису системи (поля) можна ввести поняття потенційної енергії. Ця величина в наведених вище формулах введена як змінна U . Отже, електростатичне поле точкового заряду є потенційним, а електростатичні сили - консервативними.

З формули для роботи сил електричного поля випливає, що робота визначається різницею потенціалів двох точок 1 в 2 в електростатичному полі між якими відбувається переміщення одиничного позитивного заряду.

Тому при вирішенні конкретних завдань фізичний зміст має різниця потенціалів між двома точками електростатичного поля.

З виразу для потенціалу слід, що одиниця потенціалу і різниці потенціалів - вольт (В): 1 В - потенціал такої точки поля, в якій заряд в 1 Кл володіє потенційною енергією 1 Дж ($1 \text{ В} = 1 \text{ Дж} / \text{Кл}$). З огляду на розмірність вольт, можна показати, що запроваджена раніше одиниця напруженості електростатичного поля дійсно дорівнює $1 \text{ В} / \text{м}$: $1 \text{ Н} / \text{Кл} = 1 \text{ Н} \cdot \text{м} / (\text{Кл} \cdot \text{м}) = 1 \text{ Дж} / (\text{Кл} \cdot \text{м}) = 1 \text{ В} / \text{м}$.

Працездатність та корисність введення до розгляду поняття потенціалу буде доведено в наступних лекціях.

Основним положенням електростатики присвячено відповідні розділи завдання в пропонованому методичному посібнику.

Детально теоретичний матеріал за темою електростатика наведено в рекомендованій літературі (Трофімова).

ПАМ'ЯТАЙТЕ: Останні розділи теорії поля досить складні в математичному відношенні. Якщо в цих математичних викладках у вас виникнуть труднощі, то **Всі наявні труднощі** розберемо при особистих зустрічах.

ЗАУВАЖЕННЯ: На освітньому порталі вказано мій старий E-mail.

Мій дійсний E-mail : **moskvinpavel56@gmail.com**

Маю можливість відповідати на ваші питання через E-mail канал зв'язку.