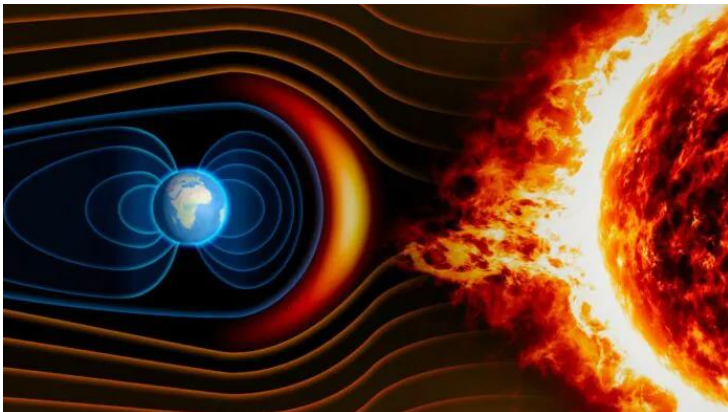


**Робота з переміщення
заряду в
електростатичному полі.
Потенціал.**



Робота з переміщення заряду

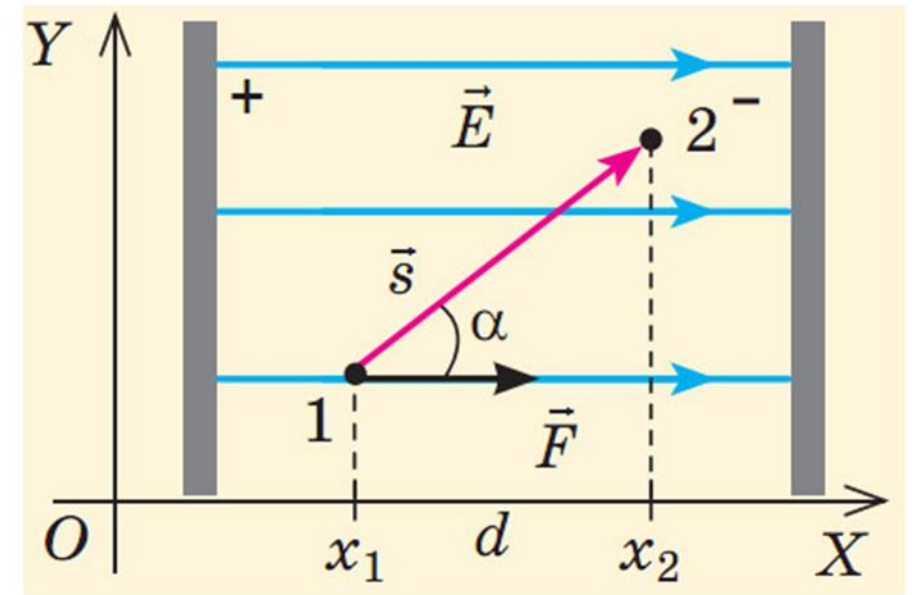


Якщо електростатичне поле діє з деякою силою на електрично заряджені тіла, то воно здатне виконати роботу з переміщення цих тіл.

Нехай в однорідному електричному полі напруженістю E позитивний точковий заряд q переміщується з точки 1 в точку 2.

Тоді робота сил однорідного електростатичного поля в ході переміщення електричного заряду q із точки 1 в точку 2 дорівнює:

