

Б. А. Сусь*, Б. Б. Сусь**

*Національний технічний університет України "КПІ"
 **Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ФІЗИКИ ЯК ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ СВІТОГЛЯДУ МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ

Аргументується, що проблемні питання фізики можуть і повинні стати вагомим засобом формування світогляду і компетентності майбутнього вчителя. Тому в процесі навчання доцільно акцентувати увагу на проблемних питаннях і обговорювати шляхи їх розв'язання. Як приклад проблемного підходу обговорюється питання двоїстості природи матерії і, зокрема, світла.

Ключові слова: формування світогляду, компетентність вчителя, проблемні питання, двоїстість природи матерії, швидкість світла.

Постановка проблеми. Фізика – наука про природу. Це найдавніша з наук, яка стала основою для багатьох інших наук, і разом з тим є наукою, яка неперервно розвивається. У фізиці встановлені і традиційно вивчаються у загальноосвітній та вищій школах закони фізики, але існує цілий ряд проблемних питань, на які нема однозначної відповіді або й більше – відповіді суперечливі в рамках установлених понять. Існують також проблемні питання фундаментального світоглядного характеру. Зокрема це питання існування матерії у вигляді речовини і поля та її переходу з одного виду в інший як форми руху, питання релятивістської маси, двоїстості природи світла як форми руху, питання хвильового характеру хвиль де Бройля, природи співвідношення невизначеностей, несуперечливого квантового тлумачення явища дифракції, проблеми гравітації та інші. Однак на проблемні питання фізики у підручниках, навчальних посібниках, навіть призначених для вчителів, увага не звертається і вони не обговорюються. Тим більше проблемні питання залишаються поза увагою у навчальному процесі. Разом з тим, проблемні питання можуть і повинні стати вагомим засобом формування світогляду і компетентності майбутнього вчителя.

Аналіз проблемних питань світоглядного характеру. Ми зупинимось на деяких, найбільш фундаментальних і найбільш проблемних питаннях фізики. Світоглядним є питання двоїстості природи, яка за нинішніми уявленнями існує у вигляді речовини і поля. Речовина – це фізичні тіла, частинки (атоми, протони, нейтрони, електрони). Виразником речовинності є маса тіла. Стосовно іншої форми матерії – поля, наші уявлення менш предметні. Ми знаємо, що існують електричне, магнітне, електромагнітне, гравітаційне, ядерне поля, але уявлення про ці поля доволі абстрактні. Що собою являє електричне чи магнітне поля, існують вони у просторі чи є станом певного середовища – цього ми вже достеменно не знаємо! Причому, навіть не маємо якоїсь гіпотези. Існування ефіру як середовища для поширення електромагнітних хвиль у фізиці неприйнятне. Є лише абстрактні теоретичні міркування про вакуум як «нічого», з якого може виникнути «щось». Гравітація теж пояснюється абстрактно – як викривлення простору речовиною. Але важко навіть гіпотетично уявити, чи притягування відбувається завдяки якійсь середовищу, в якому поширюються гравітаційні хвилі, чи через обмін частинками – гравітонами.

Однак, питання не тільки в тому, що матерія існує в двох видах. За нинішніми уявленнями **матерія існує також у неперервному русі**. Рух тіл (частинок) часто розуміється як механічний рух і закони такого руху добре вивчені. **Проте існує інша, фундаментальніша форма руху – перехід від одного виду матерії в інший**. Така форма руху добре відома у фізиці. Наприклад, при поділі важких ядер відбувається перехід частини маси в енергію (дефект маси). Такий же ефект спостерігається при зіткненні і анігіляції електрона і позитрона – вони як маса (речовина) зникають, а замість них з'являються два гаммакванти – електромагнітне поле. Відомий і зворотній ефект – породження електрона і позитрона при зіткненні двох гаммаквантів. Це все добре відомі, але лише окремі факти взаємодії і взаємних перетворень маси і енергії як різних видів матерії, тоді як цілком логічно припустити, що оскільки матерія існує в

двох видах, то повинна існувати така форма руху як **неперервний** перехід матерії з одного виду в інший. І можна показати, що така форма неперервного руху існує – це змінне електромагнітне поле або електромагнітні хвилі, зокрема світло. Із розв'язку рівнянь Максвелла випливає, що в електромагнітній хвилі відбувається узгоджена зміна електричного і магнітного полів.:

$$E_y = E_{0y} \cos(\omega t - kx + \psi), \quad (1)$$

$$H_z = H_{0z} \cos(\omega t - kx + \psi). \quad (2)$$

На рис. 1 такі зміни E і H представлено графічно.

