

УДК:539.1

Руденко Євгеній

НВК «Олександрійський колегіум – спеціалізована школа»

ПРОБЛЕМИ ЄДНОСТІ ТА СУПЕРЕЧЛИВОСТІ КВАНТОВИХ ФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ І ЯВИЩ У ПІЗНАННІ МІКРОСВІТУ

Анотація. Стаття присвячена розгляду єдності та суперечливості квантових фізичних процесів і явищ у пізнанні мікросвіту при вивченні розділів квантова фізика та атомна і ядерна фізика. Стаття також присвячена аналізу специфіки досліджуваного в розділах навчального матеріалу а саме дуалізму властивостей частинок, речовини і поля, дискретність енергії, властивості ядра атома та елементарних частинок. Показано особливості цих понять у контексті їх унаочнення. Зроблено спробу показати протиріччя хвиля – частинка, дискретність – неперервність з позиції діалектичного матеріалізму. Метою даної статті є дослідження ідей про невичерпність матеріальних об'єктів мікросвіту; матеріальності фізичних полів, зокрема ядерної взаємодії; взаємозв'язку і матеріальної єдності поля й речовини; залежності характеру матеріальної взаємодії від структури та просторово-часових масштабів матеріальних об'єктів, у контексті їх застосування до вивчення даних розділів.

Ключові слова: *методика навчання фізики, квантова фізика, атомна та ядерна фізика, властивості мікрочастинок, шала відстаней, шкала часу.*

Постановка проблеми. Вивчення квантової фізики супроводжується рядом проблем, що зумовлені квантовою природою розглядуваних процесів та явищ, дуалізмом поведінки об'єктів мікросвіту, статистичним характером руху частинок, ненаочістю процесів та явищ з точки зору класичної механіки.

Як показують дослідження [1; 2; 5; 6], розглядання протиріччя хвиля – частинка, дискретність – неперервність з позиції діалектичного матеріалізму при навчанні квантової фізики не лише підвищує пізнавальний інтерес до предмету, а й забезпечує більш якісне засвоєння знань. На нашу думку, навчальний матеріал квантової фізики варто доповнити рядом порівнянь, аналогій, моделей, наочними матеріалами, які забезпечать більш свідоме розуміння учнями фундаментальних теорій та понять квантової фізики.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз досліджень Каменецького С.Е., Бугайова О.І., Садового М. І. інших дослідників, дозволив виокремити найвагоміші, з точки зору змісту і методики навчання фізики, проблеми становлення і розвитку квантових уявлень в учнів при вивченні квантової фізики та фізики атома і атомного ядра.

Метою даної статті є визначення проблеми єдності та суперечливості квантових фізичних процесів і явищ у пізнанні мікросвіту при опануванні фізики та окреслення конкретного змісту навчального матеріалу, з яким варто ознайомити учнів при навчанні квантової фізики.

Методи дослідження. порівняльно-історичний, предметно-логічний, системно-функціональний.

Виклад основного матеріалу. Фізичний компонент забезпечує усвідомлення учнями основ фізичної науки, засвоєння ними основних фізичних понять і законів, наукового світогляду і стилю мислення, розвиток здатності пояснювати природні явища і процеси, формування ставлення до фізичної картини світу [3].

Квантова фізика продемонструвала, що основні закони природи мають статистичний, а не динамічний характер. Це означає, що різні фізичні процеси підкоряються імовірнісним законам, а строгий детермінізм класичної механіки може розглядатися тільки як крайній випадок якогось можливого опису. Більш того квантова механіка вказує на

те, що імовірна поведінка характерна не тільки для великої кількості об'єктів, але також і для окремих мікрооб'єктів – молекул, атомів, атомних ядер, елементарних частинок [1, с. 7].

Два основних фактори визначають особливості організації вивчення, вибору методів навчання розділів «Квантова фізика» та «Атомна і ядерна фізика»: розміщення розділу в кінці курсу фізики; специфіка досліджуваного в них навчального матеріалу. Розглянемо вплив кожного з цих факторів окремо [2, с. 8].

Квантову фізику вивчають в кінці шкільного курсу фізики, причому вивчають на кількісному рівні вперше [5, с. 273]. Лише про будову атома і його ядра школярі отримали самі початкові уявлення в базовому курсі фізики і більш повні – в курсі хімії. Ця обставина потребує від вчителя так побудувати навчальний процес, щоб при вивченні матеріалу домагатися глибокого і міцного засвоєння його учнями.