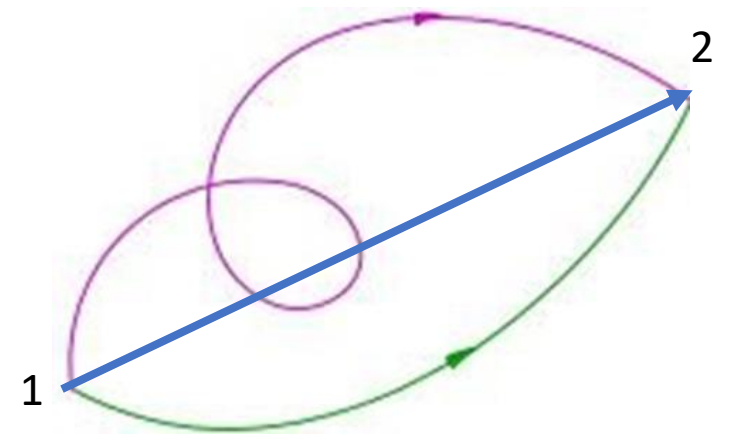
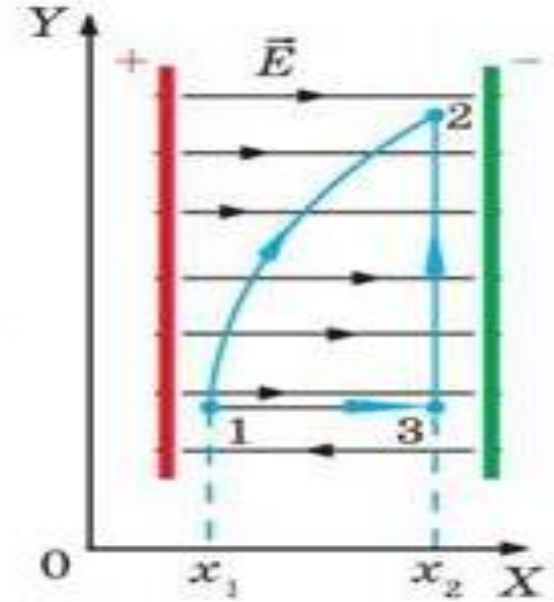
$$A_{1 \rightarrow 2} = qE(x_2 - x_1), \text{ або } A_{1 \rightarrow 2} = qEd$$



A – робота з переміщення заряду
 E – напруженість поля
 q – заряд
 d – проекція вектора переміщення на напрямок силових ліній поля

Слід пам'ятати!

- Однорідне електростатичне поле є **потенціальним**, тому робота електростатичних сил (кулонівських) не залежить від форми траєкторії. Тобто визначається **початковим і кінцевим** положеннями заряду.
- Якщо траєкторія руху заряду замкнена лінія, то робота сил поля дорівнює нулю.



Потенціальна енергія зарядженого тіла в полі, створеному точковим зарядом



Заряджене тіло, розміщене в електростатичному полі, так само як тіло, що перебуває в гравітаційному полі Землі, має потенціальну енергію.

$$-\Delta W_p = W_{p1} - W_{p2} = A_{1 \rightarrow 2}$$

Потенціальну енергію двох точкових зарядів Q і q , розташованих на відстані r один від одного, визначають за формулою:

$$W_p = k \cdot \frac{Qq}{r}$$

Увага! Потенціальна енергія взаємодії зарядів додатна, якщо заряди однойменні.
Потенціальна енергія взаємодії зарядів від'ємна, якщо заряди різнойменні.

Потенціал електростатичного поля

Потенціал φ електростатичного поля в дані точці – це скалярна фізична величина, яка характеризує енергетичні властивості поля і дорівнює відношенню потенціальної енергії W_p електричного заряду, поміщеного в дану точку поля, до значення q цього заряду:

