

Урок 87. Потенціал електричного поля. Різниця потенціалів. Еквіпотенціальні поверхні.

Мета. Ввести енергетичну характеристику електростатичного поля, розкрити фізичне значення понять потенціал і різниця потенціалів. Вчити розкривати причинно - наслідкові зв'язки, узагальнювати та систематизувати знання; вміти включити нові знання в систему раніше вивчених.

Хід уроку

1. Актуалізація опорних знань.

1. Як обчислюється робота з переміщення зарядженого тіла в однорідному електричному полі?
2. У тексті параграфа показано, що робота переміщення заряду з точки 1 у точку 2 дорівнює qEd . Якою буде робота, якщо цей само заряд переміщується з точки 2 в точку 1?
3. Чи завжди робота сил електричного поля вздовж замкненої траєкторії дорівнює нулю? Наведіть приклад.
4. Як пов'язана зміна потенціальної енергії з роботою електростатичного поля?
5. Чому електростатичне поле потенціальне?

2. Вивчення нового матеріалу.

Напруженість електричного поля - це силова характеристика. Введемо енергетичну характеристику- потенціал.

Нехай W - потенціальна енергія пробного заряду q_0 в деякій точці електричного поля. Різні пробні заряди у даній точці поля матимуть різні потенціальні енергії. Водночас відношення потенціальної енергії пробних зарядів до їх значень для даної точки поля є величиною сталою і тому може служити характеристикою електричного поля.

Потенціал електричного поля φ - скалярна енергетична характеристика поля, що визначається відношенням потенціальної енергії W позитивного заряду q в даній точці поля до величини цього заряду

$$\varphi = \frac{W}{q}$$

Одиниця потенціалу - вольт, $1 \text{ Дж/Кл} = 1 \text{ В}$

Величина потенціалу певної точки поля визначається роботою, яку виконує електричне поле, переміщуючи одиничний позитивний заряд із цієї точки в нескінченність,

$$\varphi = \frac{A}{q}$$

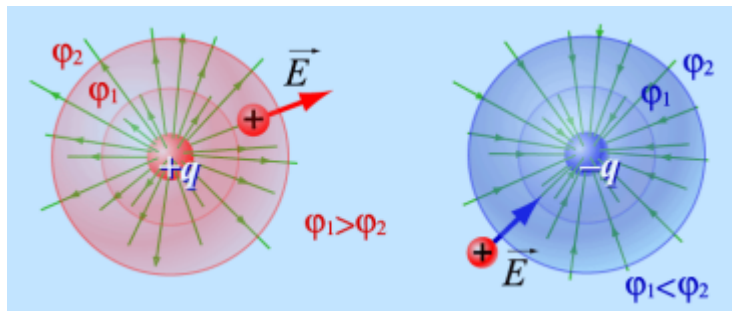
Якщо електричне поле створюється точковим зарядом q , то в точці, що лежить на відстані r від нього, потенціал обчислюють за формулою

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r}$$

За цією формулою розраховують і потенціал поля зарядженої кулі. У такому разі r - це відстань від центра кулі до вибраної точки поля.

На однакових відстанях від точкового заряду, який створює поле, потенціал є однаковим. Усі ці точки лежать на поверхні сфери, описаної радіусом r навколо точкового заряду. Таку сферу називають еквіпотенціальною поверхнею.

Еквіпотенціальні поверхні - геометричне місце точок в електричному полі, які мають однаковий потенціал, - один з методів наочного зображення електричних полів.

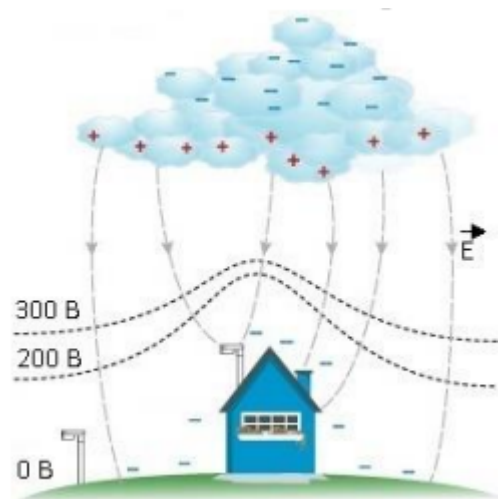


Робота сил поля з переміщення заряду по еквіпотенціальній поверхні дорівнює нулю.

Потенціал електричного поля системи зарядів дорівнює алгебраїчній сумі потенціалів полів, створених кожним із зарядів:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \dots + \varphi_n.$$

Потенціал позитивного заряду позитивний, а негативного - негативний. Мал. Еквіпотенціальні лінії поля над Землею та над заземленими провідниками.



Різниця потенціалів.

Практичне значення має не сам потенціал у точці, а зміна потенціалу, яка не залежить від вибору нульового рівня відліку потенціалу. Знайдемо, як вона пов'язана з роботою поля під час переміщення заряду між цими точками.

Нехай заряд q переміщається із точки 1 у точку 2.

Позначимо потенціали поля в цих точках φ_1 і φ_2 .

