

Урок 82. Точковий заряд як електричний аналог матеріальної точки. Дослід Міллікена. Основні закони електростатики.

Мета. Сформуувати поняття про електричний заряд, як про особливу властивість тіл і частинок вступати в електромагнітні взаємодії; пригадати закони збереження електричного заряду та Кулона; показати межі їх застосування. Розвивати уміння спостерігати, аналізувати, висувати гіпотези, узагальнювати, робити висновки.

Хід уроку

1. **Вивчення нового матеріалу.** Адреса відеоуроку:

<https://www.youtube.com/watch?v=tTNq-TZPMB8> – електризація тіл

<https://www.youtube.com/watch?v=tEoEZ8w9mgM> – закон Кулона

Електричний заряд

Основною характеристикою електромагнітної взаємодії є електричний заряд. Електричний заряд q – фізична величина, яка кількісно характеризує електромагнітну взаємодію.

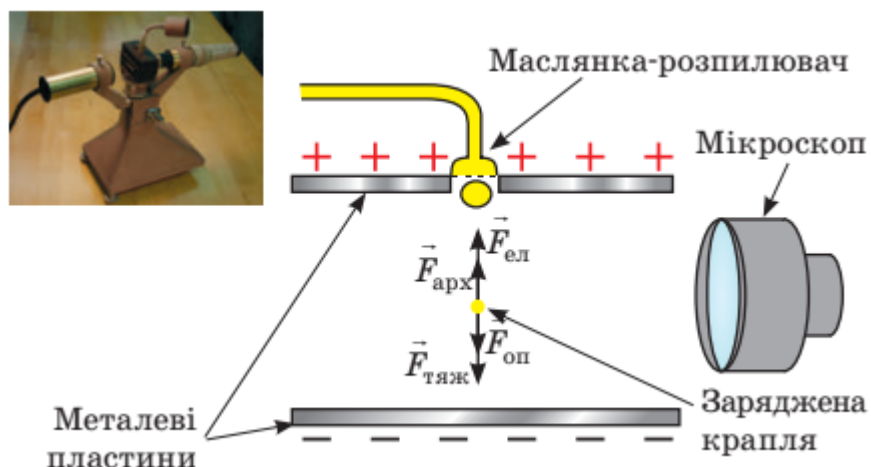
Бувають частинки без електричного заряду, але не існує електричного заряду без частинки. У 1911 р. Було створено планетарну модель атома. Її автор – англійський фізик Ернест Резерфорд. Електричний заряд дискретний: існує елементарний електричний заряд, що дорівнює за абсолютним значенням заряду електрона

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

Одиниця електричного заряду - кулон, 1 Кл.

Дослід Міллікена

Перше досить точне вимірювання елементарного заряду здійснив американський фізик-експериментатор Роберт Ендрюс Міллікен (1868–1953) на початку XX ст. Схему його дослідів подано на рис.



Кожного разу Міллікен спостерігав за окремою зарядженою краплею.

Плавню змінюючи заряд пластин, учений домагався, щоб крапля рівномірно

піднімалася вгору. Зрозуміло, що в цьому випадку сили, які діяли на краплю, були скомпенсовані. Ураховуючі це, а також те, що сила $F_{\text{ел}}$, яка діяла на краплю з боку пластин, прямо пропорційна заряду краплі, вчений обчислював заряд краплі.

Досліджувані краплі були заряджені негативно, тобто мали надлишкову кількість електронів. Тому вчений зробив висновок, що найменший заряд — це заряд електрона.

Електричний заряд можна обчислити за формулою:

$$q = ne,$$

де n — кількість елементарних некомпенсованих електричних зарядів.

Електризація (електростатична індукція) — це явище нерівномірного перерозподілу позитивних і негативних електричних зарядів у макротілах. Макроскопічне тіло електрично заряджене, якщо воно містить надлишкову кількість елементарних частинок з одним знаком заряду.

Від'ємний заряд — надлишок електронів.

Додатний — надлишок нестача електронів.

