

07.12.2022

Група 24

Фізика і астрономія

Урок 13-14

Тема: Електромагнітна взаємодія. Електрична взаємодія точкових зарядів.
Закон Кулона

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 навчанні; сприяти розширенню кругозору учнів.

Матеріали до уроку:

ЕЛЕКТРИЧНИЙ ЗАРЯД ЯК ДЖЕРЕЛО ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ. Електромагнітна взаємодія, так само, як і гравітаційна, є далекодіючою та проявляється і на мікро-, і на макрорівнях. Проте, якщо гравітаційна взаємодія властива всім матеріальним частинкам, то електромагнітна — лише *зарядженим* частинкам і тілам. Можуть існувати тіла та частинки без заряду, проте заряд без тіла чи частинки існувати не може. Тобто електромагнітна взаємодія частинок (або тіл) визначається їх електричними зарядами.

Електричний заряд є джерелом і мірою електромагнітної взаємодії.

Електромагнітна взаємодія поширюється в просторі зі швидкістю світла ($c = 300\,000$ км/с),

тому сила взаємодії між зарядженими частинками починає діяти не мит-

тєво, а через деякий інтервал часу $t = \frac{r}{c}$.

Вираз «заряд» вживають для позначення невеликого зарядженого тіла чи зарядженої частинки. Досліди показали, що існують два види електричного заряду. Різноїменні заряди притягуються між собою, а однойменні — відштовхуються.



Джеймс Максвелл
(1831—1879),
шотландський фізик,
творець теорії єдиного
електромагнітного поля

Тіла, заряджені різнойменно, притягуються, а однойменно — відштовхуються.

Заряд, що виникає на склі в результаті натирання його шовком, домовилися називати позитивним і позначати знаком «+», а заряд, що виникає в результаті натирання ебоніту хутром, — негативним і позначати його знаком «-». Такий поділ є досить умовним, оскільки заряди різних видів виявляють однакові властивості.

Електричний заряд позначається латинською літерою q (від англ. *quantity* — кількість). Одиницею електричного заряду в СІ є кулон (Кл), вона названа на честь французького вченого Ш. Кулона: $[q] = 1 \text{ Кл}$.

ЕЛЕКТРИЗАЦІЯ. ЗАКОН ЗБЕРЕЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ЗАРЯДУ.

Тіла, які набули електричного заряду, називають *наелектризованими*, а *процес набування тілом електричного заряду — електризацією*. Скляна паличка, натерта об шовк, електризується, що виявляється в її здатності притягувати, наприклад, шматочки паперу та тонкі струмені води (рис. 1.1). При цьому шовк також електризується.

Під час електризації тертям двох тіл електризуються обидва дотичні тіла.

Якщо доторкнутися наелектризованим тілом до тіла, що не має електричного заряду (до електрично нейтрального), частина заряду переходить з одного тіла на друге. Тобто електричний заряд може поділятися на частини, найменшою з яких є заряд електрона.

Носієм найменшого негативного заряду є електрон $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$.

Носієм найменшого позитивного заряду є протон. Заряд протона за модулем дорівнює заряду електрона.

Отже, наелектризувати тіло, що не має електричного заряду, можна тертям або доторканням до наелектризованого тіла. Електризація може відбуватися й за відсутності контакту між тілами. Якщо до нейтрального тіла піднести заряджене тіло, то негативно заряджені вільні електрони в нейтральному тілі накопичуються в ближчій до зарядженого тіла частині, залишаючи іншу позитивно зарядженою. Таке явище називають електростатичною індукцією. Існують й інші способи електризації тіл, наприклад, нагріванням, опромінюванням тощо.



Рис. 1.1.

Наелектризована скляна паличка притягує шматочки паперу та тонкі струмені води

Заряд, набутий тілом внаслідок електризації, можна визначити як добуток заряду електрона e та кількості електронів N , яких набуло чи втратило тіло внаслідок електризації: $|q| = |e| \cdot N$

Процес електризації можна пояснити, розглянувши будову атома. Під час електризації заряди перерозподіляються між тілами. При цьому на скільки зменшиться кількість електронів в одному тілі, на стільки ж збільшиться в іншому. Повний заряд такої системи не зміниться і залишиться рівним нулю. Під час контакту зарядженого тіла з електрично нейтральним заряд перерозподілиться між тілами, проте сумарне його значення залишиться сталим.

Тобто для заряджених тіл, що утворюють замкнуту систему, виконується закон збереження електричного заряду:

Алгебраїчна сума зарядів у замкнутій системі лишається сталою:

$$q_1 + q_2 + \dots + q_n = \text{const},$$

де q_1, q_2, \dots, q_n — електричні заряди тіл або частинок.

ВЗАЄМОДІЯ ТОЧКОВИХ ЗАРЯДІВ. ЗАКОН КУЛОНА. Електричний заряд є властивістю тіл або їхніх частинок діяти одні на одних із електричною силою. Закон взаємодії точкових зарядів (*заряджених тіл, розмірами яких в умовах даної задачі можна знехтувати*) встановив французький учений Ш. Кулон у 1785 р.

Сила взаємодії двох нерухомих точкових зарядів прямо пропорційна чисельному значенню добутку модулів цих зарядів, обернено пропорційна квадрату відстані між ними та напрямлена вздовж прямої лінії, що з'єднує заряди (рис. 1.2):

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

де q_1, q_2 — модулі зарядів; r — відстань між точковими зарядами; k — коефіцієнт пропорційності.

Фізичний зміст коефіцієнта пропорційності k полягає в тому, що він показує, з якою силою взаємодіють у вакуумі два точкові заряди по 1 Кл на

відстані 1 м. У СІ $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$.

