

Лекція №2.

Електричне поле.

1. Поняття поля. 2. Напруженість поля. 3. Принцип суперпозиції полів 4. Зображення електростатичного поля. 5. Електричне зміщення

1. Поняття поля.

Це поняття – досить складне для розуміння у сучасній фізиці. Воно порівняно з поняттям “заряд” – дуже молоде, бо введене лише у 19-му сторіччі.

Поле і речовина – дві форми існування матерії.

Але на відміну від **речовини** поняття **поле** мало використовується за межами фізики. Введення його в науку відноситься до першої третини позаминулого сторіччя, коли молодий англійський вчений Майкл Фарадей проводив досліди із електричними зарядами.

Фарадей поставив ряд дослідів, в яких були відкриті фундаментальні фізичні закони і явища. Ознайомившись з роботою Християна Ерстеда про відхилення магнітної стрілки поблизу провідника зі струмом (1820), Фарадей зайнявся дослідженням зв'язку між електричними і магнітними явищами і в 1821 вперше відкрив явище обертання магніту навколо провідника зі струмом і, навпаки, обертання провідника зі струмом навколо магніту. Протягом наступних 10 років Фарадей намагався «перетворити магнетизм в електрику»; його дослідження завершилося в 1831 відкриттям електромагнітної індукції. Він детально вивчив явище електромагнітної індукції, вивів її основний закон, з'ясував залежність індукційного струму від магнітних властивостей середовища, дослідив явище самоіндукції і екстраструми замикання та розмикання. Відкриття явища електромагнітної індукції зразу ж набуло великого наукового і практичного значення; воно лягло в основу електротехніки.

Фарадей висловив нові ідеї, які пізніше повністю виправдали себе, стосовно природи струму і магнетизму, механізму провідності у різних середовищах і т.д. Він довів однозначність різних видів електрики: одержаної від тертя, «тваринної», «магнітної» і т.д.

Фарадей вперше запропонував уявлення про електричне та магнітне поля.

До Фарадея нього була поширена наступна гіпотеза:

дія заряду q_1 може виявляти себе у будь-якій точці довкола нього, але тільки

тоді, коли у цій точці з'явиться інший заряд.

Тобто у цій точці немає нічого, що було б пов'язане з зарядом q_1 . Інакше кажучи:

заряд q_1 , розміщений у просторі, ніяким чином не змінює стан цього простору. Тільки коли в іншій точці простору, поблизу q_1 розмістити заряд q_2 то між ними виникає взаємодія.

Фарадей припустив, що:

заряд q_1 діє на оточуючий простір і змінює стан вакууму довкола себе. Ця зміна стану вакууму **проявляється лише тоді, коли туди помістити заряд q_2 .**

Проявленням зміни стану вакууму буде виникнення сили, що діє на другий заряд F_{12} .

Виникнення електричного поля довкола q_1 і є зміною стану вакууму. Так, як і у випадку заряду, неможливо визначити поле через інші “простіші” поняття.

Присутність поля виявляється у його силовій дії на заряджену частинку, яке є *індикатором наявності поля*.

Можна сформулювати *означення поля*:

Електричне поле – вид матерії. Його об'єктивне існування у часі і просторі виявляється у його дії на іншу форму матерії – частинку речовини із електричним зарядом.

Оскільки джерелом електростатичного поля виступає нерухомий електричний заряд, то в означенні поля і заряду утворюється логічний ланцюг:

Заряд – це те у частинках речовини, на що діє електричне поле, а поле – це те, що діє на заряд. Фактично заряд не можна означити без поняття “поле”, а поле – навпаки без поняття “заряд”.

2. Напруженість поля.

Досліди з електричним полем проводять за допомогою пробного заряду q – точкового заряду з позитивним знаком. При цьому величина заряду має бути такою малою, щоб внесення цього пробного заряду у поле, створене зарядом Q , не змінювало характеристик цього поля.

З експериментів відомо, що діюча на пробний заряд q сила F тим більша, чим більша величина q . Тому сила F не може бути критерієм поля.

