

53(07)  
Б33

1541/—

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ ім. М.П.ДРАГОМАНОВА

На правах рукопису

БАЩТОВИЙ Володимир Іванович

ВИКОРИСТАННЯ  
МИСЛЕНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ  
ЯК ЗАСОБУ ВИВЧЕННЯ  
КВАНТОВОЇ ФІЗИКИ  
В ЗАГАЛЬНООСВІТНІХ  
НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ

13.00.02 — методика викладання (фізики)

А в т о р е ф е р а т  
дисертації на одбуття наукового ступеня  
кандидата педагогічних наук



Київ — 1994

НБ НПУ

імені М.П. Драгоманова



100310744

БІБЛІОТЕКА

УДПУ ім. М. П. Драгоманова

Дисертацією в рукописі.

Робота виконана в Українському державному педагогічному  
університеті ім. М.П. Драгоманова

Науковий керівник: кандидат педагогічних наук,  
доцент Савченко Василь Іванович

Офіційні опоненти: доктор педагогічних наук, професор  
Сагарда Володимир Васильович

кандидат педагогічних наук, старший  
науковий співробітник  
Костюкевич Дмитро Якович

Провідна організація: Чернігівський державний  
педагогічний інститут

Захист відбудеться "24" січня 1995 р. о 15<sup>45</sup> год.  
на засіданні спеціалізованої вченої ради К 01.33.01 в Укра-  
їнському державному педагогічному університеті ім. М.П. Дра-  
гоманова ( 252030, м. Київ-30, вул. Пирогова, 9 ).

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Українсько-  
го державного педагогічного університету ім. М. П. Драгоманова.

Автореферат розіслано "22" грудня 1994 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої  
вченої ради

Швєць В. О.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність дослідження.** Національне відродження української школи вимагає подальшого удосконалення змісту освіти і його засобів. Зміст освіти завжди визначається метою навчання, яка диктується потребами суспільства.

У діючій програмі з фізики для середньої школи сформульовані вимоги, відповідно до яких процес одержання знань і формування умінь і навичок в учнів на уроці повинен бути спрямований на оволодіння методами і засобами, характерними для фізичної науки. Якісно новий етап в розвитку фізики, як самостійної науки, настав завдяки утвердженню експериментальних методів дослідження явищ природи. Фізичний експеримент є методом дослідження фізичних явищ і засобом наочності. Завдяки цьому серед учителів фізики поширена думка, що експериментальний метод в навчанні фізики найбільшою мірою сприяє розвитку мислення учнів, не дивлячись на те, що експериментальні і теоретичні методи на другому ступені навчання фізики використовуються не завжди успішно, що без створення гіпотез і побудови теорії не можна охопити добути експериментом факти і просувати науку вперед.

Практика показує, що в зв'язку з обмеженістю матеріальної бази і відсутністю шкільних варіантів ряду фундаментальних експериментів, вивчення яких передбачено навчальною програмою, неможливо доставити в умовах школи деякі демонстрації в фізики. Вивчення фундаментальних дослідів (наприклад, дослід Е. Резерфорда, ефект А. Комптона) пропонується без врахування специфіки пізнання фізичних процесів і явищ,

Відомі тепер як принцип циклічності. Тому варіанти викладення навчального матеріалу, в основі яких лежить структура експериментального методу, як і шляхи, в основі яких закладена структура теоретичного методу, часто виявляються нерелізованими.

Таким чином, постає **проблема** співвіднесення цих методів відповідно до мети і завдань навчання. Оскільки вказані методи із зрозумілих причин повною мірою застосовувати в школі не завжди можливо, вчителі правомірно намагаються використати поширені у фізиці логічні засоби пізнання, зокрема, мислений експеримент. Проте елементи навчальної інформації, закладені у підручниках і методичних посібниках з фізики, як за своїми частинами, так і за етапами, не узгоджуються з етапами теоретичного методу, що базується на основі уявного експерименту. Це не дозволяє вчителю досягти бажаних результатів у навчанні. Звідси випливає, що розробка методики вивчення деяких питань з фізики на основі мисленого експерименту є **актуальним** дидактичним завданням.

