

**АКТИВІЗАЦІЯ ПІЗНАВАЛЬНОГО ІНТЕРЕСУ УЧНІВ
ПРИ НАВЧАННІ КВАНТОВОЇ ФІЗИКИ
З ВИКОРИСТАННЯМ ІСТОРИЧНОГО МАТЕРІАЛУ**

Руденко Євгеній¹, Садовий Микола²

НВК «Олександрійський колегіум – спеціалізована школа»¹

Кіровоградський державний педагогічний університет

імені Володимира Винниченка²

Анотація. В статті визначена роль історичного матеріалу для активізації пізнавальної діяльності учнів при опануванні фізики та окреслено конкретний зміст навчального матеріалу, з яким варто ознайомити учнів при навчанні квантової фізики. Стаття також присвячена аналізу історичних аспектів зародження та розвитку квантової фізики. Здійснено аналіз історичного розвитку змісту понять квантової фізики, зокрема відомостей про випромінювання абсолютно чорного тіла, квант світла, фотон та корпускулярні властивості світла. Розглянуто розвиток фундаментальних теорій квантової фізики. Показано особливості цих понять у контексті їх історичного формування. Зроблено спробу показати історичне значення відкриттів у галузі квантової фізики кінця XIX початку XX століття. Метою даної статті є дослідження історичних причин виникнення квантової фізики, визначення історичного генезису виникнення та доведення фундаментальних теорій та понять квантової фізики.

Ключові слова: *методика навчання фізики, квантова фізика, випромінювання абсолютно чорного тіла, квант світла, принцип історизму.*

Руденко Евгений, Садовой Николай

*АКТИВИЗАЦИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНОГО ИНТЕРЕСА УЧАЩИХСЯ ПРИ
ОБУЧЕНИИ КВАНТОВОЙ ФИЗИКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ИСТОРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ*

Аннотация. Статья посвящена анализу исторических аспектов зарождения и развития квантовой физики. В статье осуществлен анализ исторического развития содержания понятий квантовой физики, в частности сведений о излучении абсолютно черного тела, квант света, фотон и корпускулярные свойства света. Рассмотрено развитие фундаментальных теорий квантовой физики.

Ключевые слова: *методика обучения физике, квантовая физика, излучение абсолютно черного тела, квант света, принцип историзма.*

Evgeny Rudenko, Mykola Sadovyj

*ENHANCE COGNITIVE INTEREST OF STUDENTS IN LEARNING
QUANTUM PHYSICS USING HISTORICAL MATERIAL*

Abstract. The article analyzes the historical aspects of the origin and development of quantum physics. The article analyzes the historical development of the concepts of quantum physics content, including information about blackbody radiation, the quantum of light, the photon and particle properties of light. We consider the development of fundamental theories of quantum physics and their impact on research and experimental assumptions. The problems underlying problems of classical physics, the solution of which led to a theory of quanta, and attempts to overcome them with the help of intermediate theories postulates assumptions. The features of quantum physics concepts in the context of their historical formation. An attempt to show the historical significance of the discoveries in quantum physics late nineteenth early twentieth century. The relevance of the study is that the study of the history of quantum physics play an important methodological role in modern science and learning, which in turn causes the formation mechanisms of logical thinking and scientific outlook. As a result of increasing interest in the study of physics in general, and deepen understanding of quantum concepts, laws and

theories. Also, the evolution and importance of basic theories of quantum physics have always been and remain the subject of debate. The purpose of this article is to study the historical causes of quantum physics, determining the historical genesis of origin and proof of the fundamental theories and concepts of quantum physics.

Keywords: *methods of teaching physics, quantum physics, blackbody radiation, the quantum of light, the principle of historicism.*

Постановка проблеми. Пізнавальний інтерес є важливим засобом зацікавлення учнів до вивчення фізики, як навчального предмету, підвищення якості знань, запобігання їх формального засвоєння. Так як навчальна діяльність зумовлена мотивами, то розв'язок завдань формування пізнавального інтересу зводиться до створення в учнів мотивів. Як показують дослідження [3; 4; 6], застосування принципу історизму 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 деякими історичними фактами, які забезпечать більш свідоме розуміння учнями фундаментальних теорій та понять квантової фізики.