Для підвищення якості засвоєння матеріалу дуже важливо спиратися на раніше отримані знання. Наприклад, при вивченні правил зміщення при радіоактивному розпаді і при вивченні ядерних реакцій необхідно широко спиратися на закони збереження маси і заряду. Перед вивченням будови атома доцільно повторити поняття доцентрового прискорення, закони Ньютона, закон Кулона, а також ті відомості про будову атома, які учні отримали в базовому курсі фізики і при вивченні хімії [5, с. 275].

У даному розділі вводиться понад 20 нових понять, які раніше в курсі фізики не вивчалися. Як відомо з психології навчання, для глибшого та свідомішого засвоєння понять, важливо, щоб кожне з них вивчалось поступово, а процес закріплення здійснювався поетапно і протягом певного часу [2, с. 8]. Усі ці поняття розглядаються протягом 28-ми годин (програма, рівень стандарту), цей розділ в курсі фізики заключний, немає можливості розтягнути процес закріплення цих понять у часі, а тому деякі поняття доцільно починати розглядати ще під час вивчення механіки,

молекулярної фізики, електродинаміки та оптики [2, с. 9].

Особливість змісту квантової фізики також накладає відбиток на методику її вивчення. В цьому розділі учнів знайомлячи зі своєрідністю властивостей і закономірностей мікросвіту, які суперечать багатьом уявленням класичної фізики. Від школярів для його засвоєння потрібно не просто високий рівень абстрактного мислення, а й діалектичне мислення. Протиріччя хвиля – частинка, дискретність – неперервність розглядають з позиції діалектичного матеріалізму. Тому при вивченні цього розділу вчителю важливо спиратися на ті філософські знання, які мають учні, частіше нагадувати нам, що на відміну від метафізичного протиставлення (або так, або ні) діалектика протиставляє твердження: і так, і ні (в одних конкретних умовах – так, в інших – немає). Тому немає нічого дивного в тому, що світло в одних умовах (інтерференція, дифракція, поляризація, дисперсія) поводить ся як хвиля, в інших (тиск світла, поглинання та випромінювання, фотоефект) – як потік частинок [5, с. 276].

Для полегшення засвоєння квантової фізики необхідно в навчальному процесі широко використовувати різні засоби наочності. Тому, крім експерименту, широко використовують малюнки, креслення, графіки, фотографії треків, плакати і діапозитиви. Перш за все необхідно ілюструвати фундаментальні досліди (досвід Резерфорда по розсіюванню α -частинок. Досліди Франка і Герца і ін.) де в нагаді можуть стати можливості моделювання і демонстрації динамічних моделей цих дослідів з допомогою комп'ютерної техніки та мультимедійних проєкторів [5, с. 277].

Особливістю змісту розглядуваного матеріалу є те, що тут учні постійно знайомляться з ненаочними явищами мікросвіту, визначальними взаємодіями мікрочастинок (сильною і слабкою) та закономірностями ядерної форми руху матерії. Такий рух більш менш повно описуються

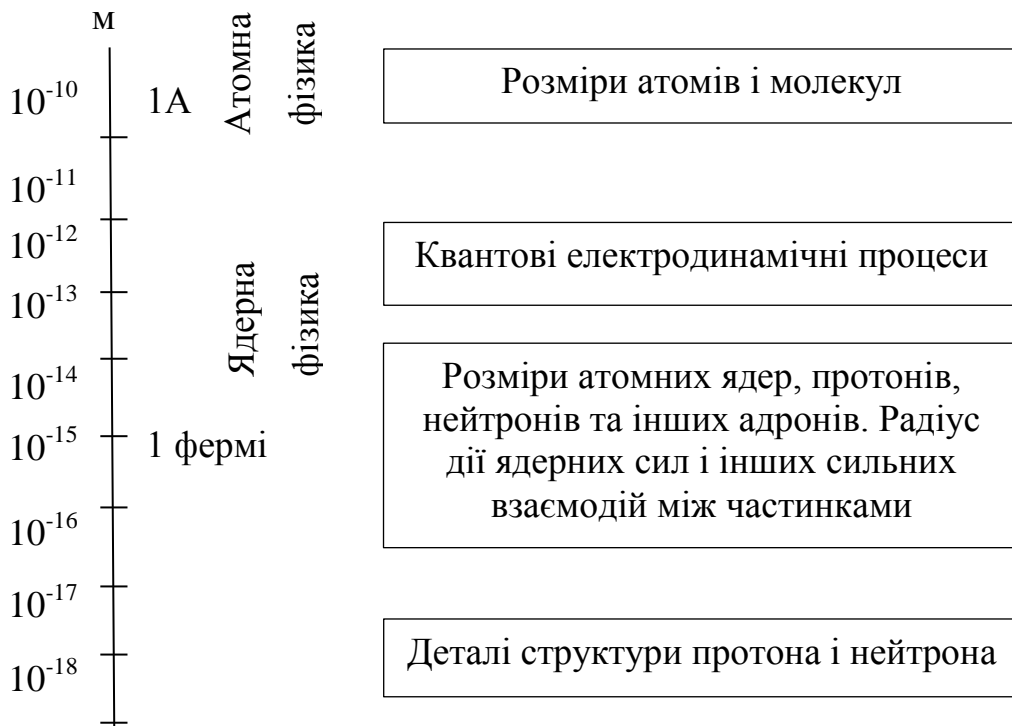
квантовою механікою та теорією відносності, про які учні мають надто слабкі уявлення [2, с. 9].

