

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені М.П. Драгоманова

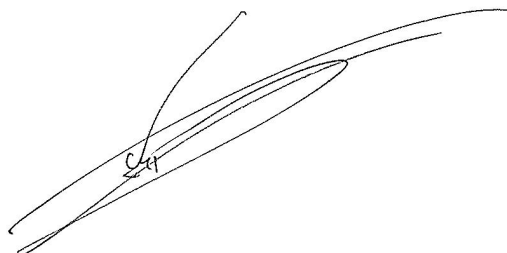
ТЕРЕЩУК Сергій Іванович

УДК 37.016:530.145(043.3)

**ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ
НАВЧАННЯ КВАНТОВОЇ ФІЗИКИ У ЛЦЕЇ**

13.00.02 — теорія та методика навчання (фізика)

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора педагогічних наук

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping, sweeping lines that form a stylized representation of the author's name. The signature is slanted upwards from left to right.

Київ — 2020

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано в Національному педагогічному університеті імені М.П. Драгоманова, Міністерство освіти і науки України.

Науковий консультант: доктор педагогічних наук, професор,
академік НАПН України
Ляшенко Олександр Іванович,
Національна академія педагогічних наук
України, академік-секретар відділення загальної
середньої освіти.

Офіційні опоненти: доктор педагогічних наук, професор
Величко Степан Петрович,
Центральноукраїнський державний
педагогічний університет
імені Володимира Винниченка, завідувач
кафедри фізики та методики її викладання;

доктор педагогічних наук, доцент
Шишкін Геннадій Олександрович,
Бердянський державний педагогічний
університет, професор кафедри фізики та
методики навчання фізики;

доктор педагогічних наук, доцент
Мислицька Наталія Анатоліївна,
Вінницький державний педагогічний
університет імені Михайла Коцюбинського,
професор кафедри фізики і методики навчання
фізики, астрономії.

Захист відбудеться «15» жовтня 2020 року о 12⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.053.06 у Національному педагогічному університеті імені М. П. Драгоманова (01601, м. Київ, вул. Пирогова, 9).

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова, 01601, м. Київ, вул. Пирогова, 9.

Автореферат розісланий «14» вересня 2020 року.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
доктор педагогічних наук, професор



В.П. Сергієнко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність дослідження. Стратегія реформування загальної середньої освіти висвітлена в Законі України «Про освіту» та Концепції нової української школи й передбачає всебічний розвиток особистості, яка здатна до цивілізованої взаємодії з природою, має прагнення до навчання впродовж життя та самореалізації, готова до свідомого життєвого вибору і громадянської позиції. Згідно з концепцією «Нова українська школа. Основи стандарту освіти», сучасна школа має започаткувати формування демократичної культури серед учнів через впровадження демократичних цінностей, створення атмосфери довіри та взаємоповаги, підкреслення цілісності людської особистості в трьох важливих сферах (Я- «Відчуваю», «Думаю», «Дію»), що відповідає інтелектуальному, духовному та фізичному розвитку дитини. Цим документом передбачається, що Україна в майбутньому – держава новітніх технологій, а тому саме в новій школі мають бути створені умови щодо достатнього простору й можливостей для творчості учнів на основі застосування сучасних засобів ІКТ, мобільних та хмарних технологій тощо. Останніми нормативно-правовими документами про освіту передбачається, що функціонування закладів середньої освіти III ступеня має відбуватись як профільних, що дасть змогу створити сприятливі умови для врахування індивідуальних потреб, особливостей та інтересів учнів, формування в них орієнтації на той чи інший різновид майбутньої професійної діяльності.

Одним із важливих напрямів модернізації освіти у вказаному вище аспекті є упровадження компетентнісного підходу до формування змісту освіти у вітчизняній школі. Компетентнісний підхід – один із найвагоміших чинників модернізації фізичної освіти. Поєднання його із низкою інновацій та класичних підходів є запорукою реалізації сучасних освітніх цілей, які окреслені на рівні міжнародних організацій (Ради Європи, Організації економічного співробітництва і розвитку та інших), в проєкті «Освітня політика та освіта «рівний – рівному»» в рамках Програми розвитку ООН.

