

Keywords: *educational process, project activity, project method, pedagogical technology, innovative educational technologies.*

УДК 53(07)

Сусь Б. А., Грохольский Я. М., Сусь Б. Б.

МЕХАНІЗМ РУХУ ЗАРЯДІВ У ЗАМКНУТОМУ ЕЛЕКТРИЧНОМУ КОЛІ

Розглянуто механізм руху електронів в усіх точках по довжині провідника при замиканні електричного кола. Показується, що поняття “заряд” протона чи електрона збігається з поняттям речовини протона чи електрона і ці терміни є синонімами. Практично відбувається взаємодія речовин цих частинок. Висувається гіпотеза, що взаємодія “зарядів”-електронів, “зарядів”-протонів чи “зарядів” електронів-протонів відбувається через невідомі частинки взаємодії, які ними випромінюються. В електричному колі негативний полюс джерела ЕРС має надлишок електронів і випромінює частинки взаємодії, які відштовхують електрони провідника, приводячи їх у рух на різних ділянках провідника., а позитивний полюс навпаки – випромінює частинки взаємодії іншого типу, які взаємодіють з електронами провідника і спричиняють їх рух в напрямку позитивного полюса. Швидкість поширення взаємодії визначається швидкістю руху частинок взаємодії, яка дорівнює швидкості поширення електромагнітної хвилі в провіднику.

Ключові слова: *заряд, частинки, взаємодія зарядів, закон Кулона, електричний струм, електричне коло.*

Відомо, що при замиканні електричного кола електрони практично моментально приходять в рух по всьому колу, створюючи струм. В усіх збірниках задач з електрики є задача на знаходження швидкості напрямленого руху електронів. Наприклад, розрахунок дає середнє значення дрейфової швидкості в металі $\bar{v} \sim 10^{-2}$ мм/с [1]. Якби напрямлений рух електронів виникав через зіткнення, потрібно було б дуже багато часу, щоб привести електрони в рух по всьому колу і створити струм. Виникає питання: який реальний механізм приведення в напрямлений рух електронів, які утворюють струм практично одночасно по всьому колу? Згідно з нашими традиційними класичними уявленнями ми знаємо, що на “заряд” електронів діє “електричне поле”, яке їх прискорює. Електрони рухаються напрямлено, але стикаються з атомами і передають їм набуту енергію. Далі знову прискорюються. Середнє значення відстані, на якій електрони прискорюються до зіткнення, називається довжиною вільного пробігу. Іде електричний струм і в результаті провідник нагрівається. Усе правильно. Тільки абстрактно. Бо не маємо предметного уявлення про те, що таке “поле” і що таке “заряди”. Електрони ж рухаються реально і рухаються на всіх ділянках кола. Тому потрібне не абстрактне, а

“предметне” пояснення, що насправді відбувається при замиканні кола, чому і як електрони приходять у напрямлений рух.

Щоб відповісти на поставлені питання, спочатку розглянемо питання простіші: 1) що таке заряди; 2) чому та як вони взаємодіють між собою на відстані? Традиційного пояснення не існує, а є просто констатація явища. Наприклад, закон Кулона описує реальну взаємодію двох точкових зарядів без роз’яснення, що таке заряди і який механізм їх взаємодії.

Ми знаємо, що тіла утворені з атомів, які складаються з позитивних протонів і негативних електронів, кількість яких однакова і речовина електронейтральна. Але коли тіло потерти шерстю чи тканиною, то воно “заряджається”, тобто на ньому з’являється “заряд”, який може бути негативним чи позитивним. Заряд – це результат порушення електронейтральності – це переважаюча частина електронів чи протонів. Відомий фізик-теоретик Фейнман під поняттям “заряд” розумів конкретні “сорти речовини” – додатні протони і від’ємні електрони: *“Речовина є сумішшю додатних протонів і від’ємних електронів, які притягуються і відштовхуються з неймовірною силою... Однакові сорти речовини відштовхуються, а різні – притягуються”* [2, с. 9].

Отже заряд – це **нескомпенсовані** електрони чи протони. Заряд дискретний, тобто його можна ділити на порції. Наприклад, найменше негативне значення заряду в електрона, який є також найменшою частинкою **“електронної” речовини**. Принаймні, невідомо, щоб хтось розділив електрон на ще менші частинки. А найменший позитивний “заряд” у протона, який є найменшою частинкою **“протонної” речовини** (правда, відомо, що протон складається з іще менших частинок – кварків, однак їх ще ніхто не відділив як окремі частинки). За величиною найменші негативний і позитивний “заряди” однакові. Традиційно сформоване уявлення, що “заряди” нібито існують, але ніхто їх не виявив як щось окреме. Тобто, заряд завжди з речовиною. Можна думати, що якби “заряди” від електрона і протона якимось чином забрати (що нікому не вдалося зробити !), то речовина електрона і протона виявилася б однаковою. В часи Кулона про таке думати не могли, але ми тепер знаємо, що **в електрона і протона речовини різні**. Таким чином, назва “заряд” є умовною назвою, бо насправді йдеться про електронну чи протонну речовину.