Відомо, що у фізичній науці мислені експерименти набули значного поширення. За допомогою деяких з них були в'ясовані фізичні особливості та специфіка вивчення квантових понять і принципів, вони увійшли до шкільної програми з фізики і є єдиним дидактичним засобом оволодіння цими принципами. Не знаючи їх, учні не в змозі засвоїти зміст розділу "Квантова фізика".

За допомогою мисленого експерименту, який називають "мікроскопом Гейзенберга", вдалося встановити принцип невизначеності і зрозуміти, що під час вивчення явищ мікросвіту не можна уникнути помилки, використовуючи як завгодно точні прилади. Проблема невизначеності стала логічним наслідком

двоїстої природи речовини. Під час обговорення мисленого досліду, пов'язаного з проходженням електрона крізь дифракційну ґратку, було показано, що за допомогою приладів досліджувані процеси можна фіксувати лише за принципом формальної логіки, тобто спостерігати або корпускулярні, або ж хвильові властивості. І, як вказував Л.Вольцман, "в самих межах даних дослідів не може бути протиріч". Протиріччя виникають тому, що, з одного боку, коли мова йде про існування і хвильових, і дискретних властивостей, досліджуваній процес піддається за допомогою діалектичних принципів мислення, а, з іншого боку, за допомогою приладів ми виявляємо ці властивості порівню. Протиріч можна уникнути в мисленому експерименті, оскільки він дозволяє узгодити дані досліду із законами мислення.

В навчанні важливо враховувати специфіку одержання знань, в тому числі й фізичних. Вона зумовлена здатністю людини мислити не тільки поняттями, символами, але й образами. В цьому плані мислений експеримент, який являє собою оперування переважно наочними образами, є атрибутом пізнавальної діяльності учня. Образне сприймання світу - це необхідне джерело нашого знання про нього.

Під час вивчення фізичних явищ у свідомості учнів відбувається ніби їх розчленування на два світи: світ природи і світ понять і мислених образів. Встановлено, що, здійснюючи пізнавальну діяльність, краще оперувати наочністю і моделями, а не поняттями і формулами, оскільки до перших успішніше пристосовується психіка школяра. Мислені образи, нарівні з поняттями, можуть розглядатись як об'єктивні феномени для вирішення навчальних завдань. Вони виникають і тоді, коли немає самих об'єктів. Щільно можливий і припустимий план

думки від дійсності: наше відображення не є дзеркальним, а об'єкти і явища мікросвіту недоступні безпосередньому спостереженню. Щоб досягти відповідності наочного образу дійсності, пізнавальну діяльність учнів слід розвивати і регулювати в межах можливостей, які допускають закони природи, вже пізчані дослідниками. Функцію такого регулятора в навчальному процесі в фізики виконує мислений експеримент.

З метою отримання повноцінних і дійових знань висновки, отримані в ході мисленого експерименту, ми пропонуємо підкріплювати наочністю, побудованою на використанні даних реальних дослідів сукупно в інших дидактичних засобах. Відомо, що глибше і повніше відображують природу ті абстракції, які отримані в ході проведення фундаментальних дослідів в фізики. Тому результати, отримані внаслідок виконання цих дослідів, під час проведення мислених експериментів виступають як опорні навчальні матеріали. Вони є тими реальними засобами, за допомогою яких можна краще пізнавати фізичні явища і процеси.

Таким чином, мислений експеримент не просто заповнює відсутність навчальних приладів, а виконує рівні дидактичні функції в педагогічних ситуаціях. Ці міркування привели нас до думки про необхідність розробки дидактичних матеріалів, які дозволяють проводити мислений експеримент, і послужили підставою для вибору теми дисертації.

В зв'язку з цим для нас становлять інтерес ті дослідження, автори яких розглядають роль і місце мисленого експерименту у вивченні фізики.