Формування теоретичних і методичних засад навчання фізики в закладах загальної середньої освіти знайшло відображення в дослідженнях вітчизняних і закордонних учених, зокрема П. С. Атаманчука, Л. Ю. Благодаренко, О. І. Бугайова, Б. Є. Будного, С. П. Величка, С. У. Гончаренка, Є. В. Коршака, О. І. Ляшенка, М. Т. Мартинюка, В. Ф. Савченка, М. І. Садового, О. В. Сергєєва, В. П. Сергієнка, Н. Л. Сосницької, М. І. Шута, А. В. Усової та інших.

Розв'язання проблем навчальної діяльності, її структури та спрямованості на формування наукових понять, умінь і навичок у психологічному контексті досліджували Л. С. Виготський, П. Я. Гальперін, О. І. Кабанова-Меллер, О. М. Леонтьєв, Н. О. Менчинська, С. Л. Рубінштейн та багато інших.

У дослідженнях М. О. Данилова, І. Я. Лернера, М. І. Махмутова, І. Т. Огороднікова, О. Я. Савченко, М. М. Скаткіна та інших учених-дидактів доведено, що навчальна діяльність виступає засобом усвідомлення знань і

засвоєння навчального матеріалу, набуття вмінь і навичок.

На теоретичному й методологічному рівнях проблема організації компетентісно орієнтованої діяльності досить ґрунтовно висвітлена в дослідженнях, українських і зарубіжних учених, зокрема Л. Ю. Благодаренко, Н. М. Бібік, О. І. Локшиної, О. І. Ляшенка, Л. І. Паращенко, О. І. Пометун, О. Я. Савченко, А. В. Касперського, Б. А. Суся, В. Д. Сиротюка, А. В. Хуторського, С.Є. Шишова та інших.

Попри широкий і багатоплановий характер досліджень, присвячених загальним питанням формування ключових, міжпредметних та предметних компетентностей, даний напрямок наукових розвідок залишається й дотепер сповна актуальним і на часі, оскільки передбачає відходження від знаннєвої парадигми, яка тривалий час була панівною в методиці навчання фізики. Натомість компетентність як мета освіти передбачає поєднання знань, умінь, навичок, способів мислення, цінностей, особистих якостей учня.

Традиційно методика навчання фізики була націлена на формування знань із системою наукових понять. Упродовж тривалого часу переважала циклічна модель засвоєння навчального матеріалу, яка у філософському контексті віддзеркалювала емпірично-індуктивний підхід: експериментальні факти – модель – теоретичне узагальнення – експериментальне підтвердження теоретичних висновків. Згідно з цією моделлю виклад нового матеріалу певної теорії розпочинався із дослідних фактів через демонстрацію відповідних дослідів. Потім відбувалося індуктивне узагальнення накопичених експериментальних фактів, і на цій основі – побудова фізичної моделі та (або) прийняття гіпотези. Після пояснення механізму перебігу явища на основі модельного підходу починалося формування положень теорії в адекватній для учнів формі. Завершувався цикл демонстрацією дослідів – експериментальною перевіркою положень нової теорії та її наслідків (верифікація теорії).

Після реформи змісту фізичної освіти 1969 – 1972 рр. вказана модель утвердилась остаточно і впродовж кількох наступних десятиріч визначала методичні розроблення та напрацювання із незначними відхиленнями від наведеної моделі викладу навчального матеріалу. Домінування цього концепту спричинило те, що найбільша увага в методиці навчання фізики приділялася формуванню фізичних понять у напрямку від чуттєвого сприйняття нових об'єктів до узагальнення на рівні нових наукових понять (А.В. Усова та інші). Численні дослідження з методики навчання фізики, проведені в період 1970 – 1990-х років, підтвердили ефективність індуктивно-емпіричного підходу, особливо в основній школі. Проте в процесі вивчення квантової оптики, будови атома та атомного ядра з елементами квантової механіки зустрічаються методичні та методологічні проблеми, що практично не мають адекватних розв'язків у межах індуктивно-емпіричного навчання. По-перше, означений підхід до навчання частково уповільнює розвиток фізичного мислення учнів у сенсі обмеження теоретичного мислення до рівня емпіричного. По-друге, вказана філософська парадигма як концептуальна основа технології навчання жорстко детермінована емпіричним підходом, а в контексті формування

