

УДК 373.5.016:51

Михайло СТАШЕНКО,
кандидат фізико-математичних наук, доцент, завідувач кафедри менеджменту освіти ВІППО;
Тетяна ТРАЧУК,
кандидат педагогічних наук,
доцент кафедри теорії та методики викладання шкільних предметів ВІППО

До дискурсу застосовності математики у фізиці

Включившись у процес українізації, Михайло Пилипович Кравчук популяризував серед української інтелігенції досягнення науки, фізики й хімії, які викликали найбільший інтерес у суспільства. З якою майстерністю він це робив, продемонстровано в статті.

Ключові слова: Михайло Кравчук, популяризація застосовності математики у фізичних наукових досягненнях.
Mykhailo Stashenko, Tetiana Trachuk. Toward the Discourse on the Applicability of Mathematics in Physics.

Having joined the process of Ukrainization, Mykhailo Pylypovych Kravchuk popularized the achievements of science, physics and chemistry among the Ukrainian intelligentsia, which aroused the greatest interest in society. The skill with which he did this is demonstrated in this article.

Keywords: Mykhailo Kravchuk, popularization of the applicability of mathematics in physical scientific achievements.

Науковою новинкою, якій у 20-х рр. ХХ ст. засоби масової інформації відводили найбільше місця, була теорія відносності. Любителі створювати дешеві сенсації друкували матеріали на зразок: «наука відкрила», що простір, який усі сприймають за нескінченний, є викривлений і, можливо, скінченний, що час у різних частинах Космосу протікає по-різному, тож батько, відправившись у подорож до далекої галактики, може повернутися звідти молодшим за свого внука, який лишився на Землі, і тому подібне.

Читачі, виховані на повазі до науки, письменники і люди культури, не фахівці в галузі фізики й математики, не знали, як сприймати такі публікації. Коли вони просили пояснити їм, як таке може бути, у відповідь чули – мовляв, для цього вони не досить розвинуті інтелектуально і тому нова наука їхньому розуму недоступна, то залишалось вірити, посилаючись на авторитет науки. Почалися всілякі спекуляції на тему теорії відносності. На неї як на останнє слово науки стали посилатися там, де треба, і там, де не треба.

Зрозуміло, що серйозний журнал «Червоний шлях» хотів внести ясність у це питання. Мабуть, серед фізиків-теоретиків не знайшлося того, хто б зміг популярно, не вдаючись до складних математичних побудов, пояснити нефаківцям усі тонкощі нової теорії. Довелося братися за діло математиків Кравчуку, хоч час (кінець 1923 – початок 1924 рр.) був у нього напруженим: він готувався до захисту докторської дисертації.

Написати статтю було нелегкою справою: щоб пояснити суть нової фізичної теорії, довелося прослідкувати шлях розвитку цієї науки, починаючи від Галілея і Ньютона до Ейнштейна.

Стаття Кравчука «Простір, час, матерія (до теорії релятивності)» появилася в журналі у 1924 році в № 4/5 (квітень-травень), займає у ньому 19 сторінок. Вона розрахована на те, що читатиме її людина, яка не сприймає написане як догму, а обдумує й аналізує слова автора, – одним словом, на інтелектуала, але не фахівця у галузі фізики.

Уже перше речення статті пояснює читачеві, що: «Основною тенденцією фізики, з часів Гюйґенса, є виявлення єдності різнманітних явищ природи або в кожному разі конструкція картини фізичного світу з можливо меншого числа первісних реальностей». Такими «конструкціями картини фізичного світу» є класична механіка Ньютона і релятивістська механіка Ейнштейна, яку ще називають теорією відносності. І далі Кравчук з'ясовує, які ж «первісні реальності» покладено в основу першої і другої.

