

20.10.2022

Група 22

Фізика і астрономія

Урок 15-16

Тема: Електричне поле. Напруженість електричного поля. Принцип суперпозиції

Мета:

- Повторити теоретичний матеріал; узагальнити, систематизувати та поглибити знання учнів із теми; застосувати знання з фізики під час розв'язування прикладних задач; формувати уяву про процеси у природі;
- розвивати в учнів пізнавальний інтерес, уміння використовувати набуті знання, навички й уміння в нових ситуаціях; підвищити інтерес до вивчення фізики та астрономії; розвивати абстрактне та логічне мислення;
- виховувати у учнів повагу та зацікавленість до вивчення фізики та астрономії, старанність у навченні; сприяти розширенню кругозору учнів.

Матеріали до уроку:

1

Що називають електричним полем

Згідно з ідеєю М. Фарадея *електричні заряди не діють один на одного безпосередньо. Кожний заряд створює у навколошньому просторі електричне поле, і взаємодія зарядів відбувається через їхні поля*. Наприклад, взаємодія двох електричних зарядів q_1 і q_2 зводиться до того, що електричне поле заряду q_1 діє на заряд q_2 , а поле заряду q_2 діє на заряд q_1 .

Електричне поле поширюється в просторі з величезною, але скінченою швидкістю, — зі швидкістю поширення світла. Завдяки цій властивості взаємодія між двома зарядами починається не миттєво, а через певний інтервал часу Δt . Таке запізнення взаємодії важко виявити на відстанях у декілька метрів, але в космічних масштабах воно є досить помітним.

Людина не може безпосередньо, за допомогою органів чуття, сприймати електричне поле, проте його *матеріальність*, тобто об'єктивність існування, доведено експериментально.

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

Електричне поле є складовою єдиного електромагнітного поля. Джерелами електричного поля можуть бути рухомі й нерухомі електричні заряди та змінні магнітні поля.

Електричне поле, створене тільки *нерухомими* зарядами, є незмінним у часі (*статичним*). Таке поле називають **електростатичним**.

2

Що вважають силовою характеристикою електричного поля

Електричне поле, що оточує заряджене тіло, можна досліджувати за допомогою *пробного заряду*. Зрозуміло, що він не має змінювати досліджуване поле, тому як пробний заряд доцільно використовувати невеликий за значенням *точковий заряд*.

Отже, для вивчення електричного поля в деякій точці слід у цю точку помістити пробний заряд q і виміряти силу \vec{F} , яка на нього діє. Очевидно, що в точці, де на заряд діє більша сила, електричне поле є сильнішим. Однак сила, яка діє на пробний заряд в електричному полі, залежить від цього заряду. А от відношення $\frac{\vec{F}}{q}$ від заряду не залежить, тож це відношення можна розглядати як *силову характеристику поля*.

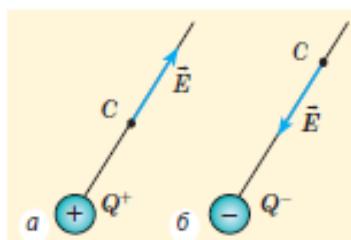


Рис. 41.1. Визначення напрямку вектора напруженості \vec{E} електричного поля в деякій точці С: поле створено позитивним точковим зарядом Q^+ (а); негативним точковим зарядом Q^- (б)

Напруженість електричного поля \vec{E} в даній точці — векторна фізична величина, яка характеризує електричне поле й дорівнює відношенню сили \vec{F} , з якою електричне поле діє на пробний заряд, поміщений у цю точку поля, до значення q цього заряду:

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

За напрямок вектора напруженості в даній точці електричного поля беруть напрямок сили, яка діяла б на пробний позитивний заряд, якби він був поміщений у цю точку поля (рис. 41.1).

Формула $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ дозволяє визначити одиницю напруженості електричного поля:

$$[E] = 1 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}} \left(\frac{\text{Н}}{\text{С}} \right).$$

Нехай точковим зарядом Q у вакуумі створено електричне поле. Дослідимо це поле за допомогою пробного заряду q , розташованого на відстані r від заряду Q . З боку поля на пробний заряд q діє сила Кулона: $F = k \frac{|Q| \cdot |q|}{r^2}$.