понять – чуттєвим досвідом учнів. Наразі поняття квантової фізики здебільшого складно унаочнити, оскільки з розвитком квантової теорії концепція наочності у фізичній науці була поступово зруйнована під час так званої «кризи наочності» фізичних теорій, що відбулася на початку ХХ сторіччя. Звідси впливає третя методологічна проблема, яка виникає внаслідок емпіричного узагальнення – неможливість розкриття причин виникнення фізичних явищ, складність унаочнення та демонстрації механізмів їхнього перебігу. Наслідком цього є, зокрема, відома методична проблема, коли учні здебільшого поняття сприймають формально, не розуміючи їхню фізичну суть.

Сучасна фізична теорія серед інших характерних особливостей має дві найпомітніші – складність унаочнення та брак опису перебігу фізичних процесів із розкриттям їхнього механізму. Треба підкреслити, – квантова теорія не позбавлена функції опису, навпаки – її описовий апарат має незрівнянно вищий рівень абстракції та складніші форми математичного та вербального представлення у порівнянні з класичними теоріями. Явища, описувані у квантовій механіці, неможливі в макросвіті, оскільки не підпорядковуються законам макросвіту й не можуть ними послуговуватися. Їхнє осмислення можливе лише на рівні математичних моделей, які через свою абстрактність не завжди унаочнюють їх у класичному розумінні фізики. Тому опис сучасної теорії на кшталт квантової механіки позбавлений наочності, як методологічної категорії, як інструментарію дослідника, а натомість таким інструментом залишився лише математичний апарат. Втрата наочності пов'язана із новою методологією неklasичних фізичних теорій. Замість того, щоби висувати гіпотезу на основі індуктивної процедури зі збирання емпіричних фактів, створюється теоретична модель, яка базується на положеннях або принципах, що відображаються завдяки математичному апарату (математичним рівнянням). Таким чином, за такого підходу не залишається місця наочним моделям з описом механізму перебігу досліджуваного явища, проте залишаються математичні рівняння, які добре узгоджуються з експериментальними даними.

Здійснений нами аналіз методичних підходів до навчання квантової фізики наштовхнув на ідею про те, що розв'язання цієї проблеми слід шукати за межами індуктивно-емпіричної концепції навчального процесу. Аналіз результатів зовнішнього незалежного оцінювання з фізики в період 2010 – 2018 рр., тестування учнів та спостереження за навчальним процесом підтвердили сформульовані вище застереження.

Це зумовило вибір теми дослідження: **«Теоретико-методичні засади навчання квантової фізики в ліцеї».**

Об'єкт дослідження – освітній процес із фізики в закладах загальної середньої освіти III ступеня.

Предмет дослідження – методичні засади навчання квантової фізики в ліцеї на засадах компетентнісного підходу з використанням інноваційних технологій навчання.

Мета дослідження полягає в теоретичному обґрунтуванні, розробленні та

апробації методичної системи компетентнісно орієнтованого навчання квантової фізики в ліцеї з використанням інноваційних освітніх технологій.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати стан дослідження проблеми в теорії і практиці навчання квантової фізики в закладах середньої освіти III ступеня та виявити проблемні питання щодо забезпечення якості освіти в засвоєнні відповідного навчального матеріалу.

2. Дослідити психолого-педагогічні та методичні аспекти організації навчальної діяльності учнів у контексті компетентнісного підходу до навчання фізики.

3. Розробити концептуальні положення методики навчання квантової фізики в ліцеї на засадах компетентнісного підходу, що забезпечує високу якість і результативність освітнього процесу в умовах профільного навчання.

4. Створити та впровадити компетентнісно орієнтовану методичну систему навчання квантової фізики в ліцеї з використанням інноваційних технологій навчання.

5. Апробувати та експериментально перевірити ефективність розробленої на засадах компетентнісного підходу методичної системи навчання квантової фізики в ліцеї, що ґрунтується на технології розвитку критичного мислення учнів.