Про механіку Ньютона автор пише:

«Ньютонова система механіки, отже й збудований на ній фізичний світогляд, знає три основні самостійні абсолютні реальності: простір, час та матерію. Згідно з нею всі факти матеріального світу мають бути цілком певно орієнтовані в безкрайній одноманітній порожняві – просторі, що скрізь має незмінні геометричні властивості; на природу простору ні потік часу, ані матерія не впливає ніяк. Рівно ж час тече

цілком одноманітно й також незалежно ні від фізичних явищ, що ними його практично зміряємо (як, напр., обертання землі довкола вісі, хитання маятника), ні від самого абсолютного простору. Абсолютний простір, як і абсолютний час у цім уявленні ніяк би не змінилися, коли б матеріальний світ зник без сліду; що ж до матерії, то ми її, навпаки, пізнаємо й уявляємо лише у формах просторового та часового протягу. Инакше кажучи, закони геометрії та кінематики існують незалежно від матеріальних феноменів, панують над ними, затискають їх у свої скрізь і завжди незмінні форми. Проте матерія є хоч і необов'язковий логічно, але фактично невідмінний атрибут цього порожнього просторовочасового світу; вона вічна, ніякі фізичні або хемічні процеси не в силі знищити або сотворити з нічого найменшу її частинку.

Звичайний стан матеріального тіла є стан руху в абсолютнім просторі; причин руху тіла, званих силами, звичайно, шукаємо в інших тілах [...] Проте не всякий рух уважається за вислід чину¹ сили. Ще Галілей, розбиваючи тисячолітню Аристотелівську традицію, що не знала руху без сили, висловив таке твердження: рухоме тіло, з якогось моменту назавжди звільнене від діяства сил, не спиниться, а, навпаки, – заховає навіки той напрям і ту швидкість руху, які мало в момент звільнення від сил. Цей принцип, вислід тонкої й глибокої абстракції зі спостережень та спроб, став, так званим, першим законом Ньютонової механіки – з а к о н о м і н е р ц і ї (безвладности) матеріальних тіл:

Усяке тіло доти заховає стан непорушности або простолінійного одноманітного руху², аж поки якісь сили не змусять його змінити цей стан [...] В законі інерції – корінь ширшого твердження класичної механіки, так званого, принципу релятивности:

Немає механічного способу виявити простолінійний одноманітний рух тіла спостерігачеві, звязаному з тим тілом [...]

Можна сказати, що замість одного абсолютно непорушного простору ми маємо безліч інерціальних рівноправних просторів; кожний із них сидить на плечах якогось інерціального тіла, отже не може тішитися самостійністю, абсолютністю, першенством перед іншими.

Таким чином, класична механіка, визнаючи абсолютний простір за реальність, не має змоги визначити його цілком, а визначає лише з точністю до довільного простолінійного одноманітного руху.

Визнавши принцип інерції, не було б взагалі ніякої рації задержувати в системі механіки аж до недавніх часів поняття привілейованого, абсолютного простору, коли б не дуже наочна і звичайна реальність – існування, так званих, с и л і н е р ц і ї та зосібна сил в і д о с е р е д н и х³.

Проте, як показує Кравчук, вони також є наслідком закону інерції, з їх наявності також неможливо логічно вивести існування абсолютного простору. І лише авторитет Ньютона та безліч дослідних, особливо астрономічних, даних, які підтверджували результати класичної механіки, були причиною того, що протягом двохсот років відцентрові сили сприймалися за доказ абсолютного простору. Адже без нього валилась уся струнка будова класичної механіки.

Та вчені більше довіряють логіці, ніж авторитетам, й Е. Мах був одним із перших, хто висловив думку, що причиною відцентрових сил, можливо, є інші маси у Всесвіті, рух тіла щодо цих мас. Експериментального доводу цього твердження він не мав, воно було скоріше філософською гіпотезою, правдоподібною і, до певної міри, логічно виправданою. «Але аргументів, що задовольняють філософа, часом буває замало для фізика: – пише Кравчук, – новий принцип, не маючи прямого експериментального потвердження, як і старий Ньютонів, лиш одним способом може здобути право на існування й перевагу: показавши, що його логічний пуризм лишає досить елементів для збудування картини матеріального світу, не менш правдивої та детальної, ані-ж Ньютонова».

