

## ФІЗИЧНА СУТНІСТЬ ПОНЯТТЯ "ЕЛЕКТРИЧНИЙ ЗАРЯД"

У фізиці, як і в інших науках, часто наукові результати представляються формально або абстрактно, без належного розкриття їх фізичного змісту. Наприклад, при розповіді про заряджені тіла, які взаємодіють між собою, не обговорюється питання, що ж таке заряди. Просто констатується, що є заряди. Але заряди окремо не бувають, вони є завжди з речовиною. Негативний заряд існує тільки разом з такою частинкою речовини як електрон. А позитивний заряд завжди з протоном. Електрон і протон – це найменші частинки речовини. І в них же найменші заряди. Тобто, і речовина різна за своєю природою, і заряди різні за знаком. Але вважається, що заряди, а не речовина, створюють "електричне поле", завдяки чому відбувається їх взаємодія. В статті показується, що термін "заряд" умовний і має у фізиці допоміжне символічне значення. Замість того, щоб говорити про позитивні і негативні заряди, можна просто говорити, що існують позитивні і негативні частинки. Тобто, що є позитивна і негативна речовина. Найменша порція позитивної речовини – це протон, а негативної – електрон. І дуже важливо, що речовина електрона і протона неоднакова! Якщо вважати, що існує "позитивна" і "негативна" речовина, то з'являється можливість пояснити, чому відбувається взаємодія між "зарядженими" тілами. У фізиці відомі два способи взаємодії тіл – **через середовище**, і **через обмін частинками**. Тому логічно припустити, що і "позитивна" і "негативна" речовини вилучають якісь частинки, завдяки чому й відбувається взаємодія. В нашому випадку слід вважати, що навколо електрона як "негативної" частинки і навколо протона як частинки "позитивної" існують не абстрактні "поля", а це розподіл у просторі ще невідомих частинок, що ними вилучаються. І через ці частинки відбувається взаємодія. Обговорення зі студентами проблемних питань сприяє створенню атмосфери пошуку і активізації навчального процесу.

**Ключові слова:** заряди, заряджені тіла, електрон, протон, речовина, електричне поле.

**Постановка проблеми.** Фізика – наука найперша і наука для майбутнього. Це наука, яка невпинно розвивається. Але у фізиці є багато традиційних проблемних питань, на які вчорашня і сучасна наука не має однозначної відповіді. До таких відноситься поняття "заряд". Ми звикли до терміну "електричний заряд" і вживаємо його як щось традиційне, зрозуміле і таке, що не потребує пояснень. Ось як, наприклад, можна прочитати про заряд у сучасному шкільному підручнику: *"Електричний заряд характеризує властивість тіла до певної взаємодії... Відомою з досліду фундаментальною властивістю електричного заряду є те, що він існує в двох видах, умовно названих додатніми і від'ємними зарядами. Заряди одного знаку відштовхуються, а протилежних знаків – притягуються"* [1, с. 11]. Тобто, заряд існує як щось очевидне, що не потребує доведення і навіть пояснення. У вищій школі становище подібне. Наприклад, І.В. Савельєв у відомому і поширеному навчальному посібнику "Електрика і магнетизм" про заряд пише так: *"Всі тіла в природі здатні електризуватися, тобто набувати електричного заряду. Заряджене тіло взаємодіє з іншими зарядженими тілами. Існує два види електрики, які умовно названі додатніми і від'ємними зарядами. Заряди одного знаку відштовхуються, а протилежних знаків – притягуються"* [2, с. 9]. Зі сказаного можна зробити висновок, що в природі існує дещо таке як "заряди" і вони взаємодіють між собою. Відомий закон взаємодії точкових "зарядів" – закон Кулона. Але заряди мають одну надзвичайну особливість – **вони окремо не бувають**, а завжди з речовиною. Про це ми знаємо достеменно. Відділити заряд від речовини ще нікому не вдалося. Крім того, заряди мають ще одну особливість – незрозумілий механізм їх взаємодії, їх взаємного притягування або відштовхування. Ці традиційні проблемні питання фізики потребують пояснення.

**Розгляд проблеми.** Ще в давнину було помічено, що коли два тіла потерти, то вони взаємодіють між собою – притягуються або відштовхуються. Пояснювалась така взаємодія появою на тілах додатніх чи від'ємних "зарядів". Зарядів може бути більше або менше, вони можуть переходити з одного тіла на інше. Нині ми знаємо, що найменший від'ємний заряд у електрона як найменшої частинки **речовини**. Речовину електрона умовно можемо назвати **"електронною" речовиною**.