Відповідно до мети та завдань дослідження, використовувалися такі **методи дослідження:**

- *теоретичні*: метод порівняльного аналізу, за допомогою якого зіставлялися наявні в історії теоретичні підходи до фізичної освіти в закладах загальної середньої освіти загальноосвітніх навчальних закладах на основі аналізу психолого-педагогічної та науково-методичної літератури, архівних матеріалів, новаторського досвіду та узагальнення власного досвіду роботи; метод системно-структурного аналізу, застосування якого дало можливість побудувати теоретичну модель методичної системи навчання квантової фізики й будови атома в закладах загальної середньої освіти III ступеня та виявити особливості її функціонування в практиці навчання фізики; метод моделювання, на основі якого було обґрунтовано теоретичні засади навчального процесу з вивчення квантової фізики, фізики атома та елементарних частинок, з'ясовано характерні риси компетентнісно орієнтованої навчальної діяльності старшокласників; метод змістового узагальнення, за допомогою якого було встановлено структуру і зміст пропонованої методичної системи, виявлено структуру предметної компетенції з квантової фізики, будови атома, фізики ядра та елементарних частинок;

- *емпіричні*: анкетування учнів та учителів шкіл, контрольне тестування, бесіди, спостереження, вивчення досвіду роботи учителів-методистів, педагогічний експеримент, методи математичної статистики, комп'ютерні технології опрацювання даних експерименту, які застосовувалися для вивчення особливостей навчальної діяльності учнів щодо набуття компетентностей із квантової фізики, виявлення рівня підготовки учнів-випускників шкіл (за

результатами ЗНО різних років) щодо володіння ними предметними компетентностями в царині квантової фізики та будови атома, упровадження методичної системи навчання квантової фізики учнів у закладах загальної середньої освіти III ступеня та експериментальної перевірки її ефективності.

Наукова новизна отриманих результатів роботи полягає в тому, що:

- *вперше запропоновано* методичні засади формування понять квантової фізики та фізики елементарних частинок на основі гіпотетико-дедуктивного підходу, що використовує технологію розвитку критичного мислення учнів;
- *вперше запропоновано* методичну систему компетентнісно орієнтованого навчання квантової фізики в ліцеї на засадах компетентнісного підходу з використанням інноваційних освітніх технологій;
- *вперше запропоновано* технологію проектування методичної системи навчання квантової фізики в закладах середньої освіти III ступеня на засадах критичного раціоналізму;
- *обґрунтовано* структуру компетентності учнів ліцею з квантової фізики як складової їх предметної компетентності з фізики, побудовану з урахуванням особистісного та соціального аспектів освітнього процесу;
- *удосконалено* критерії сформованості рівня компетентності з квантової фізики з урахуванням розвитку критичного мислення учнів;
- *дістали подальшого розвитку* методи інтерактивного навчання, розвитку критичного мислення на уроках фізики.

Практичне значення одержаних результатів полягає в створенні та впровадженні в освітній процес ліцею та педагогічного університету навчально-методичного забезпечення з квантової фізики та методики її навчання, а саме:

- Навчально-методичного посібника «Збірник задач із фізики. Квантова фізика. Фізика атома, атомного ядра й елементарних частинок» (рекомендовано Вченою радою факультету фізики, математики та інформатики Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини, протокол № 2 від 15.09.2016 р.);
- навчально-методичного посібника для вчителів фізики «Технологія розвитку критичного мислення на уроках фізики: квантова оптика; фізика атома та атомного ядра» (рекомендовано вченою радою Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини, протокол № 2 від 18.09.18 р.);
- навчальної програми авторського курсу «Технології розвитку критичного мислення учнів на уроках фізики» для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 014.08 Середня освіта (Фізика);

Результати дослідження можуть бути використані вчителями в процесі викладання квантової фізики в ліцеях, у подальших дослідженнях проблеми

впровадження профільного навчання в закладах середньої освіти III ступеня; у закладах вищої педагогічної освіти для підготовки майбутніх учителів фізики до формування в учнів основних понять квантової фізики; під час самоосвіти учнів, студентів та вчителів фізики.