Аналіз актуальних досліджень. Аналіз досліджень Кудрявцева П. С., Спаського Б. І., Садового М. І. інших дослідників, дозволив виокремити найвагоміші, з точки зору змісту і методики навчання фізики, періоди становлення і розвитку квантових уявлень.

Метою даної статті є визначення ролі історичного матеріалу для активізації пізнавальної діяльності учнів 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. Теорія квантів, у самому ранньому її формулюванні, виникла у зв'язку з неможливістю пояснити результати

експериментів щодо розподілу енергії в неперервному спектрі випромінювання абсолютно чорного тіла (АЧТ) за допомогою класичної фізики. Це й стало першою проблемою, з якої почалося систематичне дослідження квантової фізики.

Квантова фізика вивчає процеси, що відбуваються в мікросвіті – у світі молекул, атомів, атомних ядер, елементарних частинок. Оскільки властивості макроскопічних тіл зумовлені рухом і взаємодією їх складових – мікрочастинок, то закони квантової фізики дають змогу пояснити явища макросвіту [2, с. 238], рис. 1.

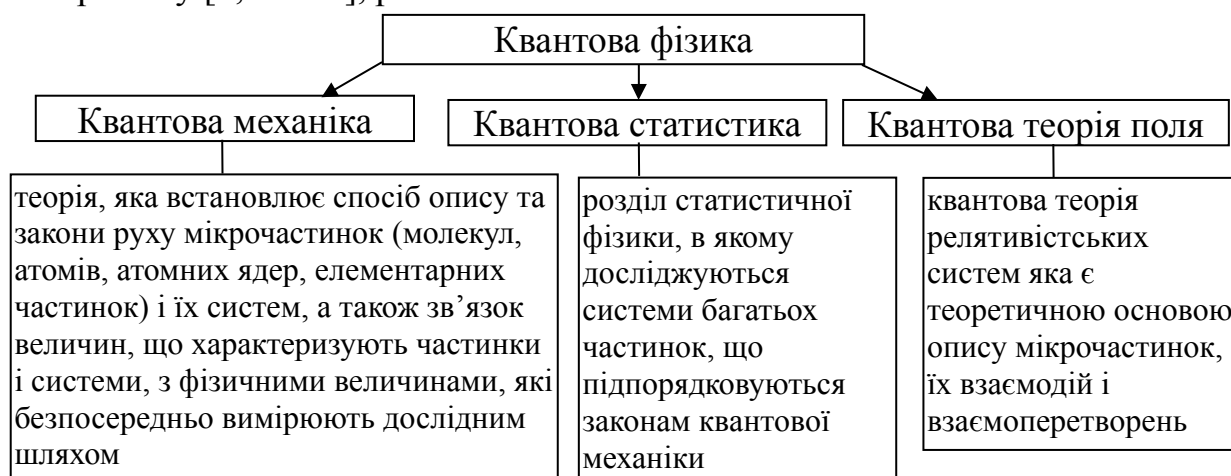


Рис. 1. Структура квантової фізики

На нашу думку, учням корисно наголосити, що у 1859 р. Г. Кірхгоф під час доповіді у Берлінській Академії наголосив, що для променів тої ж самої довжини хвилі відношення випромінювальної здатності до поглинальної, при тій же температурі, однакове для всіх тіл. Це твердження пізніше отримало назву «Закон Кірхгофа» [8, с. 14]. Пізніше у 1862 р. Г. Кірхгоф ввів поняття абсолютно чорного тіла.

Проблему випромінювання АЧТ вивчали і фізики-теоретики. Австрійський фізик Джозеф Стефан результати експериментів визначив у 1879 р., що повне випромінювання $E \sim T^4$. У 1884 р. це твердження було доведене Л. Е. Больцманом, тобто він вивів закон для випромінювальної здатності АЧТ з урахуванням пропорційності тиску рівноважного випромінювання, передбаченого теорією Максвелла, і густини його енергії. Цей закон носить назву закону Стефана - Больцмана.