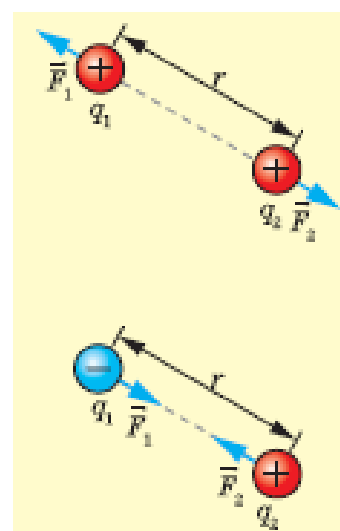
Замість коефіцієнта k використовують фундаментальну фізичну константу — електричну сталу

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}.$$

Відповідно, закон Кулона записують у вигляді:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}.$$

Взаємодію нерухомих електричних зарядів називають *електростатичною, або кулонівською, взаємодією*.



Мал. 1.2.
Напрямок сили Кулона під час взаємодії однойменних та різнойменних зарядів

- 1(с). Поясніть, як зміниться сила взаємодії двох точкових зарядів, якщо відстань між ними збільшити у 3 рази.

$$\vec{F} = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2} - \text{сила взаємодії двох точкових зарядів.}$$

$$\vec{F} = k \frac{|q_1| |q_2|}{(3r)^2} = k \frac{|q_1| |q_2|}{9r^2} - \text{сила взаємодії зменшиться у 9 разів, якщо відстань збільшиться у 3 рази.}$$

- 3(д). Дві дощові хмари мають електричні заряди 12 і 20 Кл. Хмари знаходяться на відстані 3 км одна від одної. Обчисліть силу кулонівської взаємодії між хмарами, вважаючи хмари точковими зарядами, оскільки розміри хмар значно менші за відстані між ними.

Дано:

$$|q_1| = 12 \text{ Кл}$$

$$|q_2| = 20 \text{ Кл}$$

$$r = 3 \text{ км} = 3 \cdot 10^3 \text{ м}$$

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$$

$$F = ?$$

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}$$

$$F = \frac{9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \cdot 12 \text{ Кл} \cdot 20 \text{ Кл}}{(3 \cdot 10^3 \text{ м})^2} =$$

$$= \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 12 \cdot 20}{9 \cdot 10^6} \text{ Н} = 240 \cdot 10^3 = 2,4 \cdot 10^5 \text{ Н}$$

Відповідь: $2,4 \cdot 10^5 \text{ Н}$.

- 4(д). Обчисліть відстань між двома точковими зарядами 10 нКл і 3 нКл, якщо сила їх взаємодії становить $24 \cdot 10^{-5} \text{ Н}$.

Дано:

$$|q_1| = 10 \text{ нКл} = 10 \cdot 10^{-9} \text{ Кл} = 10^{-8} \text{ Кл}$$

$$|q_2| = 3 \text{ нКл} = 3 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$F = 24 \cdot 10^{-5} \text{ Н}$$

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$$

$$r = ?$$

$$\vec{F} = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}$$

$$r^2 = \frac{k \cdot |q_1| |q_2|}{F}$$

$$r = \sqrt{\frac{k \cdot |q_1| |q_2|}{F}}$$

$$r = \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \cdot 10^{-8} \text{ Кл} \cdot 3 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}}{24 \cdot 10^{-5} \text{ Н}}} = \sqrt{\frac{27 \cdot 10^{-3}}{24}} \text{ м} \approx$$

$$\approx 0,0335 \text{ м} \approx 3,35 \text{ см}$$

Відповідь: $r = 3,35 \text{ см}$.

Задача. На прямій, яка з'єднує позитивний заряд q_1 і негативний заряд q_2 , кожен із яких дорівнює за модулем $5 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$, розташований заряд $q_3 = -1 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$. Відстань r_1 між зарядами q_1 і q_3 дорівнює 6 см, відстань r_2 між зарядами q_2 і q_3 дорівнює 3 см. Обчисліть силу, яка діє на заряд q_3 , якщо він розташований між зарядами q_1 і q_2 .

Дано:

$$|q_1| = |q_2| = 5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$|q_3| = 1 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$$

$$r_1 = 6 \text{ см} = 6 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$r_2 = 3 \text{ см} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$$

$\vec{F} = ?$

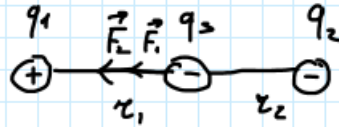
$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

$$F_1 = k \frac{|q_1| |q_2|}{r_1^2}$$

$$F_2 = k \frac{|q_2| |q_3|}{r_2^2}$$

$$F_1 = \frac{9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \cdot 5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл} \cdot 1 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}}{(6 \cdot 10^{-2})^2 \text{ м}^2} = 1,25 \cdot 10^{-2} \text{ Н}$$

$$F_2 = \frac{9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \cdot 1 \cdot 10^{-8} \text{ Кл} \cdot 5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}}{(3 \cdot 10^{-2})^2 \text{ м}^2} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ Н}$$



$$\vec{F} = 1,25 \cdot 10^{-2} \text{ Н} + 5 \cdot 10^{-2} \text{ Н} = 6,25 \cdot 10^{-2} \text{ Н}$$

Відповідь: $\vec{F} = 6,25 \cdot 10^{-2} \text{ Н}$.

Домашнє завдання: пройти тест за посиланням

<https://forms.gle/1cdhjD8GykRLJgy97>.

Зворотній зв'язок:

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