Результати дисертаційної роботи впроваджено в навчальний процес: закладів освіти Глухівського району Сумської області (Баницький навчально-виховний комплекс; Дунаєцький навчально-виховний комплекс; Уланівський навчально-виховний комплекс (довідка відділу освіти Глухівської районної державної адміністрації); Глухівської загальноосвітньої школи I-III ступенів № 3 Глухівської міської ради Сумської області (довідка № 06–06/3877 від 25.11.2019 р.); Уманської загальноосвітньої школи I-III ступенів № 9 Уманської міської ради Черкаської області (довідка № 154 від 21 червня 2019 р.); НВК «Уманської міської гімназії – школи естетичного виховання» Уманської міської ради Черкаської області (довідка № 75/01–42 від 11 червня 2019 р.); Уманського професійного аграрного ліцею (довідка № 173 від 20.06.19 р.); комунального закладу «Луцька загальноосвітня школа I-III ступенів № 23 Луцької міської ради» (довідка № 02–05–229 від 24.06.2019 р.); державного навчального закладу «Гуцинецьке вище професійне училище» Вінницької обласної державної адміністрації (довідка № 310 від 24.06.2019 р., наказ № 63 від 20.09.16 р.); Полтавської гімназії № 17 Полтавської міської ради Полтавської області (довідка № 01–33/879); комунальної обласної спеціалізованої школи-інтернату II-III ступенів із поглибленим вивченням окремих предметів «Багатопрофільний ліцей для обдарованих дітей» Чернівецької обласної державної адміністрації (довідка № 107 від 27.11.2019 р.).

Апробація результатів дослідження. Основні положення та результати дослідження доповідалися й обговорювалися на міжнародних, всеукраїнських та регіональних науково-методичних та науково-практичних конференціях:

- міжнародних: «Záujmová činnost žiakov – stav, problému, trendy. Prešov, 27.-28. november 2008 («Розвиток освітніх компетентностей у педагогічних працівників: творча діяльність учнів – стан, проблеми, тенденції. м. Пряшів, Словаччина, 27–28 листопада 2008); «Дидактика фізики як концептуальна основа формування компетентнісних і світоглядних якостей майбутнього фахівця фізико-технологічного профілю» (м. Кам'янець-Подільський, 7–8 жовтня 2015 року); «Дидактичні механізми дієвого формування компетентнісних якостей майбутніх фахівців фізико-технологічних спеціальностей» (м. Кам'янець-Подільський, 3–4 жовтня 2016 р.) «Засоби й технології сучасного навчального середовища» (м. Кіровоград, 27–28 квітня 2012 р.; 17–18 травня 2013 року; 27 квітня 2014 року);
- всеукраїнських: «Удосконалення навчального процесу з фізики через поєднання традиційних та інноваційних технологій і методик навчання» (Чернігівські методичні читання, Чернігів, 21–23 червня, 2012 року); «Підвищення ефективності навчання фізики через поєднання різних форм і методів» (Чернігівські методичні читання з фізики, 27–29 червня 2013 року); «Компетентнісний підхід як головна стратегічна лінія удосконалення фізичної

освіти в Україні» (Чернігівські методичні читання з фізики, 24–27 червня 2014 року) «Формування навчального середовища, адекватного новому змісту навчання фізики» (Чернігівські методичні читання, Чернігів, 23–25 червня 2016 року); «Проблеми сучасного підручника» (м. Київ, 5–6 грудня 2013 року).

Основні результати дослідження обговорювалися на засіданнях Вченої ради та кафедри фізики й астрономії та методики їх навчання Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини (2012 – 2018 рр.).

Основні наукові результати дослідження опубліковано в 36 наукових працях, з яких 33 одноосібні. Серед загальної кількості публікацій: 1 монографія, 2 навчально-методичних посібники, 26 статей у наукових фахових виданнях України, 7 статей у наукових періодичних виданнях інших держав і виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз даних.

Особистий внесок здобувача в працях, написаних зі співавторами: [3] дібрано 50 % задач із квантової фізики та фізики атома; [34] – підготовлено статистичні дані щодо проблеми дослідження, розроблено нову методику застосування технології Plickers на уроках фізики; [35] – підготовлено огляд альтернативних моделей критичного мислення, описано авторську модель критичного мислення як технології навчання квантової фізики в ліцеї.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата педагогічних наук «Методична система вивчення будови і властивостей речовини в курсі фізики основної школи» захищена у 2004 році. Матеріали кандидатської дисертації в даному дослідженні не використовувались.

