

Тема 15. Потенціал та робота електростатичного поля.

Потенціал електричного поля – це його енергетична характеристика, яка дорівнює відношенню потенціальної енергії W заряду в даному полі до його величини q :

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

Потенціал є скалярною алгебраїчною величиною, його знак визначається знаком заряду, який створив електричне поле.

Потенціал залежить від форми та розмірів тіла, яке утворює електричне поле. Потенціал, так само як і потенціальна енергія, визначається відносно обраної точки простору, в якій покладають $\varphi = 0$.

У випадку точкового заряду та зарядженої сфери така точка для зручності обирається на нескінченності ($r \rightarrow \infty$). У практичних застосуваннях електростатики часто приймають, що нульовий потенціал має Земля, і потенціал тіл відраховують відносно Землі. В інших випадках визначають різницю потенціалів двох точок поля.

Потенціал поля точкового заряду q на відстані r від нього:

$$\varphi = \frac{kq}{\varepsilon r} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon r}.$$

Потенціал поля сфери радіуса R , яка несе заряд q , рівномірно розподілений по її поверхні, на відстані r від її центра:

$$\text{всередині сфери } (r < R): \varphi = \frac{kq}{\varepsilon R} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon R};$$

$$\text{зовні сфери та на її поверхні } (r \geq R): \varphi = \frac{kq}{\varepsilon r} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon r}.$$

Потенціал електричного поля є величиною адитивною: потенціал, створений системою зарядів, дорівнює алгебраїчній сумі потенціалів, створених у даній точці кожним із зарядів системи:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n = \sum_{i=1}^n \varphi_i.$$

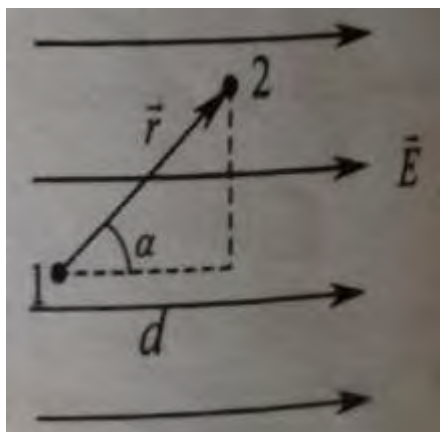
Робота електричного поля при перенесенні заряду q з однієї точки поля в іншу становить:

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

де φ_1 та φ_2 – потенціал початкової та кінцевої точок, відповідно. При цьому виконана робота не залежить від траєкторії заряду.

Величину $U = (\varphi_1 - \varphi_2)$ називають **різницею потенціалів** або **напругою**.

Різниця потенціалів двох точок **однорідного** електричного поля та напруженість цього поля пов'язані співвідношенням:



$$U = (\varphi_1 - \varphi_2) = Ercos\alpha = Ed,$$

де d – відстань між точками, відрахована вздовж вектору \vec{E} .

Однорідним називають **поле**, для якого вектор \vec{E} є однаковим в усіх точках. Таке поле створює, наприклад, нескінченна

площина.

Робота сил електричного поля може призводити до зміни кінетичної енергії заряду. На цьому ґрунтується позасистемна одиниця енергії – **електронвольт (eV)**, яка широко застосовується в електростатиці. 1 eV – це енергія, якої набуває електрон, що проходить відстань між двома точками простору, різниця потенціалів між якими дорівнює 1 В.

Потенціальна енергія взаємодії двох точкових зарядів q_1 та q_2 , які знаходяться на відстані r один від одного, дорівнює:

$$W = \frac{kq_1q_2}{\epsilon r} = \frac{q_1q_2}{4\pi\epsilon_0\epsilon r}.$$

Потенціальна енергія є додатною, якщо заряди q_1 та q_2 однойменні, та від'ємною, якщо заряди різнойменні.

Потенціальна енергія взаємодії системи точкових зарядів дорівнює сумі енергій взаємодії окремих пар зарядів.

Приклад 1. Напруженість електричного поля у точці, віддаленій від заряду на відстань 10 см, дорівнює 20 В/м. Чому дорівнює в цій точці потенціал електричного поля?

$$E = 20 \text{ В/м}, r = 0,1 \text{ м. } \varphi = Er = 20 \cdot 0,1 = 2 \text{ В.}$$

Відповідь: 2 В.

Приклад 2. З точки, потенціал якої дорівнює 400 В, заряд у 25 нКл переносять до точки з потенціалом -200 В. Яку роботу при цьому виконує електричне поле?

$$\varphi_1 = 400 \text{ В}, \quad \varphi_2 = -200 \text{ В}, \quad q = 25 \cdot 10^{-9} \text{ Кл.}$$

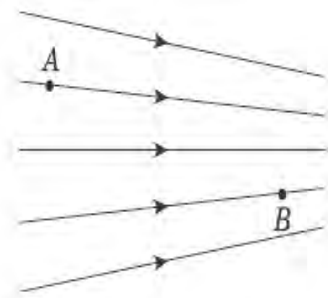
$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = 25 \cdot 10^{-9} \cdot (400 - (-200)) = 15 \cdot 10^{-6} \text{ Дж.}$$

Відповідь: 15 мкДж.