Найменший додатній заряд у протона – теж найменшої частинки **речовини "протонної"**. У наш час ми знаємо, що **електронна і протонна речовини – це зовсім різні речовини**. І різні вони не тому, що мають різні заряди – додатні і від'ємні. **Електронна і протонна речовини** різні за своєю структурою. Про електрон ми знаємо, що він – елементарна частинка і поділити його на якісь складові ще не вдалося. Протон теж вважається елементарною частинкою, хоча відомо, що він складається з кварків. Тому треба звернути увагу на особливу обставину: електрони і протони мають **різні речовини**, але ми кажемо, що

вони мають **різні заряди!** Від'ємні заряди завжди з електронами, а додатні – з протонами. В часи Кулона такого не знали. Можна було б думати, що речовини електрона і протона однакові, а додатні чи від'ємні вони тому, що в них різні заряди. Але насправді не так, бо **в електрона і протона таки різні речовини!** Тобто, поняття додатніх і від'ємних зарядів відповідають поняттям протонної і електронної речовини. Тут просто подвійна назва одного й того ж, подвійна термінологія. Бо додатній заряд має протонна речовина, яку умовно можна назвати "додатньою". А від'ємний заряд – речовина електронна або "від'ємна". Ми знаємо, що атоми речовини складаються з протонів (ядер) і електронів навколо них. Кількість протонів дорівнює кількості електронів і загалом атом електронейтральний. Але від атома можна відірвати електрон – іонізувати атом. Тоді кажуть, що тіло заряджається – в ньому є іонізовані атоми. Отже, **"заряд" тіла означає переважання у ньому "додатньої" або "від'ємної" речовини.** Таким чином, назва "заряд" є умовною назвою, бо насправді йдеться про електронну чи протонну речовину. До речі, відомий фізик-теоретик Фейнман під поняттям "заряд" розумів конкретні реальні частинки – додатні протони і від'ємні електрони: *"Речовина є сумішшю додатніх протонів і від'ємних електронів, які притягуються і відштовхуються з неймовірною силою... Однакові сорти речовини відштовхуються, а різні – притягуються"* [3, с. 9].

Стає зрозумілим, що насправді термін "заряд" є жаргоном, тобто умовною назвою. Без цього терміну цілком можна обійтися. Проблема тільки в традиційних уявленнях і звичках. Наприклад, традиційно закон Кулона формулюється через поняття зарядів. Але його можна сформулювати і без поняття "заряд". Тоді навіть стає зрозумілішою його інтерпретація: *"Сила взаємодії між двома точковими тілами з електронною або протонною речовиною пропорційна кількості цих речовин і обернено пропорційна квадрату відстані між тілами"*.

Звичайно, з розвитком науки змінюються уявлення і виникає необхідність зміни термінології. Так, у XVI столітті для пояснення чому є гарячі і холодні тіла придумали "теплород": якщо в одному тілі теплороду більше, а в іншому – менше, то при контакті теплород перетікає з одного тіла в інше. Потім встановили справжню причину нагрівання тіл – хаотичний рух молекул, його енергію, інтенсивність, і від поняття **"теплород"** відмовилися. Однак питання про те, щоб відмовитись від терміну **"заряд"**, не стоїть. Ця назва стала традиційною і може залишатись. Просто за цим поняттям слід розуміти не щось абстрактне, а конкретний зміст: **"заряд" – це кількість електронної чи протонної речовини, яка бере участь у взаємодії.** Але в навчальній літературі слід би давати роз'яснення справжнього змісту поняття **"заряд"**. Також варто зауважити, що оскільки слово **"заряд"**, по суті, є жаргоном, то на письмі його логічно брати в лапки.

Особливістю "зарядів" є те, що вони взаємодіють на відстані. Однак механізм взаємодії традиційно залишається без пояснення. Його треба з'ясувати.

**Взаємодія заряджених тіл.** Дуже важливо зрозуміти: чому заряджені тіла взаємодіють між собою і який механізм цієї взаємодії? Традиційно кажемо, що "заряди" створюють навколо себе "електричні поля", через які і взаємодіють. Це все так, але що таке "поле" теж не знаємо! Ми розмовляємо абстрактною мовою. Тому виходить, що одне невідоме, пояснюємо за допомогою іншого невідомого. Існує таке "щось" – "заряд", який створює навколо себе інше "щось" – "поле". А що таке поле?

В математиці слово "поле" є синонімом слова "розподіл". Наприклад, цілком зрозуміло, що **"поле векторів"** означає **розподіл векторів** у просторі чи на площині. В даному ж випадку електронна чи протонна речовина також створюють навколо себе "поля", через які й відбувається взаємодія. Але це "поля" чогось цілком реального. Це можуть бути "поля" (розподіл) реальних частинок, які випромінює електронна чи протонна речовина. Причому, позитивні заряджені тіла випромінюють частинки одного типу, а негативно заряджені – іншого типу. До речі, саме так пояснює взаємодію між частинками відомий фізик-теоретик Стівен Хокінг: *"У квантовій механіці передбачається, що всі сили взаємодії між частинками речовини переносяться частинками з цілочисельним спіном, рівним 0, 1 або 2. Частинка речовини, наприклад електрон або кварк, випускає частинку, яка є переносником взаємодії. В результаті віддачі швидкість частинки речовини змінюється. Потім частинка переносник налітає на іншу частинку речовини і поглинається нею. Це зіткнення змінює швидкість другої частинки, ніби між цими двома частинками речовини діє сила* [7, с. 38].