Оскільки модуль напруженості $E = \frac{F}{|q|}$,

$$\text{маємо: } E = k \frac{|Q| \cdot |q|}{r^2 |q|} = k \frac{|Q|}{r^2}.$$

Отже, модуль напруженості \vec{E} електричного поля, створеного точковим зарядом Q на відстані r від цього заряду, обчислюють за формулою:

$$E = k \frac{|Q|}{r^2}, \text{ або } E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|Q|}{r^2}.$$

Зверніть увагу!

Формула $E = k \frac{|Q|}{r^2}$ справдіється й для напруженості поля рівномірно зарядженої сфери на відстанях, що більші за її радіус або дорівнюють їйому, адже поле сфери поза сферою і на її поверхні збігається з полем точкового заряду, поміщеного в центр сфери.

3

У чому суть принципу суперпозиції полів

Знаючи напруженість \vec{E} електричного поля, створеного деяким зарядом у даній точці простору, неважко визначити модуль і напрямок вектора сили, з якою поле діятиме на будь-який заряд q , поміщений у цю точку:

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

Якщо ж поле утворено кількома зарядами, то результуюча сила, яка діє на пробний заряд із боку системи зарядів, визначається геометричною сумою сил, з якими діють ці заряди на даний пробний заряд:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n.$$

Звідси випливає принцип суперпозиції (накладання) електричних полів:

Напруженість електричного поля системи зарядів у даній точці простору дорівнює векторній сумі напруженостей полів, які створюються цими зарядами в даній точці (рис. 41.2):

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n$$

4 Як зробити видимим розподіл поля в просторі

Електричне поле можна зобразити графічно, використавши лінії напруженості електричного поля (силові лінії), — лінії, дотичні до яких у кожній точці збігаються з напрямком вектора напруженості електричного поля (рис. 41.3).

Силові лінії електричного поля мають загальні властивості (це випливає з їх означення): вони не перетинаються; не мають зламів; починаються на позитивних зарядах і закінчуються на негативних.

Дуже просто побудувати силові лінії поля, створеного відокремленим точковим зарядом (рис. 41.4). Такі «родини» силових ліній полів точкових зарядів демонструють, що заряди є джерелами поля.

На підставі картини силових ліній можна дійти висновку не тільки про напрямок вектора напруженості \vec{E} , але й про його модуль. Справді, для точкових зарядів напруженість поля більшає в міру наближення до заряду, і, як видно з рис. 41.4, силові лінії при цьому згущуються.

Якщо відстань між лініями напруженості в деякій області простору є однаковою, то однаковою є і напруженість поля в цій області. Електричне поле, вектори напруженості якого однакові в усіх точках простору, називають однорідним.

Побудувати точну картину силових ліній електричного поля, створеного будь-яким зарядженим тілом, досить важко, саме тому зазвичай обмежуються наближенним зображенням картини, керуючись певною симетрією в розташуванні зарядів (рис. 41.5).

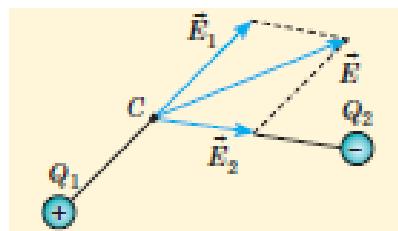


Рис. 41.2. Визначення напруженості електричного поля в точці C . Поле створене двома точковими зарядами Q_1 і Q_2

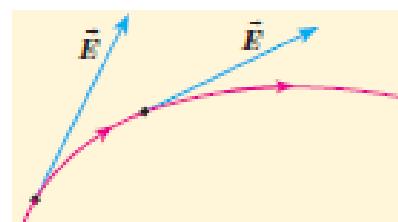


Рис. 41.3. Силова лінія електричного поля (на рисунку зображена червоним)

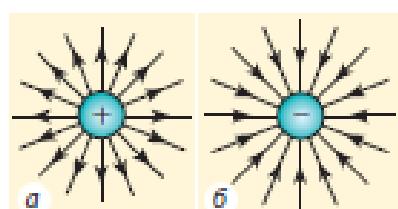


Рис. 41.4. Силові лінії електричного поля, створеного точковим зарядом: а — позитивним; б — негативним

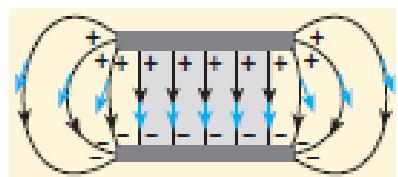


Рис. 41.5. Картина силових ліній електричного поля, створеного системою двох пластин, заряди яких рівні за модулем і протилежні за знаком. Синім позначено напрямки векторів напруженості

у завданнях 1–3 позначте одну правильну відповідь.