Оскільки потенціальна енергія

$$W = q\varphi$$

то робота дорівнює:

$$A = -(W_2 - W_1) = W_1 - W_2 = q\varphi_1 - q\varphi_2 = q(\varphi_1 - \varphi_2),$$

тобто,

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A}{q}$$

Різниця потенціалів між двома точками дорівнює відношенню роботи поля під час переміщення заряду з початкової точки в кінцеву до цього заряду.

Різницю потенціалів називають також напругою й позначають U

$$U = \frac{A}{q}$$

Різницю потенціалів (напругу) вимірюють в вольтах (В).

Зв'язок напруженості електричного поля з напругою.

З формул $A = Eqd$ та $A = qU$ можна встановити зв'язок між напруженістю й напругою електричного поля: $Ed = U$. Із цієї формули випливає:

- що менше змінюється потенціал на відстані d , то меншою є напруженість електричного поля;
- якщо потенціал не змінюється, то напруженість дорівнює нулю;
- напруженість електричного поля напрямлена в бік зменшення потенціалу.

3. Вчимось розв'язувати задачі.

Задача 1. Яку роботу виконує поле під час переміщення заряду 20 нКл з точки, потенціал якої 700В, у точку з потенціалом 100 В?

Дано:	Розв'язання
$q = 20 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$	$A = (\varphi_1 - \varphi_2) \cdot q$
$\varphi_1 = 700 \text{ В}$	$A_1 = (700 \text{ В} - 100 \text{ В}) \cdot 20 \cdot 10^{-9} \text{ Кл} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ Дж} = 12 \text{ мкДж}$
$\varphi_2 = 100 \text{ В}$	
$A - ?$	

Відповідь: $A = 12 \text{ мкДж}$

Задача 2. Електрон перемістився в прискорюючому полі з точки, потенціал якої 200 В, у точку з потенціалом 300В. Визначити кінетичну енергію електрона, зміну потенціальної енергії взаємодії з полем і набуту швидкість. Вважати, що початкова швидкість електрона дорівнює нулеві.

Дано:	Розв'язання
-------	-------------

$q = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$	$\Delta W = -\Delta W_p$
$\varphi_1 = 200 \text{ В}$	$\Delta W_p = -A = q(\varphi_2 - \varphi_1)$
$\varphi_2 = 300 \text{ В}$	$\Delta W = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 100 \text{ В} = -1,6 \cdot 10^{-17} \text{ Дж}$
$v_0 = 0$	$\Delta W_k = 1,6 \cdot 10^{-17} \text{ Дж}$
$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$	
$\Delta W_k = ?$	$\Delta W_k = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} \rightarrow \Delta W_k = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow$
$\Delta W_p = ?$	$v = \sqrt{\frac{2\Delta W_k}{m}}$
$v = ?$	$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-17} \text{ Дж}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}}} = 0,596 \cdot 10^7 \text{ м/с} = 5,96 \text{ Мм/с}$

Відповідь: $\Delta W_k = 1,6 \cdot 10^{-17} \text{ Дж}$; $\Delta W_p = -1,6 \cdot 10^{-17} \text{ Дж}$; $v = 5,96 \text{ Мм/с}$

4. Запитання на закріплення вивченого.

1. Яку властивість поля характеризує потенціал?
2. Яка поверхня називається екіпотенціальною?
3. Що називається різницею потенціалів? Які одиниці вимірювання?
4. Як різниця потенціалів між двома точками поля залежить від роботи електричного поля?
5. За яких умов переміщення електричного заряду з однієї точки електричного поля в іншу не вимагає витрат енергії?

5. Домашнє завдання.

Опрацювати параграф 42. Виконати завдання 4-5 із вправи 42.

Вправа № 42

1. Заряди q і $2q$ розташовані на відстані R один від одного. Як зміниться потенціальна енергія взаємодії зарядів, якщо збільшити вдвічі відстань між зарядами? якщо збільшити вдвічі значення кожного заряду?
2. В однорідному електричному полі напруженістю 500 Н/Кл перемістили заряд $q = -40 \text{ нКл}$ у напрямку силової лінії поля на 15 см . Яку роботу виконало поле? Як змінилася потенціальна енергія заряду?
3. Заряд 2 мКл перемістили з точки A , розташованої на відстані 10 см від точкового заряду $Q = 5 \text{ мКл}$, у точку B , розташовану від заряду Q на відстані 5 см . Яку роботу виконало електричне поле? Чи буде ця робота залежати від того, якою траєкторією переміщували заряд?
4. В електростатичному полі із точки з потенціалом 450 В у точку з потенціалом 900 В рухається негативно заряджена частинка. Електричне поле виконує при цьому роботу $1,8 \text{ мкДж}$. Визначте модуль заряду частинки.
5. Електрон, рухаючись зі швидкістю $3 \cdot 10^7 \text{ м/с}$, влітає в електричне поле. Визначте різницю потенціалів, яку необхідно пройти електрону, щоб швидкість його руху зменшилася до $1 \cdot 10^7 \text{ м/с}$.