Подальші дослідження у цьому напрямку пов'язані з ім'ям німецького фізика Вільгельма Віна (1864-1928), який у 1884 р. розвиваючи ідеї Больцмана, сформулював свій закон зміщення, що питома інтенсивність випромінювання пропорційна п'ятому степеню температури і відзначається певною функцією від відношення довжини хвилі на температуру. Цю функцію шукали сам Він, і навіть англійські фізики лорд Релей (Джон Вільям Стретт, 1942-1919) і Джеймс Хопвуд Джинс (1877-1946), закон випромінювання Релея - Джинса, але єдиного закону, що описав би короткохвильову і довгохвильову область випромінювання знайти не вдалося. Вільгельм Він, Релей, Хопвуд Джинс та інші фізики ХІХ ст. використовуючи закони класичної механіки так і не змогли дати теоретичне пояснення експериментально встановленої функції $\varphi(\lambda, T)$. Це завдання, об'єднання двох законів, у 1900 р. вирішив М. Планк, запропонувавши емпіричну формулу задля розподілення випромінювання

за довжинами хвиль $\frac{d^2 s}{dU^2} = \frac{a}{U(U+b)}$. Цей вираз для малих значень U відповідає закону Віна, а для великих значень U – закону випромінювання Релея - Джинса та співпадає з результатами експериментальних досліджень Рубенса - Курльбаума.

Увагу учнів слід звернути, що цей вираз, незначний математичний прийом, був одним із найбільш значних і важливих внесків у науку відомих в історії фізики. У пошуках логічного її закріплення М. Планк запропонував поняття елементарного кванту дії та тим самим започаткував розвиток квантової фізики; більше того, з цього математичного виразу витікали певні наслідки, які будучі зрозумілі Ейнштейном, рішуче вплинули на самі основи фізики. Ніколи в історії фізики настільки незначна математична операція не мала настільки далеких фізичних та філософських наслідків.

14 грудня 1900 року – цю дату вважають «днем народження квантової теорії» – М. Планк зачитав історичну статтю «До теорії розподілу енергії

випромінювання в нормальному спектрі», в якій він виклав наведені вище результати та ввів «універсальну сталу» h , яка змінила хід розвитку теоретичної фізики [8, с. 32].

Підбиваючи підсумки вищесказаного учнів варто підвести до висновку, що перший підготовчий крок до створення квантової механіки зробив М. Планк. Він для пояснення розподілу енергії в спектрі випромінювання АЧТ висунув гіпотезу про те, що енергія атомів може змінюватися дискретними порціями – квантами. Пояснення експериментальних закономірностей зовнішнього фотоефекту на основі гіпотези світлових квантів дав А. Ейнштейн, а Н. Бор у 1913 р. використав ідею квантів і штучно введені постулати для пояснення станів водневоподібних атомів і розшифрування їхніх спектрів. У 1924 р. Л. де Бройль (1892-1987) висунув гіпотезу про корпускулярно-хвильовий дуалізм матеріальних частинок, основна ідея якої про хвильові властивості частинок була в 1927 р. підтверджена К. Девіссоном (1881-1958) і Л. Джермером (1896-1971) [2, с. 238].

У другій половині XIX ст. Джеймс Клерк Максвелл (1831-1879) сформулював струнке вчення про електромагнітне поле, у розвитку якого дійшов висновку про існування електромагнітних хвиль і тотожність їх до світлових хвиль. До цього висновку приводять рівняння Дж. Максвелла. Як відомо, ці рівняння стверджують, що зміна в часі електричного поля веде до виникнення в просторі магнітного поля і, навпаки, зміна в часі магнітного поля зумовлює появу електричного поля.

Визначивши швидкість поширення хвилі в напрямі осі x для вакууму ($\epsilon = 1$, $\mu = 1$) за електромагнітними величинами і порівнявши її зі швидкістю світла за дослідями Фізо, Дж. Максвелл констатував винятковий їх збіг. З цього почалося формування електромагнітної теорії світла. Здавалося, теорія Дж. Максвелла є однією з найбільш досконалих теорій про природу світла. Але, як буває у розвитку науки, з'явилися нові факти, які не можна було пояснити з уявлень про світло як неперервний потік електромагнітних хвиль. І на цьому вчитель повинен наголосити.