Хто першим експериментально виміряв елементарний заряд?

А Б В Г

- А** Кулон **Б** Міллікен **В** Фарадей **Г** Максвелл



Скільки електронів бракує на позитивно зарядженої кульці, якщо її заряд дорівнює 8 нКл?

А Б В Г

- А** 8 **Б** $2 \cdot 10^6$ **В** $5 \cdot 10^{10}$ **Г** $12.8 \cdot 10^{19}$



У точці, де перебуває заряд $2,0 \text{ мКл}$, напруженість електричного поля дорівнює $5,0 \text{ Н/Кл}$. Якою є сила, що діє на заряд з боку поля?

А Б В Г

- А** 20 Н **Б** 10 мкН **В** 0,4 мкН **Г** 2,5 кН

$$\sqrt{2} \cdot \frac{8 \cdot 10^{-9}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 5 \cdot 10^{10} \text{ F}$$

N3_Dako:

$$q = 2 \text{ mK} \quad E = 5 \frac{\mu\text{J}}{\text{KJ}}$$

$$\vec{F} - ?$$

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

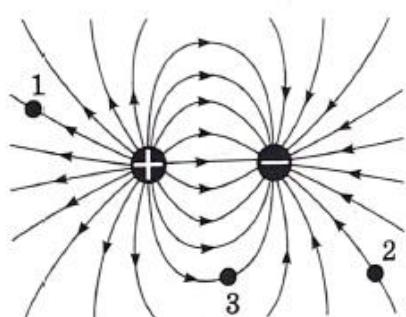
$$\vec{F} = 5 \frac{N}{m} \cdot 2 \cdot 10^{-6} \vec{R_2} = 10 \cdot 10^{-6} N = 10 \text{ mN}$$

Відповідь: $F = 10 \text{ Н}$. 5.



Установіть відповідність між точкою електричного поля (див. рисунок) і напрямком сили, яка діє на заряд, поміщений у цю точку.

- 1** q^+
2 q^-
3 q^+



- А** →
Б ←
В ↓
Г ↑

	А	Б	В	Г
1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>



Відстань між двома однаковими металевими кульками, які мають заряди $+q$ і $-3q$, дорівнює r . Кульки змусили торкнутись одна одної, а потім розвели на початкову відстань. У скільки разів змінилася сила електростатичної взаємодії кульок?

$$\vec{F}_1 = \frac{k |+q| |-3q|}{r^2} = \frac{3k |+q| |-q|}{r^2} = \frac{3kq}{r^2}$$

$$q_1' = q_2' = \frac{+q - 3q}{2} = \frac{-2q}{2} = -q$$

$$\vec{F} = \frac{k \cdot |-q|}{r^2} = \frac{kq}{r^2}$$

Відповідь: змінилося у 3 рази.



З яким прискоренням рухається електрон в однорідному електричному полі, напруженість якого 18,2 Н/Кл? Маса електрона $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, заряд становить $-1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

Дано:

$$\vec{E} = 18,2 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}$$

$$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

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

$\vec{a} - ?$

$$\left. \begin{aligned} \vec{a} &= \frac{\vec{F}}{m} \\ \vec{F} &= \vec{E}q \\ \vec{a} &= \frac{\vec{E}q}{m} \\ \vec{a} &= \frac{18,2 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}} \cdot (-1,6) \cdot 10^{-19} \text{ Кл}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}} = -3,2 \cdot 10^{12} \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \end{aligned} \right\}$$

Відповідь: $\vec{a} = -3,2 \cdot 10^{12} \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

Домашнє завдання: пройти тест за посиланням
<https://forms.gle/qsSYhcSKgbehBoe68>.

Зворотній зв'язок:

E-mail t.anastasia.igorivna@gmail.com