Якщо взяти відношення $\frac{F}{q}$, то воно не буде залежати від q , бо q входить і в F в чисельнику відношення і в знаменник. Тому відношення $\frac{F}{q}$ позначають E – напруженість електричного поля і вважають основною характеристикою поля

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

Оскільки $\bar{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{r^3} \bar{r}$, то

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2}.$$

Найпростіший варіант електричного поля – однорідне поле, у якого напруженість E_0 однакова у всіх його точках. Але таке поле вдається створити лише в обмеженому просторі між двома металевими пластинками, тобто у плоскому конденсаторі.

У випадку сферичного, чи точкового заряду поле неоднорідне.

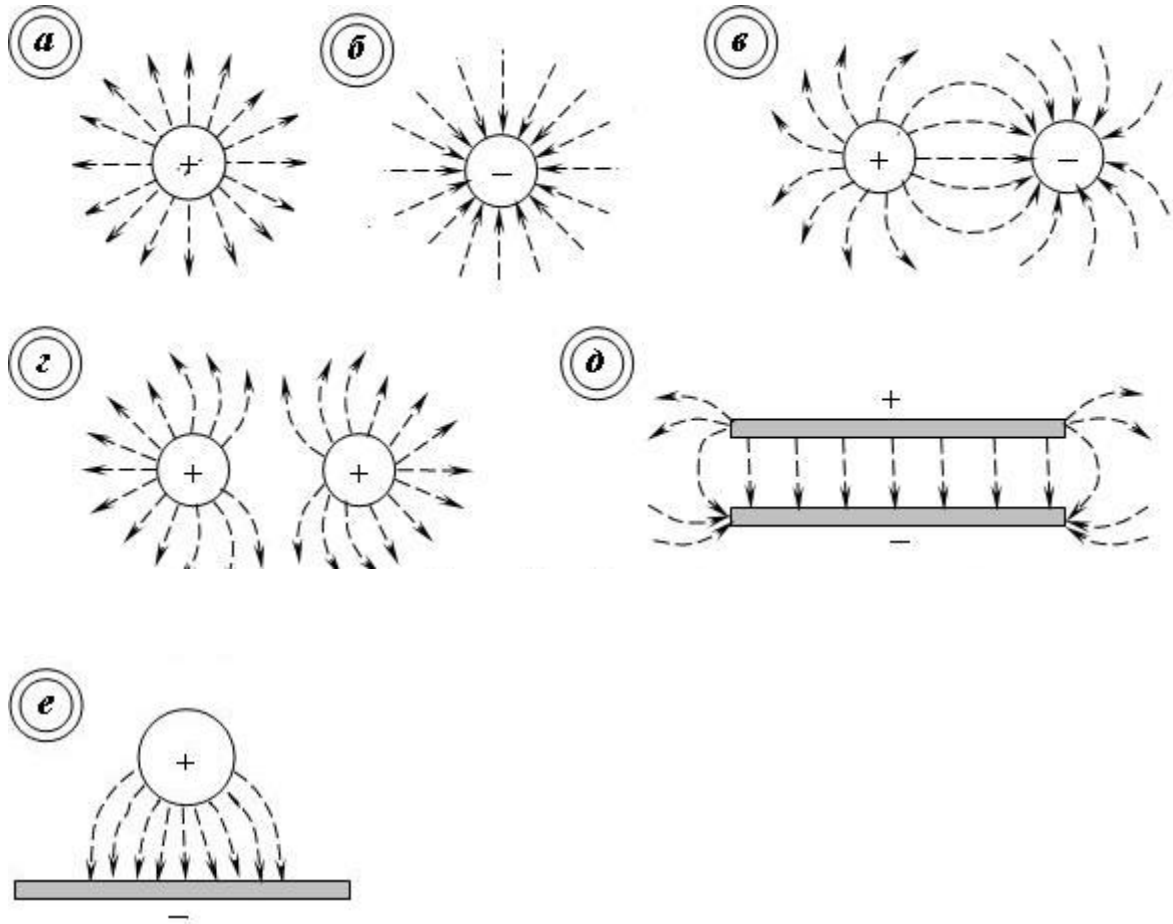


Рис. 1. Конфігурації електричних полів:

- а – точкового позитивного заряду (лінії напруженості виходять з заряду);
 б – позитивного заряду (лінії напруженості виходять з заряду);
 в – двох різнойменних зарядів;
 г – двох однойменних зарядів;
 д – між двома різнойменно зарядженими пластинами;
 е – між точковим зарядом і протилежно зарядженою пластиною.