Між електронами, між протонами, а також між електронами і протонами існує взаємодія. Сила взаємодії між двома такими частинками залежить від відстані і визначається законом Кулона. Традиційного пояснення **механізму взаємодії** нема, а є лише формальна абстрактна констатація, що взаємодія відбувається через наявність в електрона і протона “зарядів”. В іншій термінології закон Кулона можна формулювати так: сила взаємодії між частинками з “електронної” і “протонної” речовини дорівнює добутку некомпенсованої маси цих частинок і обернено пропорційна квадрату відстані між ними. Але постає питання: а як же ж

частинки електронної чи протонної речовини взаємодіють? Чому взаємодіють на відстані? Існує традиційне абстрактне пояснення, що взаємодія відбувається через “електричні поля”, які створюють “заряди” навколо себе. Як бачимо, одне невідоме “щось” – “заряд”, створює інше “щось” невідоме – “поле”. Таким чином, розмовляємо абстрактною мовою. Однак взаємодія відбувається не абстрактно, а реально. Тому відповідь на питання яким чином електрони і протони взаємодіють будемо давати не в абстрактній формі, а через традиційно відомі і звичні фізичні поняття. Але для цього треба відповісти на простіше питання: які способи взаємодії між тілами ми знаємо ?

Механізми взаємодії тіл. Відповімо на питання, як можуть взаємодіяти два тіла (дві частинки) на відстані? У фізиці відомі два способи фізичної взаємодії – **взаємодія через середовище**, яке розділяє тіла, і **взаємодія через обмін тіл якимись частинками**. Наприклад, на воді поряд знаходяться два човни. Якщо один човен почати розхитувати і збурювати воду (середовище), то збурення передається до другого човна і він почне хитатися. Це взаємодія через середовище. Можна взаємодіяти іншим способом – через обмін частинками (тілами). Можна кинути з одного човна на інший човен тіла масою m_2 і човни будуть розходитись, оскільки при такому обміні передається **кількість руху**, а існує закон збереження кількості руху (рис. 1).

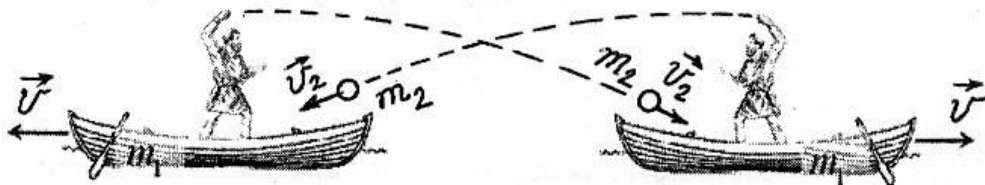


Рис. 1

З'ясуємо, як же взаємодіють між собою два електрони чи два протони, які відштовхуються? Або як взаємодіють електрон і протон, які притягуються? Через середовище (якийсь невидимий “ефір”, “фізичний вакуум”), чи внаслідок обміну ще невідомими частинками? Це не риторичні, а предметні питання до фізиків-експериментаторів, фізиків-теоретиків, фізиків-філософів, вчителів, студентів. Звичайно, можна пояснювати абстрактно – взаємодія відбувається через “електричні поля”, не вникаючи в суть поняття “поле”. Між тілами “щось” існує і через те “щось” вони взаємодіють. Але ж взаємодія відбувається не абстрактно, а реально. Тому треба відповісти предметно: що являє собою “поле” ? Що таке “поле” ? В математиці дається поняття “поля” – це синонім слова “розподіл”.

Наприклад – термін “поле векторів” означає **розподіл** векторів у просторі чи на площині. У фізиці це може бути розподіл у просторі якихось параметрів “поля” – напруженості, потенціалу. Такі абстрактні поняття традиційно використовуються. Це може бути розподіл “деформації простору” (ефіру, вакууму). Але може бути також **розподіл у просторі невідомих частинок**, які вилучаються тілами і через які й відбувається взаємодія. Тоді це вже щось предметне. Що то за частинки ? В цьому питанні є місце для пошуку, для гіпотез. Якщо взаємодія відбувається через обмін частинками, то виходить, що електрони і протони, будучи **різними речовинами**, ще й самі вилучають якісь “**частинки взаємодії**”, причому різні (“додатні” і “від’ємні”). І саме завдяки цьому можна пояснити відштовхування чи притягування.