Всебічному аналізу гносеологічного значення у галузі застосування й історії розвитку мисленого експерименту присвячені численні роботи з філософії, психології, методики

навчання фізики. В науці мисленому експерименту, як специфічному прийому, за допомогою якого здійснюється випереджуюче відображення дійсності, важливого значення надавали Н.Бор, В.Гейзенберг, М.Планк, Е.Резерфорд, А.Ейнштейн.

Позитивна роль мисленого експерименту відмічалась в роботах відомих методистів: О.І.Бугайова, С.Ф.Кабардіна, Л.Р.Калапулі, І.Н.Пеннера, А.А.Пінського, В.Г.Газумовського, Д.Шодієва і ін., досліджувалась в дисертаційних роботах П.І.Афанасьєва, В.Є.Відного, Ю.О.Коварського, В.В.Полковича і ін.

В результаті проведених досліджень доведена необхідність розробки методичних аспектів для застосування мислених експериментів в практиці навчання фізики в загальноосвітніх навчальних закладах, зокрема, під час вивчення фізичних принципів, виявлення меж застосування того чи іншого закону, під час розв'язування фізичних задач. З методичної точки зору в загальноосвітніх навчальних закладах їх можна використовувати практично під час вивчення всіх розділів і тем курсу фізики. Високо оцінюючи наукову цінність означених робіт у вирішенні проблеми ролі та місця мисленого експерименту в системі дидактичних засобів в фізики, підкреслимо, що багато її аспектів ще не знайшли належного висвітлення в методиці навчання фізики, а саме:

- мислений експеримент як засіб впровадження в навчальний процес методологічних знань;
- розширення спектру пізнавальних і квантових уявлень під час ознайомлення учнів з фундаментальними дослідженнями в фізики;
- погодження методики вивчення багатьох фундаментальних фізичних дослідів з етапами теоретичного методу на основі

мисленого експерименту;

- запропонування на основі мисленого експерименту прийнятних для школярів варіантів виведення формул;

- трактування мисленого експерименту і його специфічних функцій в навчальному пізнанні;

- використання мисленого експерименту для реалізації проблемного і частково-пошукового методів навчання під час висування гіпотез і пояснення результатів фізичного експерименту.

**Об'єктом** нашого дослідження є навчальний процес в загальноосвітніх навчальних закладах.

**Предметом** дослідження є реалізація мисленого експерименту в системі дидактичних засобів під час вивчення квантової фізики в школі.

В основу нашого дослідження покладена робоча **гіпотеза**: широке використання мисленого експерименту на уроках вивчення квантової фізики в загальноосвітніх навчальних закладах дає можливість підвищити рівень знань, умінь і навичок учнів, сприяє розвитку їх інтересів.

**Мета** дослідження: зробити відбір мислених експериментів та розробити методику вивчення питань квантової фізики, яка базується на використанні документальних дидактичних матеріалів і мислених експериментів з фізики для старшої школи та шкіл нового типу (гімназій, ліцеїв, шкіл (класів) з поглибленим вивченням фізики).

Мета дослідження зумовлена необхідністю підвищення ефективності вивчення розділу "Квантова фізика" в старшій школі.

Для досягнення мети необхідно було розв'язати такі **завдання** :



- проаналізувати стан даної проблеми в практиці вивчення фізики у загальноосвітніх навчальних закладах;

- провести огляд наукової і методичної літератури, підручників з позиції ролі мисленого експерименту в навчанні фізики;

- зробити відбір мислених експериментів для вивчення розділу "Квантова фізика" в загальноосвітніх навчальних закладах;

- розробити методику використання мисленого експерименту для вивчення квантової фізики;

- експериментально перевірити педагогічну ефективність запропонованої методики використання мисленого експерименту.