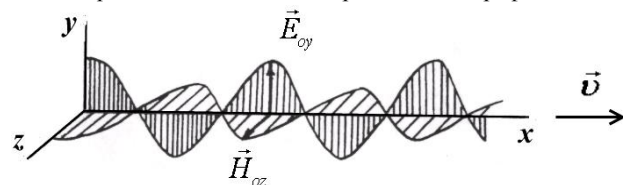


Рис. 1

Як бачимо, **електричне і магнітне поля електромагнітної хвилі змінюються разом, тобто в однаковій фазі** – разом зростають і разом зменшуються, у зв'язку з чим виникає суперечність принципового характеру. Наявність коливань такого типу не має фізичного обґрунтування, бо електричне і магнітне поля мають енергію, яка теж коливається, і існує **проблема закону збереження енергії**. Оскільки коливання векторів \vec{E} і \vec{H} відбувається в однаковій фазі, то енергія електричного поля не може переходити в енергію магнітного поля чи навпаки, як це має місце в коливальному контурі, де різниця фаз між \vec{E} і \vec{H} дорівнює $\pi/2$. Тому виникає питання – у що перетворюються енергії електричного і магнітного полів електромагнітної хвилі при зміні \vec{E} і \vec{H} ? Має місце порушення закону збереження енергії. Пояснення може бути одне: тут діє інший, загальніший закон. Добре відомий зв'язок між енергією і масою:

$$W = c^2 \cdot m.$$

Це означає, що зміна енергії в електромагнітній хвилі супроводжується зміною маси фотона:

$$\Delta W = c^2 \cdot \Delta m. \quad (3)$$

Таким чином, аналізуючи характер зв'язку між масою і енергією, перехід одного виду матерії в інший, приходимо до висновку про обмеженість дії закону збереження енергії. Виходить, що треба говорити про закон вищого порядку – **закон збереження матерії, який виражає перехід матерії з одного виду в інший**. І формальним виразом цього закону є формула (3).

Звичайно, що розглянута форма руху відноситься до питань світоглядного характеру. Традиційно у фізиці розглядаються механічні форми руху – поступальний, обертальний, коливальний, при яких дійсний закон збереження енергії. Однак, як бачимо, існує вища форма руху, при якій закон збереження енергії стає не дійсним, а вступає в силу закон збереження матерії.

Фундаментальними і проблемними питаннями світоглядного характеру є **питання природи світла і швидкості його поширення**.

Оскільки світло має двоїсту природу – це хвилі і частинки, важливо відповісти на питання **якою є швидкість світла?** Це **швидкість поширення хвиль**, тобто фазова швидкість? Чи **швидкість поширення частинок**? Адже йдеться про зміст хвильового процесу.

Традиційно хвильовий процес розглядається як поширення збурення в певному середовищі. Однак існування ефіру як середовища для поширення світла заперечується на основі досліду Майкельсона та інших спостережень. Отже, якщо світло – хвилі, то c – фазова швидкість, тобто швидкість поширення певної фази збурення. Коли ж світло частинки (фотони), то c – швидкість руху речовини (маси) в просторі. Але якщо світло – частинки, то треба відповісти на питання, де тут хвильовий процес? Стає очевидним, що коливний процес відбувається у фотонах. Однак постає інше питання – яка природа коливного процесу фотонів? Проблемність очевидна, але традиційно фізика на ці питання відповіді не дає. Ми маємо можливість дати обґрунтування змісту коливних процесів фотона на основі двоїстості природи матерії.

Оскільки нема підстав говорити про спеціальне середовище для поширення світла (про якийсь ефір), будемо дотримуватись підходу, що світло – це потік частинок – фотонів. Але маємо визнати, що фотони – це не просто частинки, які мають масу і кількість руху (імпульс). У русі фотонів ще повинен проявлятися коливний процес, бо світло – процес хвильовий. Характер коливань може бути пов'язаний із вже розглянутою нами формою руху (3) на основі перетворення речовини в поле і навпаки:

$$\Delta W = c^2 \cdot \Delta t.$$

Отже, виходить, що світло – це потік мільярдів фотонів, які перебувають у коливальному стані типу **маса-енергія-маса-енергія-...** Процеси, пов'язані з рухом частинок, що перебувають в коливальному стані, в природі цілком реальні і можна тільки дивуватися, чому вони не вивчаються фізиками і математиками. Для наочності такий коливний процес можемо представити як зграю птахів або рій джбіл, що летять, махаючи крилами (рис. 2).

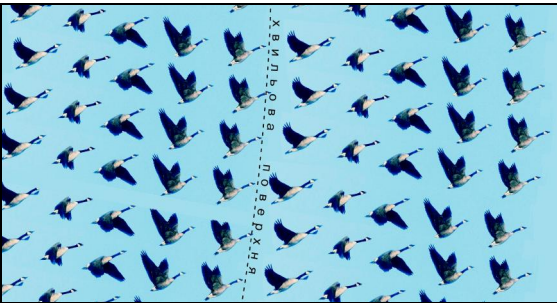


Рис. 2

Таким чином, світло, це не коливання якогось уявного середовища (ефіру), яке заперечується фізичними дослідниками, а цілком реальний потік частинок, які перебувають у коливальному русі. Тому можемо зробити висновок, що **швидкість світла, з одного боку, є швидкістю переміщення фотонів як частинок, а з іншого – це швидкість переміщення сталої фази**, бо фотони, переміщуючись, перебувають в коливальному стані. В даному випадку ці різні за змістом швидкості збігаються за величиною.