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

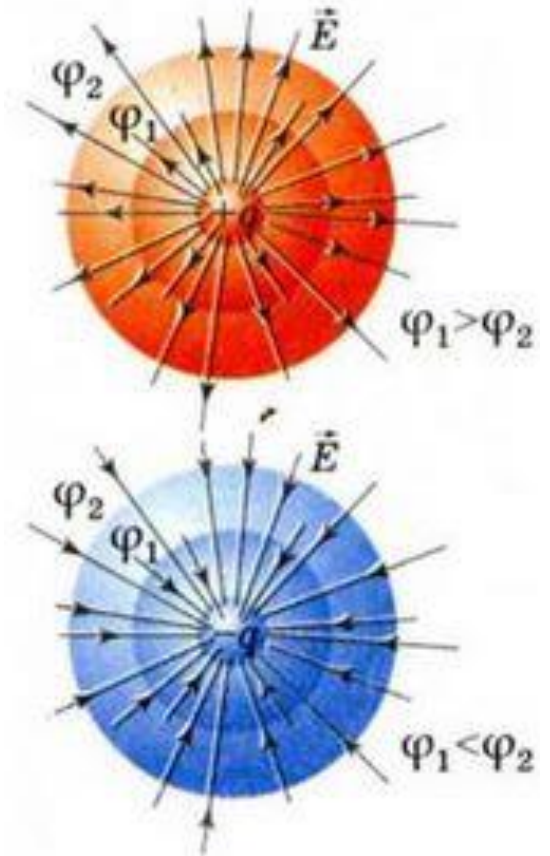
Одиниця потенціалу в СІ – **вольт**:

$$[\varphi] = 1\text{В} = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}}$$

Потенціал поля, створеного точковим зарядом, у точках, які розташовані на відстані від цього заряду, можна знайти за формулою:

$$\varphi = k \frac{Q}{r}$$

Якщо поле створене позитивним зарядом, то φ – додатне.
Якщо поле створене негативним зарядом, то φ – від'ємний.





Якщо поле утворене кількома довільно розташованими зарядами, потенціал φ поля в будь-якій точці цього поля дорівнює алгебраїчній сумі потенціалів $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_n$ полів, створених кожним зарядом:

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



Різниця потенціалів – скалярна фізична величина, яка дорівнює відношенню роботи сил електростатичного поля з переміщення заряду з початкової точки в кінцеву до значення цього заряду:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A_{1 \rightarrow 2}}{q}$$

- Одиниця різниці потенціалу в СІ – вольт:
[$\varphi_1 - \varphi_2$] = 1В

Зв'язок між напруженістю і різницею потенціалів

$$E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d}$$

або

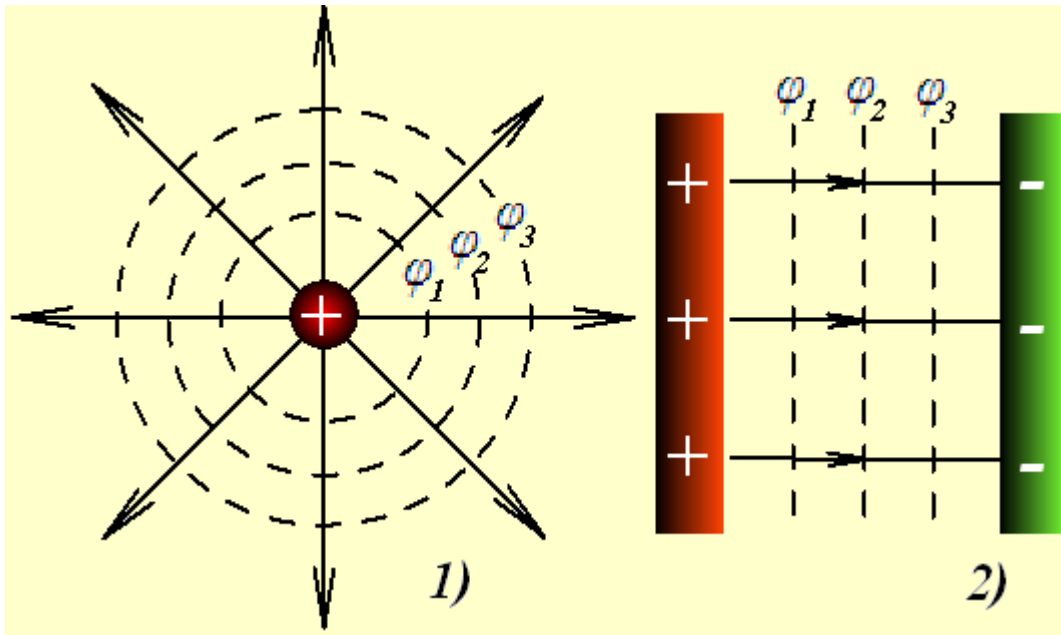
$$E = \frac{U}{d}$$

Одиницею напруженості в СІ – є **вольт на метр**:

$$[E] = 1 \frac{\text{В}}{\text{м}} \quad \text{або} \quad 1 \frac{\text{В}}{\text{м}} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}$$

Еквіпотенціальні поверхні

Еквіпотенціальна поверхня – це поверхня, в усіх точках якої потенціал електростатичного поля має однакове значення.