Для вирішення цих завдань автором використано такі методи дослідження:

- аналіз філософської, психологічної, дидактичної і методичної літератури з метою вивчення стану проблеми і теоретичних основ її вирішення;

- вивчення і узагальнення досвіду викладання розділу "Квантова фізика" в середніх загальноосвітніх навчальних закладах;

- педагогічний експеримент (констатуючий, формуючий), що дозволяє вивчити стан проблеми в шкільній практиці вивчення фізики і експериментально апробувати запроповану методику використання мисленого експерименту;

- аналіз результатів дослідження із застосуванням методів математичної статистики;

- обговорення результатів дослідження на конференціях, семінарах, заняттях із студентами педагогічного університету та вчителями фізики.

В результаті дослідження ми прийшли до висновку, що

традиційні методи вивчення навчального матеріалу з квантової фізики не дають бажаних позитивних результатів.

Вивчення досвіду роботи вчителів, літературних джерел, і досліджень з проблеми мисленого експерименту зумовили доцільність його використання як методичного прийому і засобу навчання.

Методологічною основою дослідження є діалектико-матеріалістична теорія пізнання, закономірності і принципи навчання.

**Науова новизна** виконаного дослідження полягає в:

- уточненні дидактичних функцій мисленого експерименту і виявленні особливостей його застосування під час вивчення квантової фізики в загальноосвітніх навчальних закладах;
- розробці методичного підходу до організації вивчення квантової фізики з використанням історичного методу навчання;
- доведенні можливості та педагогічної доцільності реалізації проблемного викладу і частково-пошукового методу навчання під час проведення мисленого експерименту.

**Теоретичне значення** дослідження:

- розробка концепції використання мисленого експерименту як засобу навчання фізики в загальноосвітніх навчальних закладах;
- структурно-логічний аналіз навчального матеріалу розділу "Квантова фізика" з врахуванням історичного розвитку квантової фізики.

**Практичне значення** дослідження визначається розробкою системи мислених експериментів для розділу "Квантова фізика" з метою реалізації експериментального методу навчання та активізації навчально-пізнавальної

діяльності учнів і методики проведення мислених експериментів під час вивчення цього розділу.

Достовірність одержаних результатів забезпечується використанням рейтингової оцінки знань для обробки даних педагогічного експерименту.

Дослідження проводилось в 1988 року до 1994 року. Апробація результатів дослідження здійснювалась:

а) на республіканських навчально-методичних семінарах з методики викладання фізики (м.Київ, Чернігів, Луцьк);

б) на навчально-методичних конференціях учителів фізики у Київському регіональному ІУУ;

в) на авторно-науковій конференції викладачів УДПУ ім. М.П.Драгоманова за 1993 рік;

г) в практиці роботи шкіл м.Києва, Київської та Закарпатської областей;

д) на спецсемінарах студентів V курсу фізико-математичного факультету та підготовчому відділенні УДПУ ім.М.П.Драгоманова.

#### **На захист вноситься :**

1. Система мислених експериментів для вивчення розділу "Квантова фізика" в загальноосвітніх навчальних закладах.

2. Методика проведення мислених експериментів під час вивчення квантової фізики.

#### **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ**

**Структура і об'єм роботи.** Дисертація складається із вступу, трьох розділів, висновків та списку використаної літератури ( 118 найменувань). Текст дисертації викладений на 139 сторінках машинописного тексту і містить 30 малюнків і 7 таблиць.

У вступі обґрунтовано вибір теми дослідження та її актуальність, визначено об'єкт і предмет дослідження, сформульовано мету, побудовано гіпотезу, яка є ядром розробленої теоретичної концепції, що покликана роз'яснити виявлені та сформульовані невідповідності у вивченні розділу "Квантова фізика", поставлено завдання дослідження, згідно до них вибрано методи дослідження, визначено методологічну основу, оцінено наукову новизну, теоретичне та практичне значення дослідження, вірогідність і достовірність основних висновків, сформульовано основні положення, що виносяться на захист.

У першому розділі "Предмет і завдання дослідження" розкрито сутність мисленого експерименту. Показано його роль у розвитку фізичної науки та вивченні шкільного курсу фізики. Розкрито механізм формування фізичних понять з використанням наочних образів, які часто не мають аналогів у злочувчій дійсності, та використання філософських категорій чуттєвого і раціонального. Гносеологічне значення мисленого експерименту у пізнанні розкрито з позицій кантівського априоризму (його трансцендентальної схеми).