Таку картину нового фізичного світогляду вдалося побудувати тільки після того, коли створена Максвеллом теорія електромагнітних явищ дала необхідні для цього дані. З цієї теорії випливало існування електромагнітних хвиль, які поширюються у просторі зі швидкістю світла: $c = 300\,000 \text{ км/с}$. Незабаром Герц підтвердив їх існування експериментально. Більше того, було розгадано природу світла, показано, що воно також є такою хвилею.

Механізм виникнення й поширення електромагнітних хвиль пояснювали наявністю гіпотетичної надзвичайно тонкої матерії – ефіру, яка заповнює увесь простір і в якому ці хвилі поширюються. Ефір настільки тонкий, що на нього не діють сили тяжіння, і всі тіла проходять через нього не зустрічаючи ніякого опору. Инакше кажучи, Ньютонів непорушний абсолютний простір замінив непорушний ефір.

¹ Вислід чину – результат дії. – Прим. ред.

² Простолінійний одноманітний рух – прямолінійний рівномірний рух. – Прим. ред.

³ Відосередні сили – відцентрові сили. – Прим. ред.

І все було б добре, якби не одна «дрібничка». Як відомо, Земля рухається навколо Сонця зі швидкістю приблизно 30 км/с . Отже електромагнітна хвиля (промінь світла), випущений у напрямі руху Землі, згідно із законом додавання швидкостей, повинна мати швидкість $c + 30 \text{ км/с}$, а в оберненому напрямі – швидкість $c - 30 \text{ км/с}$.

Усупереч цьому, Майкельсон експериментально довів, що швидкість в обох напрямках однакова і дорівнює c . Залишаючись на позиціях непорушного ефіру й абсолютного часу, Лоренц вираховував: для того, щоб витлумачити парадоксальний Майкельсонів результат, треба прийняти, що кожна рухома (рівномірно і прямолінійно) фізична система скорочує свої розміри у напрямі руху, і спостерігач, зв'язаний із цією системою, ніякими фізичними дослідами не може виявити цього скорочення. Звідси неухильно випливає, що кожна рухома система має свій локальний час, і абсолютний час, як і абсолютний простір, робиться фікцією.

Уся принципова відміна, за словами Кравчука, Лоренцової системи від Ньютонової полягає у доданні до класичного закону інерції принципу незалежності швидкості поширення електромагнітних хвиль від швидкості інерційної системи, до якої належить спостерігач. Таким чином принцип релятивності класичної механіки замінюється на такий: Ніякими фізичними, механічними чи електродинамічними способами не можна виявити абсолютного прямолінійного рівномірного руху. Обидві фікції – абсолютного простору й абсолютного часу – можна відкинути і збудувати нову реформовану систему механіки, яка не гірше, ніж Ньютонова, а у багатьох випадках краще узгоджується з фактами експериментальної науки.

Та, наголошує Кравчук, неправильно було б думати, що наука розв'язала парадокс Майкельсонового експерименту: насправді вона лише зробила з нього математичні та логічні висновки, які нефахівцям здаються ще більш парадоксальними.

Останні кроки у логічному завершенні Лоренцової теорії зробили Ейнштейн і Мінковський. Радикалізм першого довів до кінця Лоренцову інтерпретацію Майкельсонового досліду, відмовився від абсолютного простору й абсолютного часу і показав, що всяка інерційна система зі своїм місцевим часом може успішно їх замінити. Другий, шляхом математичних викладок, об'єднав простір і час у чотиривимірний «всесвіт», що поглинув у собі однім уся безліч рівноправних інерційних просторів з їх часами. Власне, відтоді (1905–1908) говориться про Ейнштейнову спеціальну теорію релятивності (відносності) та про її геометричну інтерпретацію

Мінковським. (Тут доречно зауважити, що за 30 років до Ейнштейна і Мінковського український учений Микола Гулак у праці «Опыт геометрии о четырех измерениях. Тифлис, 1876», присвяченій пам'яті Лобачевського, висловив ідею про можливість побудови механіки в неевклідових просторах. Ейнштейнова теорія відносності насправді є механікою у просторі Лобачевського.)