Звичайно, що такий підхід до **питання природи світла** є проблемним, він потребує обговорення і є засобом формування світогляду вчителя. Для формування світогляду мають значення також висновки практичного характеру стосовно пояснення фізичних явищ і ефектів. Наприклад, явище дифракції у фізиці розглядається тільки з хвильових позицій, а його слід розглядати також з корпускулярної точки зору. Такі дослідження проведені і отримані цікаві результати [1].

Проблема величини швидкості світла. Традиційно у фізиці прийнято вважати, що світло поширюється зі сталою швидкістю c , значення якої з високою точністю підтвержені експериментальними вимірюваннями. Сталість швидкості

світла як постулат покладена в основу теорії відносності. Однак існує проблема розуміння самого поняття сталості швидкості світла і, на нашу думку, вона більш методичного характеру, ніж фізичного. Що означає вислів «швидкості світла стала»? По відношенню до чого вона є сталою? Проаналізуємо фізичний зміст цього твердження.

Нехай ми знаходимось у **нерухомій системі відліку** ($v=0$) і на нас рухається фотон як частинка світла зі швидкістю c . Тепер уявімо, що наша система відліку рухається зі швидкістю v назустріч фотону. Очевидно, що швидкість фотона відносно нашої системи буде $c + v$. Якщо ж система відліку рухається зі швидкістю v від фотона, то відносна швидкість фотона буде $c - v$. Як бачимо, щось є незрозуміле або некоректне в твердженні, що «швидкість світла стала». Оскільки швидкість світла є характеристикою фотона і сталість швидкості має принципове значення, тому розглянемо конкретніше цю проблему.

Фотон з'являється при зміні енергії, зокрема при переході електрона в атомі з вищого енергетичного рівня на нижчий: $\Delta W = h\nu$. Повпливати на рух фотона якимсь чином, прискорити чи сповільнити його – неможливо, оскільки інертна маса фотона – маса спокою – дорівнює нулеві. А для того, щоб змінити швидкість фотона як частинки, необхідно подіяти на нього силою. Так, наприклад, прискорюються електрони в електронно-променевої трубі чи в циклотроні. Для електрона таке зробити можна, бо він має заряд і тому його можна прискорювати в електричному полі. Фотон же – частинка електронейтральна і спосіб подіяти на нього силою, щоб прискорити, нема. Тому **визначення швидкості фотона в будь-якій рухомій системі відліку дає однаковий результат**, чим і пояснюється твердження, що «швидкість фотона є величиною сталою». Тут проблема термінологічного характеру. Насправді йдеться не про сталість швидкості світла, а про вимірне значення швидкості світла в тій системі відліку, в якій воно здійснюється і незалежність цього значення від швидкості руху системи координат.

В різних інерціальних системах координат рух фотонів, як частинок, принципово відмінний від руху класичних тіл, для яких крім релятивістської маси m , тобто маси, пов'язаної зі зміною енергії (3), властива маса спокою m_0 . Швидкість тіла є відносною величиною і вона залежить від руху системи координат, у якій тіло знаходиться. Для фотона маса спокою рівна нулеві, тому існує принципова відмінність між швидкістю переміщення тіла і швидкістю поширення світла (фотона) в інерціальних системах координат.

Вимірне значення швидкості світла в будь-якій системі координат є однаковим.

Висновки. Світогляд визначає рівень розвитку особистості, розуміння нею процесів, які відбуваються в навколишньому світі. Звичайно, що вчитель фізики повинен знати і розуміти не тільки закони фізики, їх суть, але також межі їх застосування. Проблемні питання фізики можуть і повинні стати вагомим засобом формування світогляду і компетентності майбутнього вчителя, тому в процесі навчання доцільно акцентувати увагу на проблемних питаннях і обговорювати шляхи їх розв'язання.

Список використаних джерел:

1. Сусь Б.А. Незвичне бачення традиційних проблемних питань фізики. Науково-методичне видання / Сусь Б.А., Сусь Б.Б. – К.: ВЦ "Просвіта", 2010. – 132 с.

Argues that problems of physics can and should be a valuable tool of ideology and competence formation of future teachers. Therefore, learning should be focused on challenging issues and discuss ways of their solution. Dual nature of matter and in particular of light are discussed as an example of the problematic approach.

Key words: Formation of ideology, Competence of teacher, Problematic issues, Dual nature of matter, Velocity of light.

Отримано: 19.04.2011