Розглянуто різні підходи до оцінки ролі мислених експериментів у фізичній науці, починаючи в часів Г.Галілея, який за їх допомогою отримав наукову інформацію, яку іншими способами отримати було неможливо (ідея збереження стану рівномірного прямолінійного руху, принцип відносності та ін.). Розглядаючи навчання як вид пізнавальної діяльності учнів, уточнено роль і місце мисленого експерименту в шкільному курсі фізики, виявлено способи та шляхи введення його в навчальний предмет, як засобу вивчення фізики та одного з етапів дедуктивного викладу навчально-

го матеріалу: побудова моделі явища або об'єкту, що вивчається, теоретичний аналіз моделі (мислений експеримент), дедуктивний висновок, перевірка його експериментом. Запропоновано підсилити кожен із етапів дедуктивного методу мисленими моделями, гіпотезами, логіко - математичними моделями. Це й склало основу для побудови моделі вивчення навчального матеріалу з розділу "Квантова фізика".

У дисертації описано становлення квантової ідеї в фізиці, прослідковано фрагменти еволюції фізичної картини світу на основі фізичних фундаментальних дослідів і мислених експериментів. Огляд еволюції розвитку квантової фізики автором проведено з позиції історичного розвитку класичної фізики.

В дослідженні відображено стан розробки питань з мисленого експерименту для вивчення розділу "Квантова фізика" в загальноосвітніх навчальних закладах з врахуванням методів та завдань даного дослідження. На основі проведеного аналізу виявлено, що відбір мислених експериментів здійснювався емпірично, тому для досягнення педагогічної мети використано науково-обґрунтовану методику і здійснено відбір мислених експериментів до розділу "Квантова фізика", зокрема:

- визначення енергії реакції за енергією зв'язку атомних ядер;
- модель ендоенергетичного зіткнення;
- дослід Віна;
- взаємодія електрона з  $\gamma$  - квантом в камері Вільсона;
- дослід Е.Резерфорда;
- розподіл розсіяних  $\alpha$ - частинок в межах однакової ширини інтервалу кутів розсіювання;

- двоїста природа "берилієвого" випромінювання.

**У другому** розділі "Дидактична ефективність використання мисленого експерименту у вивченні квантової фізики" описано розроблену методику використання мисленого експерименту на уроках фізики в загальноосвітніх навчальних закладах.

Методика формування основних понять квантової фізики ґрунтується на нових методичних підходах, пов'язаних з досить важливим і досить актуальним, на нашу думку, історичним методом навчання. Поняття про кванти світла вводимо з використанням історичного методу на основі розгляду таких питань:

- суперечливі факти, що зумовили розвиток квантової фізики;

- положення, на яких ґрунтується класична фізика;

- поняття про абсолютно чорне тіло.

Енергію зв'язку атомних ядер вводимо на основі роботи з розробленими нами мисленими моделями.

На основі мисленого експерименту розроблена методика розв'язування фізичних задач з ендоенергетичним змістом, (запропоновано мислену модель для введення поняття "поріг реакції"), методика вивчення ефекту А.Комптона (з використанням документальної фотографії, що ілюструє одноразове зіткнення

$\gamma$  - кванта з електроном в камері Вільсона). Запропоновано моделі, які сприяють усвідомленню залежності інтенсивності розсіяних променів від порядкового номера хімічного елемента.

В дисертації розроблено методику вивчення досліду Е.Резерфорда та вперше прийнятний для учнів вивід формули Е.Резерфорда:

$$\operatorname{tg} \frac{\theta}{2} = \frac{\lambda_0}{2b}$$

де  $\theta$  - кут розсіювання,  $\lambda_0$  - відстань найбільшого наближення.

$\theta$  - прицільна відстань.

