

Тема 14. Електростатичне поле.

Електричний заряд – це фізична величина, яка характеризує властивість частинок або тіл вступати в електромагнітну взаємодію.

Електричний заряд позначають літерою q . *Одиниця електричного заряду в СІ – кулон (Кл).*

В природі існують два типи електричних зарядів – **позитивні** та **негативні**. Тіла, що мають заряди одного знаку, *відштовхуються*; тіла, що мають заряди протилежних знаків, *притягуються*.

Носієм електричного заряду є частинка – електричний заряд не існує окремо від неї.

Електричний заряд є *дискретним*, тобто електричні заряди фізичних тіл кратні найменшому (елементарному) заряду. Носієм найменшого негативного заряду є **електрон**. Цей заряд позначають символом e , а його значення дорівнює $e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. Носієм найменшого позитивного заряду є **протон**, його заряд дорівнює за модулем заряду електрона.

Заряд тіла q можна представити у вигляді:

$$|q| = N|e|,$$

де e – заряд електрона, N – деяке натуральне число. Якщо заряд тіла значно перевищує елементарний, то дискретність заряду можна не враховувати.

Електризація – це процес одержання електричного заряду макроскопічними тілами або їх частинами.

Одним із способів електризації є *тертя*. В процесі електризації тертям відбувається тісний контакт двох тіл, виготовлених з різних матеріалів, і частина електронів переходить з одного тіла на інше. Після роз'єднання цих тіл виявляється, що тіло, яке віддало частину своїх електронів, заряджене позитивно, а тіло, яке одержало їх, заряджене негативно.

За будь-якого способу електризації тіл відбувається перерозподіл наявних в них електричних зарядів, а не поява нових. Це є наслідком **закону збереження електричного заряду**.

В електрично ізольованій системі алгебраїчна сума зарядів залишається незмінною:

$$q_1 + q_2 + \dots + q_n = const .$$

Основним законом електростатики є **закон Кулона**.

Сила взаємодії двох точкових зарядів q_1 і q_2 прямо пропорційна величинам цих зарядів і обернено пропорційна квадрату відстані між ними:

$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{\epsilon r^2} = \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2},$$

де $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{м}}{\text{Ф}}$, $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$ – електрична стала, ϵ – діелектрична проникність середовища, в якому знаходяться заряди.

Діелектрична проникність різних речовин наведена у таблицях, зокрема, для повітря $\epsilon \approx 1$, якщо заряди знаходяться у вакуумі, то $\epsilon = 1$.

Вектор кулонівської сили напрямлений вздовж лінії, яка з'єднує заряди (рис. 1).

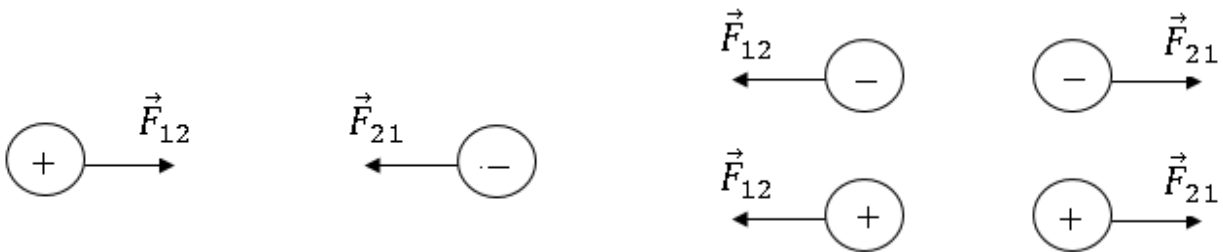


Рис. 1.

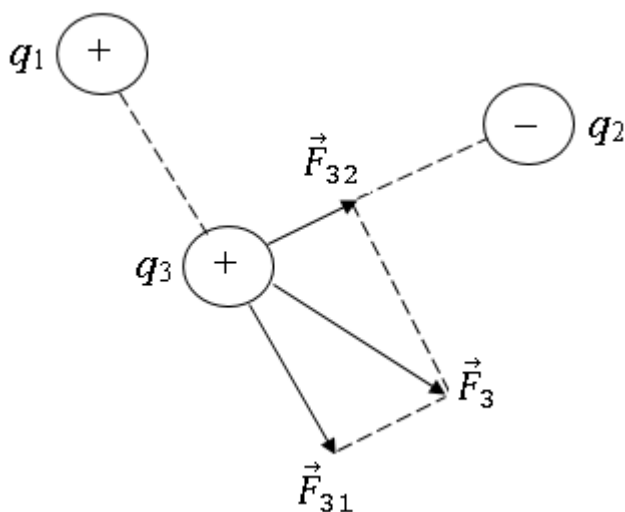


Рис. 2.