Приклад 3.

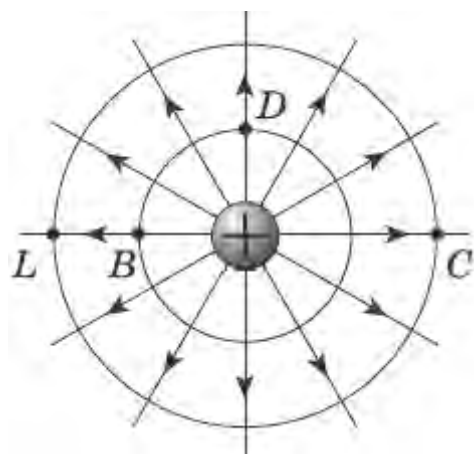
Порівняйте напруженості й потенціали в точках А і В електричного поля (див. рисунок).

А	$E_A > E_B, \varphi_A < \varphi_B$	В	$E_A < E_B, \varphi_A < \varphi_B$
Б	$E_A < E_B, \varphi_A > \varphi_B$	Г	$E_A > E_B, \varphi_A > \varphi_B$



Відповідь: Б. Напруженість поля більша там, де густина ліній напруженості більша, потенціал поля зменшується під час переміщення вздовж лінії напруженості поля.

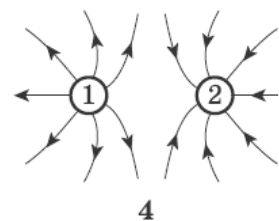
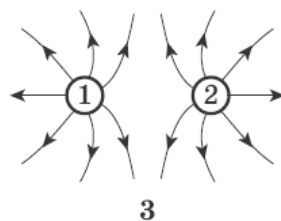
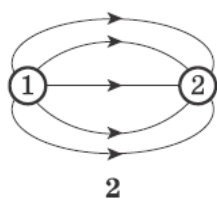
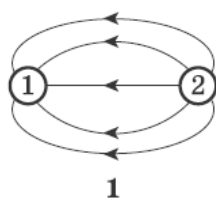
Приклад 4. Порівняти роботу електричного поля по переносу позитивного пробного заряду з точки В у точки С, D і L (див. рисунок).



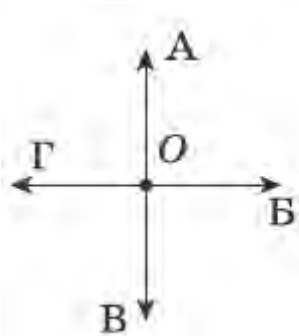
- А** $A_{BL} < A_{BC} < A_{BD}$
Б $A_{BL} > A_{BC} > A_{BD}$
В $A_{BL} = A_{BC} > A_{BD}$
Г $A_{BL} > A_{BC} = A_{BD}$

Відповідь: В. Два концентричні кола є екіпотенціальними поверхнями електричного поля точкового заряду, тому $A_{BD} = 0$. У разі переміщення до екіпотенціальної поверхні, яка знаходиться далі від заряду, виконується додатна робота, причому $A_{BL} = A_{BC}$.

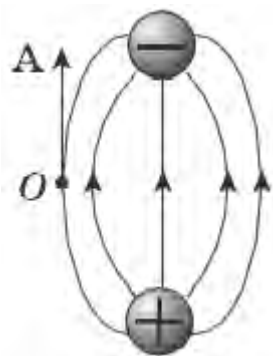
Приклад 5. Який із представлених рисунків силових ліній електричного поля двох зарядів відповідає ситуації, коли заряд 1 – позитивний, а заряд 2 – негативний?



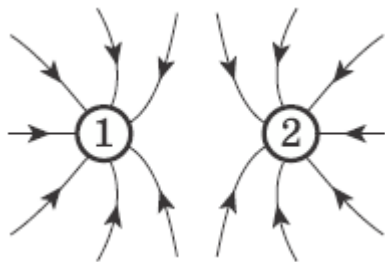
Відповідь: 2.



Приклад 6. На рисунку показано взаємне розташування двох однакових за модулем зарядів. Укажіть напрям напруженості електричного поля, який створюють заряди в точці O.



Відповідь: напрям А.



Приклад 7. Якими є знаки зарядів двох кульок, силові лінії електричного поля яких представлено на рисунку?

Відповідь: перший та другий – негативні.

Домашнє завдання: № 472, 474, 476, 481, 482, 484, 485, 487, 501, 503, 506, 507, 509.