Розкрита суть цієї формули для розв'язування таких пізнавальних задач:

- відносна кількість частинок, які беруть участь в розсіюванні, залежить від максимальної прицільної відстані, товщини фольги і її матеріалу;

- число частинок, розсіюваних золотою фольгою, збільшується із зменшенням їх енергії;

- відношення чисел розсіяних частинок різними речовинами прямо пропорційне відношенню квадратів порядкових номерів їх хімічних елементів;

- відносне число частинок, розсіяних на кути, що перевищують заданий кут, не залежить від енергії частинок, товщини і матеріалу фольги;

- відношення частинок, розсіяних в межах однакової ширини інтервалу кутів розсіювання, не залежить від енергії частинок;

-теоретичні підрахунки дають можливість завбачити розподіл розсіяних  $\alpha$ -частинок в межах однакової ширини інтервалу кутів розсіювання.

Проілюстрований розрахунок кутового розподілу  $\alpha$ -частинок за допомогою формули Е.Резерфорда співпадає з даними дослідів Гейгера і Марсдена.

З позиції мисленого експерименту розкрито природу "берилієвого" випромінювання і показано, що вирішальним кроком до відкриття нейтрона Дж.Чедвіком стали не нові дослідні дані, а правильне теоретичне пояснення експериментів Ірен і Ж.Кюрі.

Описано взаємозв'язок мисленого експерименту з реальни-

ми фізичними дослідами Лумера і Принсгейма для підтвердження кривої розподілу енергії в спектрах випромінювання розжарених твердих тіл. Проведення мисленого експерименту Віна підтверджують дослідом, установку для якого розроблено нами. До її складу входить діапроектор, в якому замість слайду вставлено аркуш паперу із прорізаною в ньому вертикальною щілиною, тригранна призма, напівпровідниковий елемент і гальванометр. Інтенсивність випромінювання для лампи розжарювання з різними напругами (150 і 220 В) відмічають за допомогою "зайчика" гальванометра і знаходять відношення інтенсивностей світла в червоній і фіолетовій частинах спектра.

У третьому розділі "Проведення та аналіз педагогічного експерименту" описую експериментальну перевірку розробленої системи мисленого експерименту та методики його використання.

У 1990-1992 р. проведено пробний педагогічний експеримент на базі Природничо-математичного ліцею м.Києва та Фастівської школи-лабораторії при УДПУ ім.М.П.Драгоманова. На цьому етапі дослідження дано оцінку дидактичної доцільності використання мисленого експерименту у вивченні розділу "Квантова фізика".

Масовий педагогічний експеримент проведено у 1992-1994 роках на базі десяти загальноосвітніх навчальних закладів, в тому числі п'яти середніх шкіл (№№ 7, 24, 61, 92 м.Києва та №12 м.Ужгорода). До проведення експерименту було залучено десять 11-х класів із загальною кількістю 343 учні; 2 гімназії гуманітарного типу (Українська національна гімназія №1 м.Києва та Свалявська гімназія-інтернат м.Сваляви Закарпатської області), в яких до експерименту було залучено чотири 11-х класи із загальною кількістю 117 учнів), 3 ліцеї



політехнічного типу (природничо-математичний ліцей м. Києва, Фастівський ліцей, Ужгородський ліцей), в яких до експерименту було залучено шість 11-х класів із загальною кількістю 143 учні, 4 групи підготовчих відділень вищих учбових закладів (УДПУ ім. М. П. Драгоманова та Ужгородського державного університету) із загальною кількістю 123 слухачі.

Експеримент спрямовано на вирішення таких завдань:

- встановити найбільш ефективні методи вивчення навчального матеріалу із залученням мисленого експерименту;
- з'ясувати доступність відібраних експериментів в умовах середніх загальноосвітніх навчальних закладів;
- визначити вплив запропонованих мислених експериментів на засвоєння учнями навчального матеріалу з фізики;
- з'ясувати відношення вчителів і учнів до запропонованих нами рекомендацій.