При наявності декількох зарядів сила взаємодії між будь-якою парою зарядів не залежить від наявності інших. Загальна сила, що діє, на один із зарядів системи, дорівнює векторній сумі сил, які діють на даний заряд з боку кожного з інших зарядів (рис. 2).

Характеристики електростатичного поля

Згідно з ідеєю М. Фарадея, *електричні заряди не діють один на одного безпосередньо*. Кожен заряд створює у довколишньому просторі електричне поле, і взаємодія зарядів відбувається через їхні поля.

Електричне поле – це форма матерії, яка існує навколо заряджених тіл і виявляється в дії з деякою силою на будь-яке заряджене тіло, що перебуває в цьому полі.

Електричне поле є складовою частиною єдиного електромагнітного поля. Незмінне в часі (*статичне*) електричне поле може бути створене тільки нерухомими зарядами. Таке поле називають **електростатичним**.

Електричне поле поширюється у просторі зі швидкістю світла.

Напруженість електричного поля \vec{E} – це векторна фізична величина, яка є силовою характеристикою електростатичного поля і дорівнює відношенню сили \vec{F} , що діє на заряд в електричному полі, до величини q цього заряду:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}.$$

Згідно останньої формули, одиниця напруженості електричного поля – 1 Н/Кл. *Одиниця напруженості в СІ – 1 В/м.*

Напрямок вектору \vec{E} співпадає з напрямком вектору сили, яка діяла би в даній точці поля на позитивний заряд. Напрямки векторів \vec{E} , створених позитивним та негативним зарядами, показані на рис. 3.

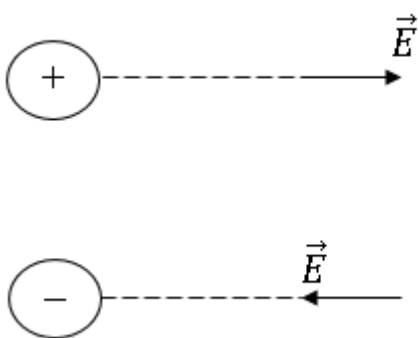


Рис. 3.

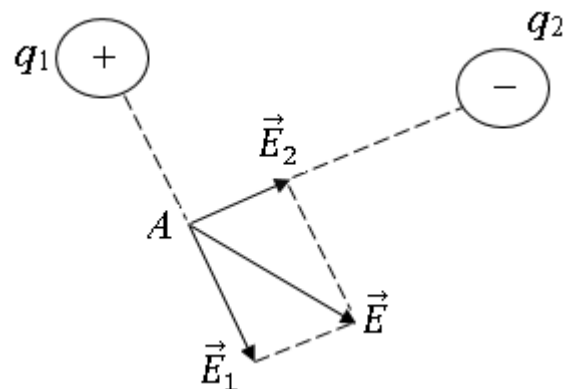


Рис. 4

Принцип суперпозиції полів. Напруженість електричного поля системи зарядів дорівнює векторній сумі напруженостей, створених у даній точці поля кожним із зарядів окремо:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i.$$

Для системи двох точкових зарядів q_1 та q_2 визначення напруженості в точці A показано на рис. 4.

Напруженість поля точкового заряду q на відстані r від нього:

$$E = \frac{k|q|}{\epsilon r^2} = \frac{|q|}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2}.$$

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

для точок всередині сфери ($r < R$): $E = 0$;

для точок зовні сфери та на її поверхні ($r \geq R$):

$$E = \frac{k|q|}{\epsilon r^2} = \frac{|q|}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2}.$$

Напруженість поля нескінченної площини.

Під нескінченною площиною слід розуміти таку площину, розміри якої значно перевищують відстань від неї до точок, де визначається напруженість.

Напруженість поля такої площини визначається за формулою:

$$E = \frac{|\sigma|}{2\epsilon_0\epsilon} = \frac{|q|}{2\epsilon_0\epsilon S},$$

де σ – поверхнева густина зарядів, тобто заряд, що припадає на одиницю площі:

$$\sigma = \frac{q}{S}.$$

Напруженість поля двох нескінченних паралельних площин, що несуть рівні за величиною і протилежні за знаком заряди з поверхневою густиною $\pm\sigma$ визначається за принципом суперпозиції полів і дорівнює:

між площинами:

$$E = \frac{|\sigma|}{\varepsilon_0 \varepsilon} = \frac{|q|}{\varepsilon_0 \varepsilon S} ;$$

зовні площин: $E = 0$.