Уявімо, що тіло m_1 випромінює в усі сторони “частинки взаємодії” (рис. 2). Лінії на рисунку зображують розподіл (“поле”) цих частинок у просторі. Очевидно, що коли тіло m_2 знаходиться ближче до тіла m_1 , на нього потрапляє більше “частинок взаємодії” (рис. 2), ніж у випадку, коли тіло m_2 знаходиться далі (рис. 3).

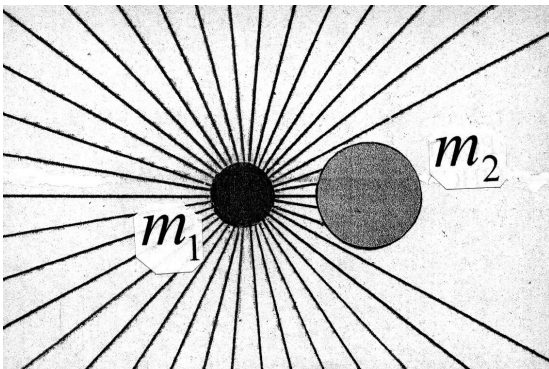


Рис. 2

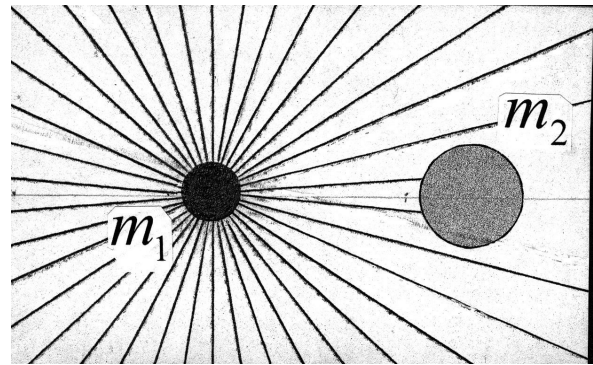


Рис. 3

Оскільки на ближчій відстані таких частинок більше (густота ліній поля більша), то й взаємодія буде сильнішою. Абстрактною мовою це означає, що “напруженість” чи “потенціал” “поля” “частинок взаємодії” на близькій відстані більші, ніж на далекій.

За аналогією приходимо до думки, що електрон і протон очевидно теж випромінюють частинки, завдяки яким і відбувається взаємодія. 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 поки-що нікому не вдалося. Можливо електрон є складною і дуже високоенергетичною

структурою.

Не має пояснення також сам фізичний (не абстрактний) механізм притягування. Якщо відштовхування через обмін частинками зрозуміле – відбувається передача кількості руху, то чому тіла притягуються і який механізм притягування – незрозуміло. Ці питання потребують вивчення. Можливо механізм притягування між електроном і протоном подібний до притягування гравітаційного? Вважається, що гравітаційна взаємодія відбувається через гравітони – особливі частинки, які перебувають в коливальному стані. Вони відштовхують тіло, яке їх випромінює, але при поглинанні навпаки – “тягнуть” тіло на себе (рис. 4) [3].

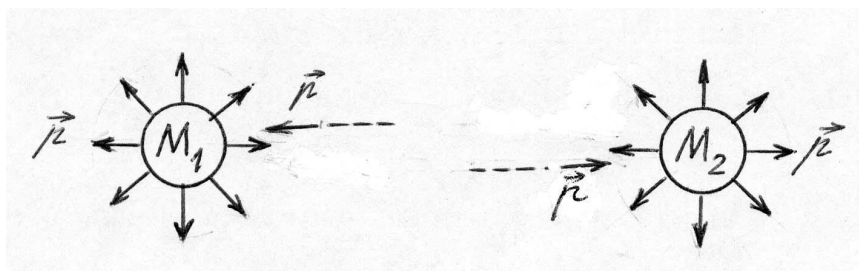


Рис. 4

Будемо вважати, що електрони і протони випромінюють **різні** “частинки взаємодії”. Наприклад (умовно), електрони випромінюють x_e – частинки, а протони – x_p – частинки. Через ці частинки відбувається взаємодія. Між електронами і протонами відбувається притягування, в результаті чого утворюється електронейтральна речовина, в якій однакова кількість електронів і протонів. А при взаємодії електронів між собою буде взаємне відштовхування. Так само відштовхуються протони. До речі, саме так пояснює взаємодію між частинками відомий фізик-теоретик Стівен Хокінг: *“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 [4, с. 38]”*.