У статті, присвяченій теорії відносності, Кравчук, в основному, обговорював проблеми простору і часу. Третя основна складова класичної механіки – матерія – у ній зачіпалася лише побіжно, коли йшлося про масу як міру інерції та про рівноправність маси й енергії. Тому відразу після опублікування статті, яка внесла ясність, що таке теорія відносності, Кравчук узявся за написання другої, цілком присвяченої проблематиці атомної будови матерії. У ній треба було показати, що процеси на атомному рівні не можна пояснити силами Ньютонової гравітації, а лише законами Максвеллової електродинаміки, і, отже, нова механіка – теорія відносності – є не якоюсь умоглядною видумкою, а закономірним кроком на шляху розкриття тайн природи.

Треба думати, що статтю замовила редакція «Червоного шляху». Вона була надрукована в цьому журналі (№ 6/7, 1925 р.), має назву «Сучасний атомізм» і обсягом навіть трішки більша за першу – займає 30 сторінок. Теперішньому читачеві вона може здаватися менш цікавою, ніж стаття про теорію відносності: знання про будову атома були тоді ще досить скупими. Атомна фізика – наука експериментальна, а основними приладами експериментів були тільки камера Вільсона і крукові та рентгенівські трубки.

«Сучасний атомізм» починається фразою: «Розвиток хемії в кінці XVIII та на початку XIX століття перетворив давню думку про атомічну будову матерії з необґрунтованої експериментом фантазії в надзвичайно плідну наукову гіпотезу». Нагадаємо читачеві, що авторами цієї «необґрунтованої експериментом фантазії» були давньогрецькі філософи Левкіпп і його учень Демокріт (V ст. до н. е.), а першу спробу ввести в науку атоми зробив Джон Дальтон, вважаючи, що найдрібніші часточки складних речовин – молекули – є комбінаціями ще менших, уже неподільних частинок – атомів. Але вже тоді було висловлено думку (Проут, 1815), що ці атоми є не первинними складниками матерії, а самі складаються ще з менших частинок. Та експериментального підтвердження вона не мала (нагадаємо, що розщепити атом удалося тільки в 1932 р.).

Спостереження над броунівським рухом дрібненьких часточок речовини у воді й вимірювання температури і тиску газу в закритій посудині привели до висновку, що температура тіла є не що інше як кінетична енергія руху його молекул і до встановлення залежності між тиском і температурою (закон Гей-Люссака). А це, у свою чергу, дало можливість вираховувати атомну вагу елементів (Дальтон, 1803 і 1810; Берцеліус, 1818).

«Геніяльний систематик хемічних елементів, Менделєєв, що виявив періодизм властивостей елементів у залежності від їхньої атомної ваги (періодична система елементів, 1869) і таким чином показав, що всі елементи збудовано наче за одним якимось спільним планом, – проте рішуче повставав проти Проутової гіпотези, бо не знаходив для неї експериментальних підтверджень, – пише Кравчук, – Лише блискучий розвиток атомістики в ХХ столітті висунув ізнов думку про ґенетичну єдність матерії та, завдяки особливо роботам Д. Томсона, Резерфорда та Астона, зробив її у високій мірі ймовірною».