Еквіпотенціальні поверхні:

- 1) поля точкового заряду;
- 2) однорідного поля.

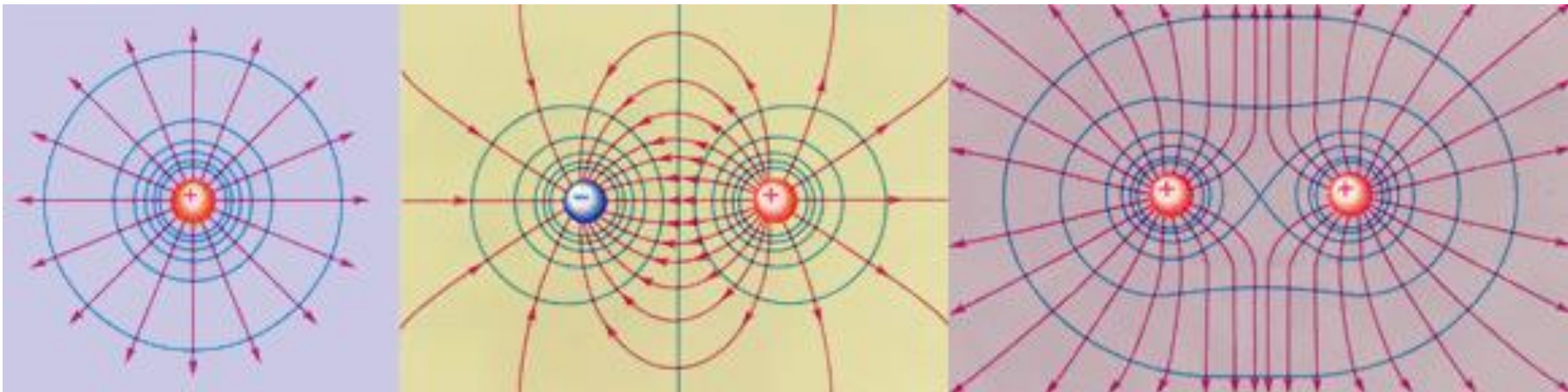
Для еквіпотенціальних поверхонь характерні такі властивості:

1. *Робота по переміщенню заряду з однієї точки еквіпотенціальної поверхні в іншу точку цієї ж поверхні дорівнює нулю.*
2. *Лінії напруженості електричного поля завжди входять під прямим кутом до еквіпотенціальних поверхонь.*
3. *Еквіпотенціальні поверхні не перетинаються.*
4. *Провідники, внесені в електростатичне поле, є еквіпотенціальними поверхнями.*

Розглянемо малюнок.

Еквіпотенціальні поверхні (сині лінії) і силові лінії (червоні лінії) простих електростатичних полів, створених:

1. Позитивним точковим зарядом.
2. Двома рівними за модулем, але різними за знаками точковими зарядами.
3. Двома рівними за модулем позитивними точковими зарядами.



Статична електрика в промисловості і виробництві



Позначення чутливого до статичних розрядів об'єкту



Позначення матеріалу, що захищає від статичних розрядів

Якісні задачі.

1. Однойменно заряджені тіла зближують. Яку роботу при цьому виконують сили електростатичного поля – позитивну чи негативну? Як змінюється енергія електростатичного поля: збільшується чи зменшується?
2. Як треба переміщати точковий заряду полі іншого (нерухомого) точкового заряду, щоб потенціальна енергія взаємодії зарядів не змінювалася?
3. Є два провідники. Один із них має заряд менший, але потенціал вищий від іншого. Як будуть переміщатися електричні заряди під час з'єднання провідників?
4. Точки А і В розташовані на одній силовій лінії однорідного електростатичного поля. Куди напрямлена напруженість поля, якщо потенціал точки В більший, ніж потенціал точки А?