З урахуванням специфіки завдань експерименту (досліджувалась ефективність навчання з використанням мисленого експерименту і вплив зміни структури навчального матеріалу на якість знань учнів) були сформовані контрольні та експериментальні групи. У перших з них навчання проводилось за традиційною методикою навчання, у других - відповідно до запропонованої нами методики.

Якісна та кількісна оцінки ходу проведення підсумків контрольного експерименту здійснювалась через систематичне спостереження навчального процесу в контрольних і експериментальних класах та порівняльний аналіз результатів зрізів знань учнів у цих класах. Проводилась рейтингова оцінка можливості та доцільності використання мислених експериментів (таблиці 6, 7). Була сформована група експертів, куди увійшли учителі фізики, викладачі кафедр УДПУ ім. М. П. Драгоманова, вик-



Таблиця 7.

Результати експертної оцінки дидактичних можливостей доцільності впровадження мисленого експерименту в навчальний процес

Рейтингова оцінка можливості і доцільності	Можливість			Доцільність			
	1	2	3	4	5	6	7
Назва мислених експериментів	Цілюючий	Вибірковий	Як виняток	Як ознава побудови навч. проц.	Як досягнення мети	Як відслідковування мети	
1. Визначення енергії реакції за енергією зв'язку атомних ядер	А Б С					А Б С	
2. Модель ендоенергетичного зіткнення	А Б С						А Б С
3. Дослід Віна	С	Б	А		Б С		
4. Взаємодія електрона з $\gamma$ -квантом в камері Вільсона	С	Б	А		С	А Б С	С
5. Моделивання ефекту Комптона	С	Б	А		С	А Б С	С
6. Дослід Резерфорда:							
а) одноразове розсіювання $\alpha$ -частинок атомною фольгою:	А Б С				А Б С	А Б С	
б) резерфордівське розсіювання - розсіювання одним "атомом":	А Б С				А Б С	А Б С	А Б С
в) визначення відносного числа розсіяних $\alpha$ -частинок:	С	Б	А		Б С	А Б С	Б С
г) залежність числа розсіяних $\alpha$ -частинок від їх енергії:	С	Б	А		Б С	А Б С	Б С
д) визначення відношення чисел розсіяних $\alpha$ -частинок в залежності від матеріалу фольги:	С	Б	А		С	А Б С	С
е) визначення залежності відносного числа розсіяних $\alpha$ -частинок на куті, що перевищує даний кут:		С	Б			Б С	
ж) розподіл розсіяних $\alpha$ -частинок в межах однакової ширини інтервалу кутів розсіювання.	С	Б			Б С		
7. Двоїста природа "берилієвого" випромінювання	С	Б	А		Б С	А Б С	С

ладачах інших ВУЗів (всього 10 експертів).

В результаті педагогічного експерименту стверджено педагогічну доцільність впровадження мисленого експерименту у навчальний процес і засвідчено достатню ефективність розробленої системи мисленого експерименту та методики його використання.

Результати теоретичного і експериментального дослідження підтверджують висунуту гіпотезу і дозволяють сформулювати такі **в и с н о в и** :

1. Розроблена автором система мислених експериментів для вивчення розділу "Квантова фізика" сприяє формуванню в учнів поглиблених знань з основ квантової фізики, розвитку їх інтелекту.

2. Запропоновані автором мислені експерименти доступні для учнів середніх загальноосвітніх навчальних закладів.

3. Розроблена нами методика використання мисленого експерименту для вивчення розділу "Квантова фізика", узагальнена для шкіл нового типу, дозволяє враховувати специфіку рівневої і профільної диференціації вивчення фізики і повністю себе виправдала в шкільних умовах.

4. Розроблена автором система мислених експериментів і методика їх використання дозволяють вкластися в бюджет часу, передбачений програмою для вивчення тем "Світлові кванти", "Атом і атомне ядро".

5. Педагогічний експеримент показав, що розгляд квантових уявлень учнів на основі мислених експериментів зменшує догматизм у навчанні фізики, створює ґрунт для пізнання учнями матеріального світу.