Структура дисертації: дисертація складається із вступу, п'яти розділів, висновків до кожного розділу, загальних висновків, списку використаних джерел (404 найменувань), додатків. Повний обсяг дисертації 402 сторінки, основний текст складає 364 сторінки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ

В **анотації** подано основні результати дослідження із зазначенням наукової новизни та практичного значення, наведено ключові слова та список публікацій за темою дисертації.

У вступі обґрунтовано вибір теми дослідження, її актуальність та доцільність, визначено об'єкт, предмет, мету, завдання та обрані методи дослідження; висвітлено наукову новизну, практичне значення роботи; подані відомості про апробацію та впровадження результатів дослідження.

У **розділі 1** «Тенденції розвитку навчання квантової фізики в профільній школі» проведений аналіз філософської, психолого-педагогічної та методичної літератури для виявлення чинників впливу на методику навчання учнів квантової фізики в закладах загальної середньої освіти III ступеня. З цією метою проведено короткий огляд історико-генетичного розвитку квантових уявлень у закладах загальної середньої освіти та показано, що вивчення відомостей із квантової фізики зазвичай пов'язували з підвищенням наукового рівня його викладання, а логіка вивчення відомостей теорії будови речовини в

закладах загальної середньої освіти II рівня та квантової теорії в ліцеях відповідала філософській концепції емпіризму: виклад навчального матеріалу розпочинався й завершувався експериментом та був спрямований від експериментальних фактів до побудови абстрактної фізичної моделі, потім – до отримання теоретичних наслідків і, нарешті, знову до експериментальних фактів, що підтверджують справедливність цих наслідків. Реформою 1969 – 1972 рр. змісту шкільного курсу фізики передбачалося посилити вказаний підхід через формування системи фізичних понять, що мали б віддзеркалювати в адекватній для учнів формі тогочасний розвиток фізичної науки. З цією метою пропонувалося: а) звести до наукових уявлень зміст уже відомих понять, що вивчалися раніше (маса, сила, температура тощо); б) увести в шкільний курс фізики нові фізичні поняття та теорії, зокрема, теорію відносності (елементи СТВ), квантову теорію (елементи квантової оптики та квантової механіки). Вказані теорії та їхня поняттєва база вивчалась і раніше, проте фрагментарно, не системно та досить обмежено.

На початку 90-х років XX сторіччя в освітніх системах високорозвинених демократичних країн почали переважати тенденції зі зміщення акцентів у цілях навчання з формування знань на розвиток мислення та вмінь орієнтуватися в природничо-науковій інформації. Водночас була прийнята програма шкільного курсу фізики, що декларативно віддзеркалювала вказані тенденції та проголошувала ідеї гуманізації, демократизації, диференціації навчального процесу, перехід від знанєвої парадигми до діяльнісної, проте за змістом не відрізнялась від програм радянської школи 1985 року. Таке поєднання дозволило зберегти увесь напрацьований науково-методичний потенціал радянської школи і водночас змінити орієнтацію української школи на світовий досвід і тенденції світових освітніх систем.

Сучасний етап розвитку освіти характеризується упровадженням у навчальний процес компетентісно орієнтованих технологій навчання: формування критичного мислення; інтерактивних технологій кооперативного навчання; мобільного навчання; STEM-, STEAM-, STREAM-навчання, хмарних технологій, навчання із використанням QR-кодів тощо. Тому в межах нашого дослідження теоретико-методичне вдосконалення навчання квантової фізики в закладах загальної середньої освіти III рівня полягає не в зміні або перегляді її змісту, як це мало місце в більшості досліджень (О.І. Бугайов, Б.Є. Будний, М.І. Садовий, А.В. Усова та інші), а в створенні нової методичної системи, що враховуватиме компетентісно орієнтовані технології навчання. Для того, аби розробити таку методичну систему було проведено аналіз відповідних літературних джерел та з'ясовано концептуальні засади навчання квантової фізики, що відповідають сучасним тенденціям розвитку фізичної освіти в закладах загальної середньої освіти.