Тест «Так - ні».

1. Робота сил електростатичного поля в ході переміщення заряду обчислюється за формулою $A = qEd$.
2. Заряджене тіло, розміщене в електростатичному полі має кінетичну енергію
3. У випадку замкненої траєкторії заряду робота сил поля буде максимальною.
4. Потенціальна енергія взаємодії зарядів додатна, якщо заряди однойменні, і від'ємна, якщо заряди різнойменні.
5. Потенціал – це векторна величина.
6. Якщо поле створене позитивним точковим зарядом, то потенціал цього поля в будь-якій точці є додатним.
7. Зміну потенціалу $\phi_2 - \phi_1$ ще називають напругою.
8. Напруженість можна обчислити за формулою $E = Ud$.

Розв'язування задач

Задача 1. Електрон, розпочавши рух із стану спокою, пройшов прискорювальну різницю потенціалів -300В . Якої швидкості набув електрон? Маса електрона $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, заряд становить $-1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

Давайте проаналізуємо умову задачі.

Заряд електрона – негативний, його початкова швидкість дорівнює нулю, тому під дією стл поля електрон рухатиметься в напрямку, протилежному напрямку силових ліній поля, тобто в напрямку збільшення потенціалу.

Поле буде виконувати додатну роботу, в результаті кінетична енергія електрона і його швидкість зростатимуть.

Отже, скористаємося формулою для розрахунку роботи електростатичного поля, поданою через різницю потенціалів, і теоремою про кінетичну енергію.

Тепер запишемо умову задачі та почнемо розв'язок.

Дано:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = -300 \text{ В}$$

$$v_0 = 0$$

$$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

$$e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

v — ?

Пошук математичної моделі, розв'язання

Згідно з теоремою про кінетичну енергію:

$$A = \Delta W_k = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}, \text{ де } A = e(\varphi_1 - \varphi_2) \text{ — робота сил поля.}$$

$$\text{Таким чином, } e(\varphi_1 - \varphi_2) = \frac{mv^2}{2}, \text{ звідки } v = \sqrt{\frac{2e(\varphi_1 - \varphi_2)}{m}}.$$

Перевіримо одиницю, знайдемо значення шуканої величини:

$$[v] = \sqrt{\frac{\text{Кл} \cdot \text{В}}{\text{кг}}} = \sqrt{\frac{\text{Кл} \cdot \text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{Кл}}} = \sqrt{\frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{кг}}} = \sqrt{\frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{м}}{\text{кг} \cdot \text{с}^2}} = \sqrt{\frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot (-1,6 \cdot 10^{-19}) \cdot (-300)}{9,1 \cdot 10^{-31}}} \approx 1,0 \cdot 10^7 \text{ (м/с)}.$$

Відповідь: $v \approx 1,0 \cdot 10^7$ м/с.

Розв'яжіть задачі

1. В однорідному електричному полі напруженістю 500Н/Кл перемістили заряд $q=-40\text{нКл}$ у напрямку силової лінії поля на 15см . Яку роботу виконало поле? Як змінилася потенціальна енергія заряду?
2. 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?
3. Заряд 2мкКл перемістили з точки A , розташованої на відстані 10см від точкового заряду $Q=5\text{мкКл}$, у точку B , розташовану від заряду Q на відстані 5см . Яку роботу виконало електричне поле? Чи буде ця робота залежати від того, якою траєкторією переміщували заряд?
4. 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 $1 \cdot 10^7\text{ м/с}$.
5. В електростатичному полі із точки з потенціалом 450В у точку з потенціалом 900В рухається негативно заряджена частинка. Визначте модуль заряду частинки.