З формули $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ випливає на диво просте співвідношення для обчислення
 силової дії довільного електричного поля на точковий заряд у ньому $\vec{F} = q \cdot \vec{E}$.

3. Принцип суперпозиції полів.

Суперпозиція – це якісна відмінність поля від речовини.

Наш досвід і найточніші досліді у макросвіті і мікросвіті свідчать, що в певний об'єм простору, де розташоване одне тіло, чи одна частинка речовини, не вдається помістити ще одне тіло, чи частинку речовини, а при спробі досягти цього виникають непереборні сили відштовхування.

Зовсім інша поведінка силового поля. Наближення до заряду Q , що створював т.А поля з напруженістю E , іншого заряду q , що є джерелом ще одного поля E_2 , приведе до того, у т.А виникне поле $\vec{E}_\Sigma = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$.

Остання формула і виражає принцип суперпозиції:

Напруженість поля системи зарядів дорівнює векторній сумі полів, які утворив би кожен із зарядів зокрема.

Принцип суперпозиції дозволяє обчислювати результуюче електричне поле будь-якої складної системи зарядів шляхом поділу її на точкові заряди dq_i і підсумовуванням векторів полів, які утворилися ними.

4. Зображення електростатичного поля.

Характеристики електростатичного поля, а також його просторовий розподіл можна зобразити за допомогою системи **векторів напруженості**. Але вектор завжди має бути прикладеним до конкретної точки, напруженість в якій ми зображуємо. Тому ми можемо вказати значення \vec{E}_i у малій кількості точок.

Більш інформативним і зручним способом є зображенням електростатичних полів за допомогою **ліній напруженості** (раніше говорилося “силові лінії”).

Лінії напруженості проводять у просторі таким чином, щоб дотична до такої лінії у будь-якій точці співпала із напрямком вектора \vec{E} у цій точці (рис. 2). Крізь одну точку простору проходить лише одна лінія напруженості.