У розділі 2 «Компетентісно орієнтовані технології навчання квантової фізики як складова методичної системи» розглянуто та проаналізовано компетентісно орієнтовані технології навчання, які надалі були включені до методичної системи навчання квантової фізики в закладах

середньої освіти III ступеня.

До кінця 80-х і початку 90-х років питання технології освіти розроблялися на основі системного підходу – навчальний процес всебічно вивчався та проектувався із застосуванням принципів оптимізації з огляду на новітні досягнення науки й техніки. Поступово поняття «технологія освіти» еволюціює до поняття «педагогічна технологія», що передбачає спеціальну підготовку педагогів, які повинні не лише досконало володіти комп'ютерними технологіями, спеціальними програмами, ППЗ тощо, а і специфічними комунікаційними технологіями на кшталт інтерактивних технологій кооперативного навчання, технологіями проблемного навчання, розвитку критичного мислення та ін. Вказана еволюція понять була пов'язана також із заміною знанієвої парадигми на нові концептуальні положення, що враховували відмову від накопичення суми знань, бездумного нав'язування учням загальноприйнятих способів діяльності і, натомість, – розвиток особистісного потенціалу учня. Відтепер функції педагогічної технології, як дидактичної категорії, розширено від простого обслуговування навчання до планування та організації цього процесу, розроблення методів і навчальних засобів. Отож, наприкінці 90-х років стало зрозуміло, що вибір освітньої технології вимагає обрання відповідних пріоритетів у навчанні. Наразі є велика кількість технологій, що дають змогу конструювати педагогічний процес відповідно до обраної методичної системи чи моделі з врахуванням різноманітних чинників – від регіональних умов, де розташований навчальний заклад, до системи дидактичних цілей. З усієї множини технологій нас цікавлять саме ті, що спрямовані на формування ключових та предметних компетентностей.

Проведений нами аналіз відомих натеper технологій показав, що їхні автори, зазвичай, не ставили за мету формування в учнів тих чи інших компетентностей. У різні часи завжди були певні орієнтири та тенденції, на які здебільшого націлювалися технології навчання. Так, спочатку загальновизнаною метою була необхідність формування знань та умінь і навичок застосування цих знань. Згодом, важливим стало не лише формування знань, а розвиток особистості учня, поступ його творчих здібностей.

Формування знаннєвої бази процес нескінченний, оскільки досягти ідеального знання практично неможливо. На заміну знаннєвій парадигмі прийшла прагматичніша й конкретніша – формування компетентностей, тобто знань, умінь, досвіду, що об'єднані ціннісним ставленням до них учня. Важливо не лише сформувати певну суму знань, а навчати учня таким діям зі самостійного здобуття знань, їхнього критичного осмислення та застосування, що зрештою призведе його до успішного виконання завдань, які повсякчас будуть поставати перед ним на виробництві та в повсякденному житті. Отже, важлива не наявність знань, а уміння успішно та цілеспрямовано діяти, знати про різні способи діяльності (мати відповідний досвід), або уміти творчо створювати нові способи діяльності з опорою на відповідні знання – закони, принципи, правила та ін. Інтегровані таким чином знання, уміння й навички,

досвід та ціннісне ставлення, характеризують компетентностями – ключовими, предметними та метапредметними. Формування компетентностей вимагає перегляду, а подекуди й відмови від традиційного підходу, коли учням спочатку пропонують засвоїти певний масив знань, а вже потім навчитися застосовувати їх на практиці. Шкільна практика свідчить, що такий спосіб формування знань є найпоширенішим і водночас найменш ефективним. Відповідь на питання, як учителю, з позицій методичної науки, діяти інакше, щоби сформуванню знань, відповідні уміння з їхнього застосування, здатність приймати правильні рішення, логічно мислити та виконувати нестандартні творчі завдання, дає технологічний підхід. Проте єдиної правильної відповіді тут годі чекати. Кожна технологія має особливий набір інструментарію, спирається на оригінальну концептуальну основу, сповідує певні принципи та положення і, зрештою, дає власний алгоритм дій для учителя або колективу учителів освітнього закладу. Отож, існує потреба в створенні або перегляді вже наявних компетентнісно орієнтованих технологій. Для цього треба проаналізувати педагогічні результати, до яких призведе застосування тієї чи іншої технології та дібрати ті з них, що сприяють формуванню відповідних компетентностей.