Спостереження над катодними променями в кружкових трубках привели до відкриття електрона, а над анодними – ізотопів. Повідомлення Рентгена (1895) про відкриття Х-променів (пізніше названих рентгенівськими), які проникають через тіла, що не пропускають світлових променів, і Лауе (1912), що ці промені мають ту саму природу, що й світлові, і відрізняються від останніх тільки більшою частотою коливань, дало фізикам спосіб «заглянути» всередину твердого непрозорого тіла, відкрити закони кристалічної будови речовини і вивчати взаємодію електромагнітного випромінювання з атомами. (Зазначимо, що ще в 1881 р., тобто за 14 літ до повідомлення Рентгена про відкриття Х-променів, український фізик Іван Пулюй сконструював трубку, яка випускала ті ж Х-промені, і протягом певного часу навіть вироблялася серійно під назвою «лампи Пулюя». За допомогою цього пристрою Пулюй вперше у світовій практиці зробив знімок зламаної руки 13-річного хлопчика.) Зокрема, Г. Мозлі встановив (1913) залежність між частотою спектральних ліній характеристичного рентгенівського випромінювання й атомним номером випромінюючого елемента, завдяки чому Періодична система елементів дістала тверде й точне спектроскопічне обґрунтування. Збільшилася ймовірність, що порожні місця таблиці Менделєєва можуть бути заповнені ще не знайденими елементами.

Спостереження над природною радіоактивністю показали, що атом радіоактивного елемента, випускаючи α -частинку, пересувається в Періодичній системі на два номери назад, а випускаючи β -частинку – на один номер уперед. Отже, коли даний атом послідовно випустить із себе одну α -частинку і дві β -частинки, він вернеться на своє первісне місце, хоч його склад і атомна вага зміняться: елемент стане своїм ізотопом. Через те, що одна α -частинка (ядро атома гелію) і дві β -частинки (електрони) складають атом гелію, який має атомну вагу 4, зроблено висновок: різниця між атомною вагою всяких двох радіоактивних ізотопів кратна чотирьом, що й підтвердилося експериментально.

Спостерігаючи шляхи α -частинок у Вільсоновій камері, Резерфорд помітив, що деякі з них закінчуються раптовими закривленнями, і зробив висновок, що це трапляється тоді, коли α -частинка зустрічається з атомом азоту, який знаходиться в повітрі. Так було відкрито нову частинку у складі атома – протон.

Відкриття електрона і реальне виявлення складної структури атома викликали і перші теорії цієї структури. Першу модель у вигляді позитивно зарядженої краплі, всередині якої плавають електрони, запропонували Кельвін (1902) і пізніше Томсон. Та ця модель не могла пояснити багатьох експериментально встановлених фактів, наприклад, дуже великих відхилів при ударі α -частинки в атом або вибивання при цьому з атома протона, тому її довелося відхилити. На зміну їй прийшла планетарна модель: навколо позитивно зарядженого ядра рухаються електрони, як планети навколо Сонця. Причину, чому при цьому атом не випромінює енергію й електрони не падають на ядро, пояснювала відкрита Планком (1900) при вивченні явища випромінювання абсолютно чорного тіла його квантова природа. На цій основі Бор побудував свою модель атома водню. Вона в цей час була найвищим досягненням теоретичної фізики.

Свою статтю Кравчук закінчує словами: «На подані тут міркування про конструкцію складніших атомів, як і взагалі на всю Борову теорію, не можна, розуміється, дивитися як на закінчену та вільну від суперечностей систему. Але коло ідей, що вона дала й раз-у-раз зроджує, є головне живе джерело сучасної фізики» (Кравчук, 2014).

Використані джерела

1. Кравчук М. Простір, час, матерія (до теорії релятивності). *Вибр. праці. Історія і методика математики* / Нац. техн. ун-ту України «КПІ», Пед. музей України; [упоряд.: Н. О. Вірченко, В. О. Гайдей, О. П. Міхно]. Київ : НТУУ «КПІ», ПМУ, 2014. С. 226–244. URL: http://pmu.in.ua/wp-content/uploads/downloads/2015/12/kravchyl_vibrani_praci.pdf