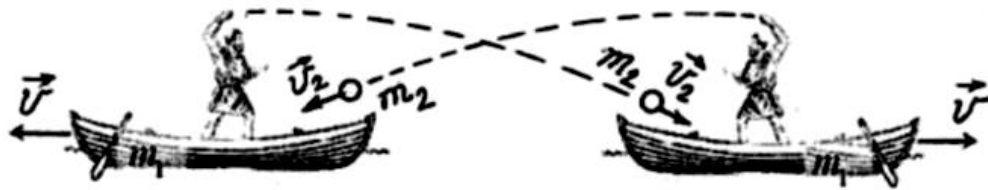
Або: *"...електрична сила взаємного відштовхування між двома електронами виникає за рахунок обміну віртуальними фотонами, які не можна безпосередньо зареєструвати"* [7, с. 38].

Гравітаційне притягання між тілами в роботі [7, с. 39] також пояснюється через обмін частинками – гравітонами: *"Гравітаційна взаємодія між Сонцем і Землею пояснюється тим, що частинки, з яких складаються Земля і Сонце, обмінюються гравітонами. Незважаючи на те, що в обміні беруть участь лише віртуальні частинки, створюваний ними ефект безумовно піддається вимірюванню, тому що цей ефект обертання Землі навколо Сонця! Реальні гравітони поширюються у вигляді хвиль, які в класичній фізиці називаються гравітаційними, але вони дуже слабкі, і їх так важко зареєструвати, що поки це нікому не вдалося зробити"*.

Таким чином, для пояснення реальної взаємодії потрібні не абстрактні міркування про існування якогось "ефіру" або "поля", створеного умовним "зарядом", а предметні уявлення, хоча б гіпотетичні. Наявність гіпотези стимулює пошук. Принаймні, учні чи студенти будуть знати ту межу, де закінчується наше розуміння сутності явища. Неясність же жаргонної термінології не стимулює думки, не спонукає до розв'язання проблеми. Тому в навчальній літературі слово "поле" як жаргон також бажано брати в лапки.

Механізм взаємодії тіл доцільно розглянути детальніше і предметно.

**Механізм взаємодії тіл.** Важливо пояснити як можуть взаємодіяти два тіла (дві частинки) на відстані. У фізиці відомі два способи фізичної взаємодії – взаємодія через середовище, яке їх розділяє, і через обмін тілами (частинками). Наприклад, на воді поряд знаходяться два човни. Якщо один човен почати розхитувати і збурювати воду (середовище), то збурення передається до другого човна. Це взаємодія через середовище. Можна взаємодіяти іншим способом – через обмін тілами (частинками). Наприклад, можна кидати з човна на човен мішечки з піском і човни будуть розходитись, оскільки при такому обміні передається кількість руху (мал. 1).



Мал. 1. Якщо кидати з одного човна на інший тіла, човни будуть розходитись

А як же ж взаємодіють між собою два електрони чи два протони, які відштовхуються? Або як взаємодіють електрон і протон, які притягуються? Через середовище (якийсь "ефір")? Чи внаслідок обміну може ще невідомими частинками? Це не риторичні, а предметні запитання до всіх фізиків-експериментаторів, фізиків-теоретиків, фізиків-філософів, вчителів, студентів. Звичайно, можна пояснювати абстрактно – взаємодія відбувається через "електричні поля". Але ж ця взаємодія відбувається не абстрактно, а реально. Тому треба відповісти теж предметно – через які поля, поля чого? Науковий термін "поле" – це розподіл "чогось" у просторі. Якщо мається на увазі розподіл якихось навіть ще невідомих частинок, то це вже щось реалістичне. Треба тільки знати, що то за частинки. Так що в цьому питанні є місце для пошуку, для гіпотез. Якщо взаємодія відбувається через обмін частинками, то виходить, що електрони і протони, у яких **різні речовини**, ще й самі вилучають частинки, причому різні (умовно "позитивні" і "негативні"). І саме завдяки цьому можна пояснити відштовхування чи притягування. Але тут зачіпаємо зовсім іншу проблему – проблему будови електрона і протона. Адже для забезпечення взаємодії, яка безсумнівно існує, вони повинні **щось** вилучати, а значить вони мають складну будову. Те, що протон складений із кварків – відомо. А от поділити електрон, навіть гіпотетично, поки-що нікому не вдалося. І сприймається електрон як стабільна елементарна частинка. Можливо електрон складна і дуже високоенергетична структура.