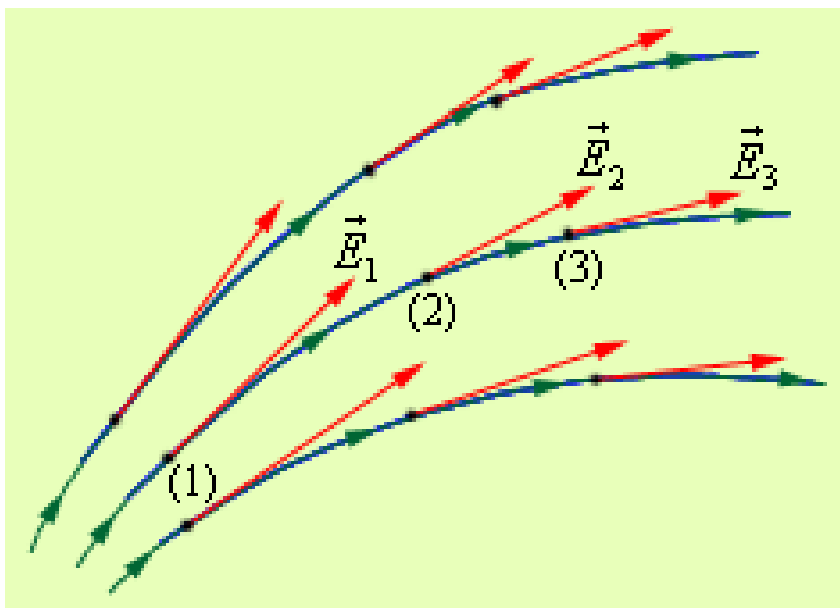


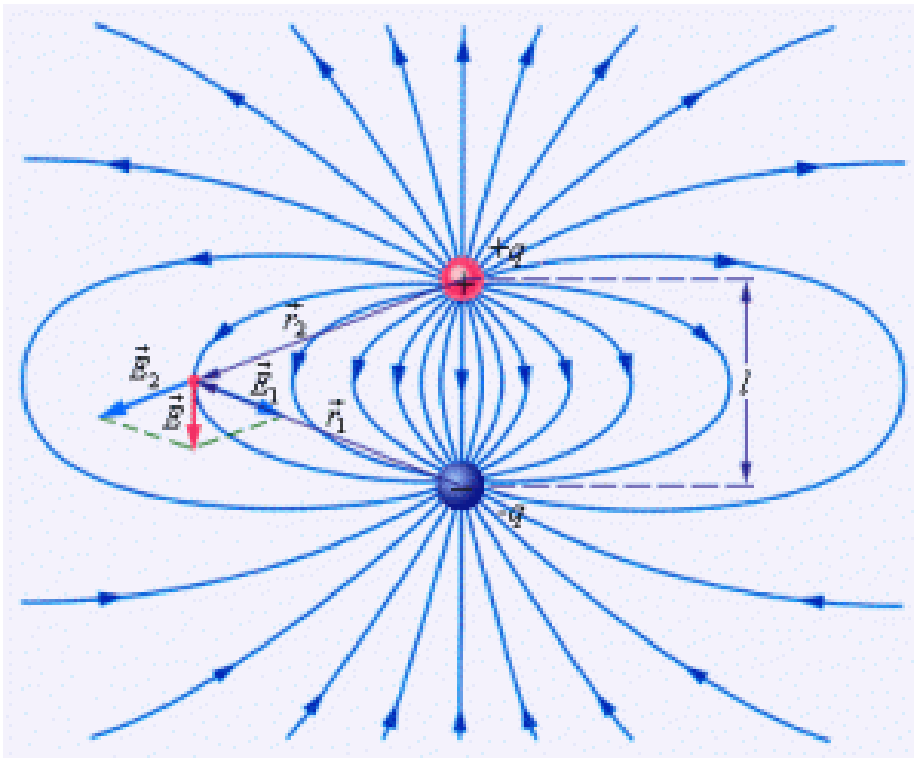
Рис. 2. Лінії напруженості поля та дотичні до них.

Ці лінії умовно можуть зобразити і числове значення вектора напруженості, якщо густина ліній буде свідчити про напруженість поля.

Кількість ліній напруженості у межах ділянки 1м^2 , що розташована перпендикулярно до ліній, дорівнює числовому значенню вектора напруженості у межах цієї ділянки.

Лінії напруженості не перетинаються, не розгалужуються і не зливаються

Початком ліній є \bigoplus кінець їх на \bigotimes



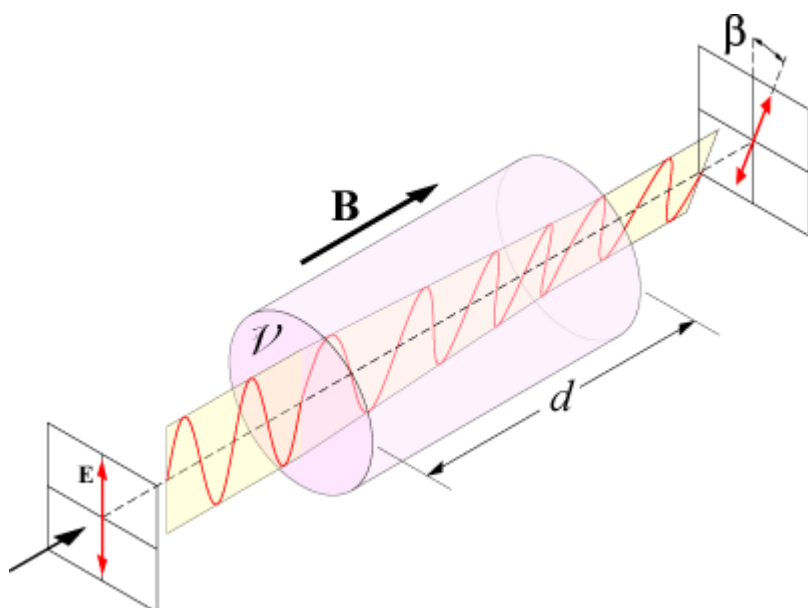
5. Електричне зміщення.

Індукція електричного поля або електричне зміщення — векторна величина, що дорівнює сумі вектора напруженості електричного поля і вектора поляризації, що виникає в речовині.

$$\text{В СІ: } D = \epsilon_0 E + P.$$

$$\text{В СГС: } D = E + 4\pi P.$$

(Самостійне вивчення).



Ефект Фарадея

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Faraday-effect.png?uselang=uk>