Такими були закономірності фотоефекту і спектрів випромінювання.

А. Ейнштейн висунув гіпотезу про те, що кванти величини $h\nu$ існують не лише в процесі поглинання і випромінювання, але мають і самостійне існування, і застосував цю гіпотезу до фотоефекту. Він пояснив відомі особливості фотоелектричного ефекту, а також такі, які не пояснювалися з точки зору хвильової теорії світла, і сформулював основний закон фотоелектричного ефекту: $mv^2/2 = h\nu - A$. Тоді, природно, витікає існування граничного значення ν для здійснення фотоелектричного ефекту.

Рівняння А. Ейнштейна було перевірено експериментально у 1912 р. Комптоном і Річардсоном і в 1916 р. Міллікеном. Воно повністю пояснює фотоелектричний ефект, що неможливо для класичної фізики, оскільки вона вимагає запізнення у часі, пов'язаного з необхідністю накопичення у речовині, яку опромінюють, необхідної кількості енергії [5, с. 279].

Переходячи з учнями до висвітлення подій в історії фізики II половини XIX ст. варто наголосити на наявності накопичених фактів на користь атомно-молекулярної будови речовини та складної будови атома. Електрон з року в рік утверджував себе як елементарна частинка, яка входить до складу атома, а через спектри речовин вивчалися властивості їх атомів. Як показують проведені дослідження [4; 5], окремої уваги у навчальному процесі з квантової фізики заслуговують передумови створення моделей атома. Тому на даному етапі опанування учнями фізики ми пропонуємо реалізувати міні-навчальні проекти, тематика яких була б пов'язана з вивченням серії досліджень. Зокрема, у 1843 р. А. Беккерель відкрив фотографічний ефект і фосфоресценцію під дією інфрачервоного випромінювання, О. Браве висунув твердження, що атоми у кристалах упорядковані у кристалічній ґратці, І. Гітторф установив рух іонів в електролітах, Е. Митчерліх вказував, що спектроскопія є ключем до розуміння внутрішньої будови атомів і молекул, Й. Бальмер встановив формулу для визначення довжин хвиль в атомі водню, Д. Стоней у 1874 р. висловив думку про дискретність електрики, У. Крукс провів досліди з катодними променями, А. Майкельсон у 1881 р. виконав експериментальні

дослідження з розподілу енергії в спектрі теплового випромінювання АЧТ, Г. Герц у 1887 р. відкрив зовнішній фотоефект [5, с. 281].

Всі окремі дослідницькі спроби узагальнив у липні 1913 р. данський учений Н. Бор. Стала Планка в теорії Бора – це величина, яка характеризує як випромінювання атомом енергії, так і значення якої визначає дискретний ряд стійких станів електронів. Н. Бор прийшов до висновку про необхідність сполучення квантового принципу і моделі атома Резерфорда. Основна його ідея полягала у тому, що він визнав передбачення про неможливість наочного класичного уявлення у часі поведінки електрона протягом переходу атома з одного стану у другий. До цього єдиним позачасовим явищем у класичній фізиці була сила тяжіння, яка поширюється від тіла до тіла миттєво, тобто поза часом. Так у новій фізиці знову виникли позачасові процеси.

Теорія Бора була підтверджена експериментально. Вона дала можливість пояснити закономірності у лінійчатих спектрах атомів, ряд явищ флуоресценції, розщеплення спектральних ліній у електричному полі – штарк-ефект, нормальний ефект Зеемана тощо. Другий триумф теорії Бора пов'язаний з відкриттям елемента з номером 72 Г. Урбеном у 1911 р.

Але учням слід наголосити, що теорія Н. Бора мала і ряд недоліків. Вона виявилася неспроможною пояснити всі особливості мікросвіту, що її не можна віднести до логічно струнких теорій, бо в своїй основі вона штучно поєднує класичну механіку з деякими квантовими принципами.

