

План уроку 59

Тема: Електродинаміка.

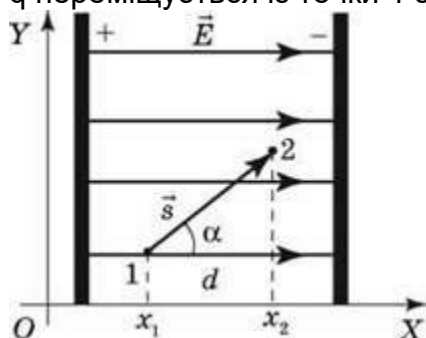
Тема уроку: Робота під час переміщення заряду в однорядному електричному полі.

Мета уроку: ознайомити учнів з роботою електростатичних сил.

ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

1. Як обчислити роботу з переміщення заряду в однорідному електростатичному полі

Нехай в однорідному електричному полі напруженістю $\vec{E}$ позитивний точковий заряд q переміщується із точки 1 з координатою x_1 в точку з координатою x_2 .



Обчислимо роботу, виконану силами електростатичного поля під час переміщення цього заряду. Робота, виконана силою $\vec{F}$ з переміщення тіла, дорівнює $A = F \cos \alpha$. У нашому випадку сила $\vec{F} = q\vec{E}$, а $\cos \alpha = d / s$, де $d = x_2 - x_1$.

Виходить, робота сил однорідного електростатичного поля під час переміщення електричного заряду із точки 1 у точку 2 дорівнює: $A_{1-2} = qE(x_2 - x_1)$, або $A_{1-2} = qEd$.

Якби заряд переміщався із точки 2 у точку 1, то знак роботи змінився б на протилежний, тому що роботу виконували б проти сил поля. Очевидно, що під час переміщення заряду q із точки 1 у точку 2 і назад була виконана робота, що дорівнює: $A = A_1 + A_2$. Оскільки заряд q повернувся у вихідну точку, то система зарядів залишилася незмінною, а отже, і поле залишилося колишнім. Кожне поле має певну енергію. Енергія в цьому випадку залишилася незмінною, а оскільки робота є мірою зміни енергії, то сумарна робота дорівнює нулю: $A = 0$. Звідси випливає, що $|A_1| = |A_2|$.

Аналогічні міркування можна провести й у випадку, якщо переміщати заряд q із точки 1 у точку 2 і назад по інших траєкторіях. На підставі вищевикладених міркувань можна зробити висновки:

1) робота в електростатичному полі залежить не від форми шляху, а тільки від положення точок у полі, між якими переміщається заряд;

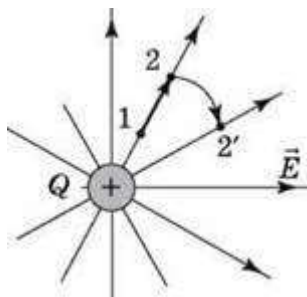
2) робота з будь-якого замкнутого контуру в електростатичному полі дорівнює нулю.

2. Як обчислити роботу з переміщення заряду в полі, створеному точковим зарядом

Нехай поле створене позитивним точковим зарядом Q , розташованим у вакуумі, а позитивний пробний заряд q рухається в цьому полі із точки 1 у точку 2.

Припустімо, що спочатку заряд q рухався уздовж радіуса на ділянці $1 \rightarrow 2'$, а потім уздовж дуги на ділянці $2' \rightarrow 2$. Тоді робота A_{1-2} поля під час переміщення заряду із точки 1 у точку 2 дорівнює сумі робіт $A_{1-2'}$, і $A_{2'-2}$ на цих ділянках:

$$A_{1-2} = A_{1-2'} + A_{2'-2}.$$



Очевидно, що робота $A_{2'-2}$ дорівнює нулю, оскільки в цьому випадку вектор сили в будь-який момент часу перпендикулярний до вектора переміщення. Щоб визначити роботу $A_{1-2'}$, розіб'ємо весь шлях q заряду на ділянці $1 \rightarrow 2'$ на дуже маленькі відрізки Δr , на яких силу можна вважати постійною. Тоді робота ΔA поля на кожному відрізку Δr дорівнюватиме:

$$\Delta A = F \Delta r = k \frac{Qq}{r^2} \cdot \Delta r.$$

Роботу поля на всьому шляху можна знайти як суму:

$$A_{1-2} = \sum_{r_1}^{r_2} \Delta A_i = \sum_{r_1}^{r_2} F_i \Delta r_i.$$

Звідси можна обчислити роботу, яку виконують сили поля, створеного точковим зарядом Q , під час переміщення пробного заряду q із точки 1 у точку 2:

$$A_{1-2} = kQq \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right).$$

3. Як пов'язана робота й потенціальна енергія

Тіло, що перебуває в потенційному полі, має потенціальну енергію, за рахунок зменшення якої сили поля виконують роботу. Тому заряджене тіло, поміщене в електричне поле, має потенціальну енергію. А різниця її значень у довільних точках 1 і 2 дорівнює роботі, яку повинні виконати сили поля, щоб перемістити заряд із точки 1 у точку 2: $A_{1-2} = W_{n1} - W_{n2}$.

Отже, $A_{1-2} = - \Delta W_n$, де W_{n1} і W_{n2} – потенціальні енергії заряду в точках 1 і 2 відповідно.

Виберемо нульову точку (нагадаємо, що нульовою точкою називається точка, у якій потенціальна енергія заряду дорівнює нулю). Зазвичай за нульову точку вибирають будь-яку точку, що нескінченно віддалена від зарядів, які створюють поле: $W_n \rightarrow 0$, якщо $r \rightarrow \infty$.

У цьому випадку $W_n = 0$, а $W_1 = W_n$.

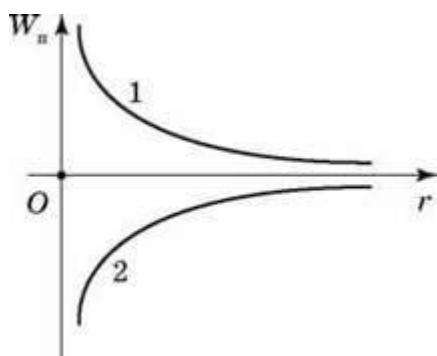
Тобто потенціальна енергія заряду в даній точці електростатичного поля дорівнює роботі, яку повинне виконати поле з переміщення заряду із цієї точки в нескінченність.

$$W_n = k \frac{Qq}{r}.$$

Отже, Таким чином, енергія взаємодії двох точкових зарядів має сенс роботи, яку повинне виконати електростатичне поле для збільшення відстані між цими зарядами від r до нескінченності.

Якщо система складається із зарядів одного знака, то внаслідок дії сил відштовхування заряди намагаються віддалитися один від одного на нескінченно велику відстань.

Тому енергія системи зарядів є позитивною; у результаті видалення зарядів енергія системи зменшується до нуля (графік 1 на рисунку).



Якщо система складається із зарядів протилежних знаків, тоді уже не сили поля, а зовнішні сили мають виконати позитивну роботу, щоб віддалити заряди на нескінченно велику відстань. Тому у разі віддалення зарядів один від одного енергія їх взаємодії буде збільшуватися до нуля, а від самого початку вона була негативною (графік 2 на рисунку).

ПИТАННЯ ДО УЧНІВ.

1. Чи залежить робота з переміщення зарядженого тіла з однієї точки поля в іншу від форми траєкторії?
2. Які поля називають потенційними?
3. За рахунок якої енергії сили електростатичного поля виконують роботу?