Струм по всьому колу. Тепер можемо розглянути механізм виникнення струму як рух електронів на кожній ділянці кола. Сам провідник електронейтральний, тобто в ньому однакова кількість протонів і електронів. Причому, електрони є вільними в межах провідника. Для того, щоб був струм, провідник треба під’єднати до джерела ЕРС.

У джерелі ЕРС в результаті хімічної реакції відбувається розділення “зарядів” – електрони від’єднуються від атомів і на одному полюсі виникає надлишок електронів, а на протилежному – їх нестача, тобто переважають позитивно іонізовані атоми.

Якщо провідник під'єднати до джерела ЕРС, то вільні електрони провідника придуть в рух, бо електрони негативного полюса вилучають частинки x_e (позначені стрілочками), які будуть відштовхувати вільні електрони металу від негативного полюса батареї (рис. 5).

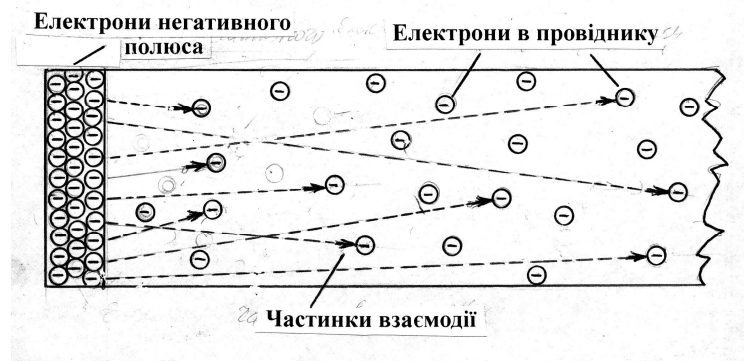


Рис. 5

Таким чином відбувається зміщення електронів від негативного полюса, де їх багато, в область з електронейтральним станом провідника. Важливо, що одні частинки взаємодії відразу штовхають електрони провідника, а інші частинки взаємодії можуть проникати в провіднику на велику відстань і передавати імпульс електрону, приводячи його в напрямлений рух (тобто, створюючи струм).

З боку “позитивного” полюса навпаки – протони випромінюють інші частинки (x_p), які, вдаряючи електрони, “тягнуть” їх на себе. Тобто, кількість електронів біля позитивного полюса зменшиться.

В результаті виникає струм по всьому колу. Швидкість передачі імпульсів x_e – частинок і x_p – частинок електронам залежить від швидкості поширення цих частинок взаємодії (x_e і x_p), яка рівна швидкості поширення “електромагнітної хвилі” в речовині.

Цікаво б поставити експеримент для перевірки механізму протікання струму по всьому колу. Для цього необхідно створити багатокілометрову лінію постійного струму, на якій поставити біля батареї і у віддаленій частині малоінерційні світлодіоди (чи осцилографи). При замиканні кола відбудеться спалахування світлодіодів, яке можна зафіксувати чутливим індикатором при одночасному їх спостереженні.

Матерія, з якої складається Всесвіт, існує у вигляді речовини і поля. Речовина відома у двох видах – електронному і протонному. Електронна і протонна речовини мають зовсім різну будову. Традиційно вважається, що електронна речовина має “від’ємний заряд”, а протонна – “додатній”. Між частинками речовини існує взаємодія. Частинки різної речовини (протони і електрони) притягуються між собою і утворюють електронейтральну

речовину. В утворених тілах кількість додатної 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 “від'ємним” чи “додатнім” зарядом. Однак являє інтерес механізм притягування і відштовхування між електронами і протонами, який реалізується через невідомі гіпотетичні частинки взаємодії, які ними випромінюються. В електричному колі негативний полюс джерела ЕРС має надлишок електронів і випромінює частинки взаємодії (x_e), які відштовхують електрони провідника, приводячи їх у рух на різних ділянках провідника. Позитивний полюс навпаки – випромінює частинки взаємодії іншого типу (x_p), які взаємодіють з електронами провідника і спричиняють їх рух в напрямку позитивного полюса. Швидкість поширення взаємодії визначається швидкістю руху частинок взаємодії x_e і x_p , яка дорівнює швидкості поширення електромагнітної хвилі в провіднику.

Використана література:

1. Задачник по физике / А. Н. Волохов и др. – Москва : ВШ, 1968. – 213 с.
2. Фейнман Р., Лейтон Р., Сендс М. Фейнмановские лекции по физике, т. 5. Электричество и магнетизм. – Москва : Мир, 1966. – 296 с.
3. Sus' B. A., Sus' B. B., Kravchenko O. B. Unusual interpretation of traditional physics problems. The third scientific-methodological edition. – Kyiv : PC “Prosvita”, 2012. – 121 p.
4. Хокинг Стивен. Краткая история времени. – Санкт-Петербург : Амфора, 2001. – С. 38-39.