Так на вивчення елементів теорії відносності, згідно програми, виділяється лише 4 години, а квантова механіка розглядається дуже поверхово, адже програмою не передбачено вивчення нерівності Гейзенберга, ефекту Комптона, дослідів Вавілова, хвиль де Бройля та значної кількості інших квантових явищ, процесів та дослідів. Так дослід Вавілова на основі експериментальних даних визначає середню кількість фотонів у світловому потоці. Отже, безпосередньо доводить дискретну, квантову структуру світла, тобто підтверджує існування світлових частинок — фотонів [4, с. 249]. Отже в залежності від ситуації (поглинання та випромінювання або взаємодія частинки з речовиною) будь-яку мікročастинку можна уявляти або як певну кульку, або як хвилю.

Тому вивчення ядерної форми руху матерії пов'язане з великими труднощами. Проте їх можна успішно подолати, якщо не обмежуватися вивченням тільки експериментальних фактів (вони посідають значну частину змісту розглядуваного розділу підручників авторів Бар'яхтар, Сиротюк, Гончаренко, Коршак, Засєкіна), а поряд з факторами в основу викладу покласти аналіз фундаментальних фізичних ідей. До таких ідей слід віднести ідею про невичерпність матеріальних об'єктів мікросвіту, ідею матеріальності фізичних полів, зокрема ядерної взаємодії, ідею взаємозв'язку і матеріальної єдності поля й речовини, ідею залежності характеру матеріальної взаємодії від структури та просторово-часових масштабів матеріальних об'єктів. Ці ідеї мають стати основою для об'єднання всього фактичного матеріалу в одне ціле. [2, с. 10] Та на практиці програмою, на розгляд фундаментальних взаємодій та фізичної картини світу, передбачено лише дві години узагальнюючого заняття.

Одне з важливих завдань викладання ядерної фізики полягає в тому, що вчені, переходячи до масштабів атомних ядер та елементарних

частинок постійно зустрічаються зі швидкостями близькими до швидкості світла у вакуумі, з великими запасами ядерної енергії і процесами, що відбуваються протягом дуже малих проміжків часу (порядку 10^{-24} с), ці масштаби повинні стати для учнів звичними. У роботі з учнями вчителів стане в нагоді таблиця «Шкала довжин у ядерній фізиці» (Мал. 1). На мал. 1 в логарифмічному масштабі зображено шкалу деяких довжин (відстаней) у ядерній фізиці. Цим довжинам співставленні області розмірів атомів і молекул, інших частинок, радіусів дії ядерних та інших сил, процесів тощо [2, с. 10].



Мал 1. Шкала довжин у ядерній фізиці

У атомній та ядерній фізиці використовують позасистемні одиниці ангстрем ($1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ м}$) та фермі ($1 \text{ F} = 10^{-15} \text{ м}$). Відстані порядку 10^{-13} м відповідають процеси взаємодії γ -квантів з електронами і позитронами. Між 10^{-14} м та 10^{-15} м розміщуються розміри атомних ядер. Розміри порядку 10^{-15} м мають протони і нейтрони, тобто ті частинки, з яких складені атомні ядра. Такого самого порядку розміри мають більшість інших елементарних

частинок (піони, каони, гіперони і т. п.). Такою самою довжиною визначається радіус дії сил між протонами і нейтронами та більшістю інших елементарних частинок [2, с. 12].

Зі шкалою відстаней тісно пов'язана шкала часу. Найважливіше масштабне часове поняття в атомній і ядерній фізиці — характерний час, або час польоту. Обчислюють час польоту так. Нехай, наприклад, радіус ядра m дорівнює приблизно $5 \cdot 10^{-12}$ см. Відомо, що швидкість протонів і нейтронів у ньому становить близько $1/30$ швидкості світла, тобто, 10^8 м/с. Час ядерного польоту дорівнюватиме 10^{-22} с. Коли стикаються частинки дуже високих енергій, їхні швидкості наближаються до гранично можливої швидкості світла у вакуумі $c = 3 \cdot 10^8$ м/с. Тому для більшості елементарних частинок, радіуси яких мають порядок 10^{-15} м, час польоту — 10^{-24} с.