Не має пояснення також сам фізичний (не абстрактний) механізм притягування. Якщо відштовхування через обмін частинками зрозуміле – відбувається передача кількості руху, то чому тіла притягуються – не зрозуміло. Який механізм притягування? Це питання, які потребують вивчення. Можна допускати, що цей механізм подібний до притягування гравітаційного [5].

Звичайно, можна думати й інакше, абстрактно: додатні і від'ємні заряди деформують простір (якийсь "ефір"), причому, деформують по різному – стискають чи розріджують – через що й відбувається притягування чи відштовхування. Деформацією простору пояснює гравітаційне притягування теорія відносності (біля великих мас простір "викривляється"). Правда, в теорії відносності поняття ефіру відкидається.

Так що пояснення механізму притягування чи відштовхування електричних "зарядів" сучасна фізика не дає і навряд чи такі дослідження проводяться, бо вважається, що це питання "класичної" фізики "давно минулих літ". Але стає зрозумілим, що це проблеми не тільки вчорашнього дня чи минулого століття, а цілком актуальні нинішні і завтрашні проблеми, з якими стикаються викладачі вищих шкіл, а також вчителі.

**Висновки.** Матерія, з якої складається Всесвіт, існує у вигляді речовини і поля. Речовина відома у двох видах – електронному (електрон) і протонному (протон), які мають зовсім різну будову. Електронна речовина традиційно пов'язується з "негативним зарядом", а протонна – з "позитивним". Між частинками речовини існує взаємодія – частинки різної речовини (протонної і електронної) притягуються

між собою і утворюють електронейтральну речовину. В утворених тілах кількість додатньої і від'ємної речовини може не співпадати – тоді кажуть, що тіло "заряджене". Традиційне фізичне поняття "електричний заряд" характеризує кількість некомпенсованої електронної чи протонної речовини, що відповідно називається "негативним" чи "позитивним" зарядом. Однак являє інтерес механізм притягування і відштовхування між електронами і протонами, який, очевидно, реалізується через невідомі частинки, які ними випромінюються.

#### Використані джерела

1. Бутиков Е.И. Физика. Книга 2. Электродинамика. Оптика / Е.И. Бутиков, А.С. Кондратьев. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 336 с.
2. Савельев И.В. Курс общей физики, т. 2. – М. : Наука. 1978. – 480 с.
3. Фейнман Р. Фейнмановские лекции по физике, т. 5. Электричество и магнетизм / Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс. – М.: Мир. 1966. – 296 с.
4. Хокинг Стивен. Краткая история времени / Стивен Хокинг. – СПб.: Амфора. 2001. – С. 38-39.
5. Sus' B.A. Unusual interpretation of traditional physics problems. The third scientific-methodological edition / B.A. Sus', B.B. Sus', O.B. Kravchenko. – Kyiv: PC "Prosvita", 2012. – 121 pages.

Grokholskyi Y.M., Sus' B.A., Sus' B.B.

#### THE PHYSICAL NATURE OF THE TERM OF "ELECTRIC CHARGE"

*In physics, as in other sciences, often scientific results presented formally or abstractly, without appropriate disclosure of their physical meaning. For example, in the discussion about interacting charged bodies the meaning of charge is not discussed. The existence of charges is simply stated. But the charges are not separate, they are always with matter. The negative charge exists only with such particle of substances as electron. The positive charge always exists with the proton. Electrons and protons – are the smallest particles of matter. These particles also have the lowest values of charge. That is, the substance is different in nature and charges are different in sign. But it is considered that the charges rather than substance, creating "an electric field", due to the interaction. The paper shows that the term "charge" is conditional and has auxiliary symbolic meaning in physics. Instead of discussing about positive and negative charges, it is possible to assume that there are positive and negative particles. That is what is on the positive and negative physical substance. The smallest portion of the positive matter is a proton and of the negative matter is electron. It is very important that the substance of electron is not the same as the substance of proton! If we assume that there is "positive" and "negative" substance, it is possible to explain the interaction between the "charged" bodies. There are two ways of interaction between the bodies in physics – through the environment and through the exchange of particles. Therefore it is logical to assume that "positive" and "negative" any substance extracted some particles during the interaction. In our case, it must be assumed that around "negative" electron particle and near the "positive" proton particle the fields are exist. However, these fields are not abstract fields. This is a spatial distribution of unknown particles which are extracted by the electron or proton. The interaction is possible due to these particles. Discussion with students such issues enhances the atmosphere of researching in the learning process.*

**Key words:** charges, charged bodies, the electron, proton, matter, electric field.

Стаття надійшла до редакції 13.05.2017