References:

1. Zadachnik po fizike / A. N. Volohov i dr. – Moskva : VSh, 1968. – 213 s.
2. Fejnman R., Lejton R., Sends M. Fejnmanovskie lekcii po fizike, t. 5. Elektrichestvo i magnetizm. – Moskva : Mir, 1966. – 296 s.
3. Sus' B. A., Sus' B. B., Kravchenko O. B. Unusual interpretation of traditional physics problems. The third scientific-methodological edition. – Kyiv : PC “Prosvita”, 2012. – 121 p.
4. Hoking Steven. Kratkaya istoriya vremeni. – Sankt-Peterburg : Amfora, 2001. – S. 38-39.

Сусь Б. А., Грохольский Я. М., Сусь Б. Б. Механизм движения зарядов в замкнутой электрической цепи.

В статье рассмотрен механизм движения электронов во всех точках по длине проводника при замыкании электрической цепи. Показывается, что понятие “заряд” протона или электрона совпадает с понятием вещества протона или электрона и эти термины являются синонимами. Практически происходит взаимодействие веществ этих частиц. Выдвигается гипотеза, что взаимодействие “зарядов”-электронов, “зарядов”-протонов или “зарядов” электронов-протонов происходит через неизвестные частицы взаимодействия, которые ими излучаются. В электрической цепи отрицательный полюс источника ЭДС имеет избыток электронов, излучает частицы взаимодействия, которые отталкивают электроны проводника, приводя их в движение на разных участках проводника, а положительный полюс наоборот – излучает частицы взаимодействия другого типа, которые взаимодействуют с электронами проводника и влечут их движение в направлении положительного полюса. Скорость распространения взаимодействия определяется скоростью движения частиц

взаимодействия, которая равна скорости распространения электромагнитной волны в проводнике.

Ключевые слова: заряд, частицы, взаимодействие зарядов, закон Кулона, электрический ток, электрическая цепь.

SUS' B. A., GROHOLSKYI Y. M., SUS' B. B. A mechanism of motion charged particles in the closed electric circuit.

The mechanism of motion of electrons is considered in all of points on length of explorer at shorting of electric circle. Shown, that concept the "charge" of proton or electron coincides with the concept of matter of proton or electron these terms are synonyms. Practically there is cooperation of matters of these particles. A hypothesis is pulled out, that co-operation of "zaryadiv"-elektroniv, "zaryadiv"-protoniv or "charges" of electrons-protons takes a place through unknown particles co-operations which emanate by them. In an electric circle the negative pole of source of ERS has surplus of electrons and radiates particles co-operations which push away the electrons of explorer, driving them to motion on the different areas of explorer., and positive pole vice versa - radiates the particles of cooperation other to the type, which co-operate with the electrons of explorer and draw their motion in direction of positive pole. Speed of distribution of cooperation is determined the rate of movement of particles of cooperation which equals speed of distribution of hertzian wave in an explorer.

Keywords: charge, particles, cooperation of charges, Coulomb's law, electric current, electric circle.

УДК 37.037

Чумак М. Є.

РЕТРОСПЕКТИВНИЙ АНАЛІЗ ПЕДАГОГІЧНОЇ МАЙСТЕРНОСТІ ПРЕДСТАВНИКІВ ДАВНЬОРУСЬКОГО ДУХОВЕНСТВА

Проблематика статті торкається ретроспективних глибин педагогічної майстерності представників вітчизняного духовенства. Актуалізовано багатоаспектність досліджуваного феномена у контексті діяльнісно-поведінкового, аксіологічного та гносеологічного аспектів. Структуризовано історіографічні та наукознавчі витoki досліджуваної проблематики, охарактеризовано поліфункціональність педагогічної майстерності на сучасному етапі розвитку суспільства.

Інструментарієм дослідження послуговувалася хронологічно-змістовний, поетапно-проблемний, історико-педагогічний та порівняльний методи.

Ключові слова: ретроспектива, педагогічна майстерність, духовенство, феномен.

Домінування у світовій політиці цивілізованих країн світу гуманістичної парадигми розвитку освіти, передбачає необхідність переосмислення історіософських витоків цінних філософських та педагогічних ідей, зорієнтованих на виховання свідомого підростаючого покоління. У цьому ключі, ціннісні виміри предметної наповненості міждисциплінарної теоретичної спадщини дослідників виявляється у їх духовній