Час $\tau_{\text{елем}}$ визначає *природний масштаб часу* для більшості процесів фізики елементарних частинок. Із цього погляду, нейтральний піон π^0 , час життя якого становить $1 \cdot 10^{-16}$ с, слід вважати довгоживучою елементарною частинкою. Для атомного ядра великими є часи $t \gg 10^{-22}$ с і малими $t < 10^{-22}$ с. Крім цього, в ядерній фізиці мають справу з макроскопічними і навіть астрономічними часовими відрізками. Так, нейтрон у вільному стані «живе» 10^3 с, а ядро урану в середньому $5 \cdot 10^9$ років [2, с. 13].

Енергії порядку 1 еВ характерні для атомної фізики а для ядерної вони занадто малі. Так, для атомних ядер найбільш характерні енергії порядку 1 МеВ. Наприклад, енергія в десятки МеВ звичайно необхідна для виривання з ядра протона або нейтрона. Якщо енергії зіткнення становлять понад 1 МеВ, стає можливим народження електронно-позитронних пар, якщо ж до 150 МеВ — відбувається руйнування атомних ядер, але при цьому елементарні частинки, з яких вони складаються, залишаються незмінними. При енергіях зіткнення понад 150 МеВ, народжуються нові частинки, спочатку порівняно легкі (піони), а згодом — важчі.

Маси елементарних частинок і атомних ядер вимірюють атомними

одинацями маси (а. о. м.) або енергетичними. Вихідним положенням для цього є знамените *співвідношення Ейнштейна*: $E = mc^2$ яким можна за масою визначати енергію і навпаки, при зіткненнях частинок високих енергій відбувається народження і взаємоперетворення частинок, а необхідна для цих процесів енергія визначається цим же співвідношенням [2, с. 14].

Висновки. На нашу думку усвідомлення учнями протиріч хвиля – частинка, дискретність – неперервність в процесі викладання квантової фізики розкриваючи своєрідність законів мікросвіту, відмінність їх від законів класичної фізики, слід переконувати учнів в природності цих відмінностей.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Бережной Ю.А. Удивительный квантовый мир. – К: Мастер-класс, 2007. – 240с.
1. Berezhnoy Y.A. (2007) Udivitelnyy kvantoviy mir [The Amazing Quantum World]. Kyiv.
2. Бугайов О.І. Вивчення атомної та ядерної фізики в школі. Посібник для вчителів. – К.: Рад. школа 1982. – 158 с.
2. Bugayov O.I. (1982) Vivchennya atomnoi ta yadernoi fiziki v shkoli. Posibnik dlya vchiteliv [Studying atomic and nuclear physics at school. Teacher's Guide]. Kyiv.
3. <http://zakon2.rada.gov.ua/> держстандарт базової і повної загальної середньої освіти
4. Кучерук І.М. Загальний курс фізики: у 3 т. / І. М. Кучерук, І. Т. Горбачук; за ред. І. М. Кучерука. - [2-ге вид., випр.] – К.: Техніка, 2006. ТЗ: Оптика. Квантова фізика. – 518 с.
5. Теория и методика обучения физике в школе: Частные вопросы: Учеб. пособие для студ. иед. вузов / С. Е. Каменецкий, Н.С. Пурешева,

Т.И.Носова и др.: Под ред. С. Е. Каменецкого. М : Издательский центр «Академия», 2000. - 384 с.

6. Садовий М. І. Становлення та розвиток фундаментальних ідей дискретності та неперервності у курсі фізики середньої школи. / М. І. Садовий. – Кіровоград: Грінд-Імідж, 2001. – 396 с.

Rudenko Eugene

ЕС «Alexandrian collegium - specialized school»