Основні положення дослідження відображено в публікаціях:

1. Вивчення ефекту Комптона // Радянська школа. - 1989. -  
N 1. - С.56-60. - /У співавторстві/.

2. Вивчення питання "Відкриття нейтрона" //Радянська  
школа. -1989. - N 2. -С.65-68. -/У співавторстві/.

3. Вивчення фундаментальних дослідів з квантової фізики  
у відповідності з принципом циклічності //Тези доповідей на  
республіканському семінарі: міжпредметні зв'язки під час  
вивчення фізики в середній школі і в педвузі. -Луцьк.  
1991. -С.45-47. - /У співавторстві/.

4. Методика вивчення теми "Дослід Резерфорда. Ядерна  
модель атома"//Методика викладання математики і фізи-  
ки. -Вип.7 / Під ред. О.І.Бугайова. -К.:Рад.шк., 1991. -  
С.121-132. - / У співавторстві/.

5. До розв'язання однієї задачі з ендоенергетичним  
змістом //Проблеми використання задач у процесі викладання  
природничо-математичних дисциплін: Зб.ст. /Упорядник, редак-  
тор А.А.Давидьон. - Чернігів: ОІУВ, 1993. -С.113. /У співав-  
торстві/.

6. До питання про відкриття кванта: Методологічний  
аналіз відкриття і його вплив на викладання квантової гіпо-  
тези //Фізика конденсованих систем: наукові записки  
Рівненського педінституту. Том 1. - Рівне:  
1993. -С.149-157. -/У співавторстві/.

7. Дидактичні функції мисленого експерименту при вив-  
ченні фізики в середній школі //Наукові записки: матеріали  
звітно-наукової конференції викладачів на 1993 р. - К. УДПУ  
ім.М.П.Драгоманова. - С.76-77

Баштовий В.И. Использование мысленного эксперимента как средства изучения квантовой физики в общеобразовательных учебных заведениях, рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата педагогических наук по специальности 13.00.02 - методика преподавания физики, Украинский государственный педагогический университет, Киев, 1995. Защищается система мысленных экспериментов для изучения раздела "Квантовая физика" в общеобразовательных учебных заведениях и методика изучения мысленных экспериментов при изучении квантовой физики, отражены в 7 печатных работах. Разработана теоретическая концепция, которая призвана решить обнаруженные несоответствия при изучении квантовой физики. Приведены результаты педагогического эксперимента. Установлено, что разработанная автором система мысленных экспериментов способствует формированию у учащихся углубленных знаний квантовой физики, развитию интереса; предложенная методика обобщена для школ нового типа, позволяет учитывать специфику уровневой и профильной дифференциации изучения физики и полностью себя оправдала в школьных условиях.

Bashtovy V.I. Using mental experiment as a means of studying quantum physics at high secondary schools.

Ukrainian State Pedagogical University named after M.P.Dragomanov, Kiev, 1995.

The dissertation is submitted for the Candidate's degree (pedagogics). Speciality - 13.00.02 - Methods of teaching physics.

In the paper the author worked out a system of mental experiments for studying the section "Quantum Physics" at high secondary schools. For practical application new

effective methods are recommended to study mental experiments in the process of teaching quantum physics.

A new theoretical conception is elaborated which makes it possible to reveal discrepancy in studying quantum physics.

The results of pedagogical experiment produced in the thesis show that the system of mental experiments worked out by the author promotes pupils' interest in order to extend thier knowledge of quantum physics. It was approbated and approved by teachers of physics at high schools of new type and proved to be very effective.

The main points of the research are reflected in 7 publications.

**Ключові слова:** мислений експеримент, методика, квантова фізика.

---

Підл. до друку 20.11.94. Формат 60x84/16. Папір друк. СФ. друк.  
Ум. друк. арк. 139. Ум. фарб.-відб. / 39. Сбл.-вид. арк. 11  
Тираж 100 пр. Зам. 299 Безкоштовно.

---

Віддруковано в Інституті математики АН України  
252601 Київ 4, ІЛП, вул. Терещенківська 3