Вцілому ж накопичення фактів привело до становлення в 1925 – 1928 рр. сучасної квантової механіки. У цей період В. Гейзенберг (1901-1976) розробив матричну теорію кінематики і динаміки мікрочастинок; Е. Шредінгер (1887-1961), спираючись на ідеї Л. де Бройля, у 1926 р. одержав диференціальне рівняння, яке є основним рівнянням квантової механіки; М. Борн у 1927 р. дав статистичну інтерпретацію механічного опису станів мікрочастинок або їх систем; П. Дірак (1902 – 1984) і В. Паулі (1900-1958) заклали основи релятивістської квантової механіки. Тоді ж було сформульовано принцип невизначеності Гейзенберга та принцип

Паулі. У наступні роки великий вклад у розвиток квантової фізики внесли Х. Лондон (1907-1970), Е. Фермі (1901-1954), Р. Фейнман (1918-1988), М. Гелл-Ман (н. 1929 р.), В. О. Фок (1898-1974), Л. Д. Ландау (1908-1968), І. Є. Тамм, Д. І. Блохінцев (1908-1979), М. М. Боголюбов (1909-1992), Я. І. Френкель (1894-1952) та інші вчені.

Успіхи квантової фізики відіграли важливу роль у науково-технічній революції. Набули розвитку напівпровідникова і квантова електроніка, ядерна енергетика. Навіть можливість здійснення в земних умовах реакції термоядерного синтезу зв'язані в кінцевому результаті з квантовими законами. Розвиток квантової фізики сприяє розумінню єдності світу та побудові його єдиної фізичної картини [2, с. 239].

Висновки. На нашу думку, повідомлення учням інформації про історичні етапи зародження і розвитку квантової фізики, її основних понять, фундаментальних теорій сприятиме формуванню в учнів цікавості до вивчення предмету, історико-культурного світогляду та може бути пропедевтикою до більш глибокого вивчення квантової фізики та предмету в цілому.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Карпов Я. С. Концепції сучасного природознавства: підручник / Карпов Я. С., Кисельник В. В., Кремень В. Г. та інші. – К.: Професіонал, 2004. – 496 с.
2. 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. Т3: Оптика. Квантова фізика. – 518 с.
3. Приблуда Є. С. Застосування принципу історизму в навчанні фізики / Приблуда Є. С., Садовий М. І., Стадніченко С. М., Трифонова О. М. // Наукові записки. – Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2014. – Вип. 5, Ч. 3. – С. 166-177.

4. Садовий М. І. Дотримання принципу історизму при вивченні моделей будову атома в старшій школі // Зб. наук. пр. Уманського держ. пед. ун-ту імені Павла Тичини. – Умань, 2013. – Ч. 1. – С. 254-263.

5. Садовий М. І. Історія фізики з перших етапів становлення до початку ХХІ століття: навч. пос. [для студ. ф.-м. фак. вищ. пед. навч. закл.] / М. І. Садовий, О. М. Трифонова. – Кіровоград: ПП «Ексклюзив-Систем», 2013. – [2-ге вид. переробл. та доп.] – 435 с.

6. Садовий М. І. Розкриття здобутків вітчизняних учених як основа формування історико-культурного освітнього середовища у навчанні фізики в загальноосвітніх навчальних закладах / М. І. Садовий, Л. П. Суховірська, О. М. Трифонова // Науковий часопис Національного пед. ун-ту імені М.П. Драгоманова. – Серія № 5. Педагогічні науки: реалії та перспективи. – К., 2013. – Вип. 40. – С. 201-206.

7. 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.

8. Эволюция понятий квантовой механики / Перев. с англ. В. Н. Покровскогор: Макс Джеммер. – М.: Наука. ГРФМЛ, 1985. – 384 с.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Садовий Микола Ілліч – доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри фізики та методики її викладання, завідувач кафедри теорії та методики технологічної підготовки, охорони праці та безпеки життєдіяльності Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка.

Коло наукових інтересів: педагогіка, дидактика фізики та технологій.

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

Коло наукових інтересів: дидактика фізики загальноосвітньої школи.