За будь-якого способу електризації тіл електричні заряди не виникають і не зникають, а лише перерозподіляються між усіма тілами, які беруть участь у тому або тому процесі. Це твердження називають законом збереження електричного заряду. Математично він формулюється так:

Алгебраїчна сума електричних зарядів тіл, що утворюють замкнену систему за будь-яких взаємодій, залишається сталою:

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

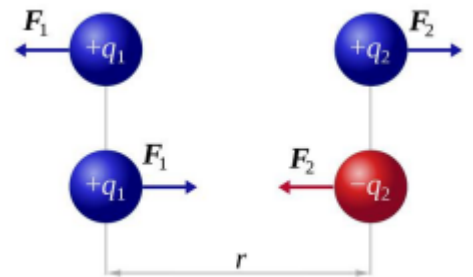
Замкнені системи — це системи в які не входять ззовні і з якої не виходять назовні заряджені частинки.

Точкові електричні заряди - це заряджені тіла, розміри яких малі порівняно з відстанню між ними.

Закон Кулона: сила взаємодії F двох точкових зарядів q_1 і q_2 прямо пропорційна добутку абсолютних величин їх зарядів, обернено пропорційна квадрату відстані між ними, напрямлена вздовж прямої, що сполучає заряди, і відповідає притяганням для різноіменних зарядів та відштовхуванню - для однойменних.

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

$|q_1|$ і $|q_2|$ - абсолютні величини взаємодіючих зарядів, r - відстань між ними, ϵ - відносна діелектрична проникність середовища, в якому знаходяться



заряди, $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Кл}^2/(\text{Н} \cdot \text{м}^2)$ - електрична стала, $k = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{Кл}^2$ - коефіцієнт пропорційності.

У фізиці потрібно враховувати межі виконання законів. Правильність закону Кулона підтверджено численними перевірками. Установлено, що він діє між зарядженими частинками, відстань між якими може становити від 10^{-15} м до десятків кілометрів.

3. Вчимося розв'язувати задачі.

Задача 1. На якому малюнку заряди є точковими? Чому?



Задача 2. На якій відстані потрібно розташувати два заряди $q_1 = 5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ та $q_2 = 6 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ щоб вони відштовхувалися один від одного з силою $12 \cdot 10^{-4} \text{ Н}$.

Дано:

$$q_1 = 5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$q_2 = 6 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$F = 12 \cdot 10^{-4} \text{ Н}$$

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

Розв'язання:

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

$$r = \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9 \cdot 5 \cdot 10^{-9} \cdot 6 \cdot 10^{-9}}{12 \cdot 10^{-4}}} = 0,15 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

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

$r = ?$

Відповідь: $r = 0,15 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

Задача 3. Дві однакові металеві кульки заряджені однойменними зарядами q_1 і q_2 . Після того, як кульки доторкнулися і були розведені на попередню відстань, сила відштовхування збільшилася вдвічі. Знайти початкове відношення зарядів.

Дано:

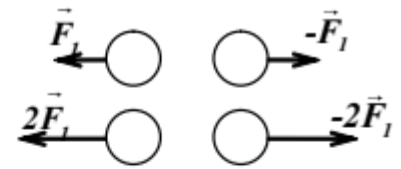
$$r_1 = r_2 = r$$

$$F_2 = 2F_1$$

$$\frac{q_2}{q_1} = ?$$

Розв'язання:

Позначимо через q_1 і q_2 заряди на обох кульках. Після дотику на них будуть однакові заряди $0.5(q_1 + q_2)$.



Враховуючи умову задачі для співвідношення сил, можна записати

$$F_1 = \frac{F_2}{2} \rightarrow \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \cdot \frac{(q_1 + q_2)^2}{4r^2} \rightarrow q_1^2 - 2q_1 q_2 + q_2^2 = 0$$

Позначивши $x = \frac{q_2}{q_1}$, приходимо до квадратного рівняння, розв'язок якого

$$x_{1,2} = 1.$$

$$\text{Відповідь: } \frac{q_2}{q_1} = 1.$$

4. Запитання на закріплення вивченого.

1. Як на досліді можна виявити електромагнітну взаємодію?
2. Сформулюйте й поясніть закон збереження електричного заряду.
3. У скільки разів зміниться сила взаємодії між двома точковими зарядами, якщо відстань між ними збільшити у два рази, а значення електричного заряду одного з них збільшити у три рази?
4. Чим подібні й чим відрізняються закон всесвітнього тяжіння та закон Кулона?

5. Домашнє завдання.

Опрацювати § 40, розв'язати задачі 1-6 з вправи 40 (електронна версія підручника з фізики 11 клас додається).