**PROBLEMS OF UNITY AND SUPERVISORY OF QUANTUM
PHYSICAL PROCESSES AND FACTORS IN KNOWLEDGE OF
MICROSOFT**

Abstract. The article is devoted to the consideration of the unity and contradictory nature of quantum physical processes and phenomena in the knowledge of the microcosm in the study of sections of quantum physics and atomic and nuclear physics. Quantum physics has shown that the basic laws of nature have a statistical rather than a dynamic character. This means that various physical processes obey the probabilistic laws, and strict determinism of classical mechanics can only be considered as an extreme case of any possible description. Moreover, quantum mechanics indicates that probabilistic behavior is characteristic not only for a large number of objects, but also for individual microobjects - molecules, atoms, atomic nuclei, elementary particles. One of the important tasks of teaching nuclear physics is that scientists, moving to the scales of atomic nuclei and elemental particles, constantly meet velocities close to the speed of light in a vacuum, with large stocks of nuclear energy and processes occurring during very small intervals of time (the order 10^{-24} s). In the work with pupils a teacher will use the table "Scale of Lengths in Nuclear Physics". The scale of time is closely related to the distance scale. The most important large-scale time concept in atomic and nuclear physics is the

characteristic time, or flight time. This is the time it takes to fly a particle of a certain energy through another particle. The article is also devoted to the analysis of the specificity of the study material sections, namely, the duality of the properties of particles, matter and field, the discreteness of energy, the properties of the atomic nucleus and elementary particles. The features of these concepts in the context of their presentation are shown. An attempt is made to show the contradictions of the wave - the particle, the discreteness - the continuity from the standpoint of dialectical materialism. The purpose of this article is to study the ideas about the inexhaustibility of material objects of the microcosm; materiality of physical fields, in particular nuclear interactions; the relationship and material unity of the field and matter; the dependence of the nature of material interaction on the structure and spatio-temporal scales of material objects, in the context of their application to the study of these sections. Exposing the originality of the laws of the microcosm, the difference between them and the laws of classical physics, to convince students of the naturalness of these differences.

Key words: *physics teaching methodology, quantum physics, atomic and nuclear physics, properties of microparticles, distance shaft, time scale.*

Руденко Евгений

НПК «Александрыйский коллегийум - специализированная школа»

**ПРОБЛЕМЫ ЕДИНСТВА И ПРОТИВОРЕЧИВОСТИ
КВАНТОВЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ЯВЛЕНИЙ В
ПОЗНАНИИ МИКРОМИРА**

Аннотация. Статья посвящена рассмотрению единства и противоречивости квантовых физических процессов и явлений в познании микромира при изучении разделов квантовая физика и атомная и ядерная физика. Статья также посвящена анализу специфики исследуемого в

разделах учебного материала а именно дуализма свойств частиц, вещества и поля, дискретность энергии, свойства ядра атома и элементарных частиц. Показаны особенности этих понятий в контексте их наглядность. Сделана попытка показать противоречия волна – частица, дискретность – непрерывность с позиции диалектического материализма. Целью данной статьи является исследование идей о неисчерпаемости материальных объектов микромира; материальности физических полей, в том числе ядерного взаимодействия; взаимосвязи и материального единства поля и вещества; зависимости характера материального взаимодействия от структуры и пространственно-временных масштабов материальных объектов, в контексте их применения к изучению данных разделов.

***Ключевые слова:** методика обучения физике, квантовая физика, атомная и ядерная физика, свойства микрочастиц, шала расстояний, шкала времени.*

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

Руденко Євгеній Володимирович – аспірант кафедри фізики та методики її викладання Центральноукраїнського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка, викладач НВК «Олександрійський колегіум – спеціалізована школа».

Коло наукових інтересів: дидактика фізики загальноосвітньої школи.

REFERENCES

1. Beregnoy Y.A. (2007) Udiviteliy kvantoviy mir [The Amazing Quantum World]. Kyiv.
2. Bugayov O.I. (1982) Vivchennya atomnoi ta yadernoi fiziki v shkoli. Posibnik dlya vchiteliv [Studying atomic and nuclear physics at school. Teacher's Guide]. Kyiv.

3. <http://zakon2.rada.gov.ua/> dergstandart bazovoi i povnoi zagalnoi serednoi osviti [state standard of basic and complete general secondary education]
4. Kucheryk I.M. (2006) zagalniy kyrs fiziki: y 3 t. T3: Optika. Kvantova fizika [General course of physics: 3 t. T3: Optics Quantum physics.] Kyiv.
5. Kameneckiy C.E. (2000) Teoriya i metodika obycheniya fiziki v shkole: chasniye voprosi [Theory and Methods of Teaching Physics in School: Particular Issues] Moskva.
6. Cadoviy M.I. (2001) Stanovlennya ta rozvitok fyndamentalnih idey diskretnosti ta neperernosti y kyrsi serednyoi shkoli [Become one of the roots of the fundamental ideas of discretion and lack of continuity in the course of physics of middle school] Kirovograd

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Rudenko Yevgeny Volodymyrovych - post-graduate student of the Department of Physics and methods of teaching it at the Centralukrainian Volodymyr Vinnichenko State Pedagogical University, lecturer at the EC «Alexandria College - Specialized School».

Circle of scientific interests: didactics of general school physics.