З огляду на вище викладене, створення технології формування в учнів предметної компетентності з квантової фізики в закладах середньої освіти III ступеня передбачало такі кроки. По-перше, аналіз змісту компетентнісно орієнтованих технологій навчання та добір придатних для застосування в курсі фізики, що вивчається у відповідних закладах освіти. По-друге, об'єднання дібраних технологій та їх інтеграція в одну систему з метою вироблення єдиної концептуальної бази, що відповідає методичній системі навчання квантової фізики.

Аналіз сучасного стану та тенденцій розвитку освітніх систем, дав змогу виокремити низку компетентнісно орієнтованих технологій навчання, що склали теоретико-методологічну основу розробленої нами методичної системи навчання квантової фізики в закладах загальної середньої освіти III ступеня.

1. Технологія розвитку критичного мислення. В Україні ідеї розвитку критичного мислення вивчаються понад десять років. Проте, ще в 50-х роках минулого сторіччя психологічні та психолого-педагогічні аспекти мислення досліджували наукові школи Л. С. Виготського, О. М. Леонтьєва, С. Л. Рубінштейна. Було виявлено, що процес мислення відбувається як процес розв'язування навчальної проблеми. Згодом у працях Д. Н. Богоявленського, Н. А. Менчинської, В. В. Давидова, І. Я. Лернера та їхніх послідовників було показано, що засвоєння нових знань є процесом виконання нових завдань, які назвали «проблемними». Особливості й закономірності їхнього виконання покладено в основу методів навчання, які через деякий час було об'єднано в теорію «розвивального навчання». Як наслідок, у вітчизняній педагогіці та дидактиці набули поширення ідеї проблемного навчання, згідно з якими, основним рушієм розумової діяльності («рухом думки») є наявність і

постановка проблеми. Технологія критичного мислення також передбачає окреслення перед учнями проблеми, що використовується як засіб їхньої мотивації. Здійснюється це шляхом формулювання вчителем таких запитань, для відповіді на які в них недостатньо знань. Тривалі дослідження в царині психології свідчать, що правильно сформульоване запитання є запорукою успіху в створенні проблемної ситуації, спонуканні учнів до розумових дій і, водночас, своєрідною підказкою, допомогою з боку вчителя. У такий спосіб, основні ідеї розглядуваної технології деякою мірою перегукуються з ідеями розвивального і проблемного навчання. Так, Д. Б. Ельконін і В. В. Давидов розробили в рамках теорії розвивального навчання концепцію, в основу якої покладено ідею спеціально організованого навчання, метою якого є формування здатності учнів до самовдосконалення, саморозвитку, самопізнання, тобто набуття «вміння навчатись».

В освіті США та Канади технології розвитку критичного мислення розвиваються щонайменше п'ятдесят років і ґрунтуються на ідеях відомих американських психологів В. Джемса та Дж. Дьюї (концепція рефлексивного мислення). За цей чималий період створено величезну кількість різних моделей та концепцій із формування критичного мислення. Зазвичай серед фахівців із цієї проблеми обговорюються два основних підходи навчання цьому творчому стилю мислення: критичне мислення як академічна дисципліна «Критичне мислення» і другий підхід – «критичне мислення через інші дисципліни». Перший підхід найчастіше впроваджується у вищій школі. Студентів навчають алгоритмам критичного мислення на основі навчального матеріалу, що близький за змістом до напряму підготовки студентів, проте не стосується конкретної дисципліни. На заняттях із дисципліни «Критичне мислення» студенти опановують навички, що не відносяться до конкретних дисциплін їхньої спеціалізації – майстерність ставити запитання, робота з різними джерелами інформації, уміння аргументовано висловлюватись тощо. Другий підхід не потребує виокремлення самостійної дисципліни й передбачає формування уміння критично мислити під час вивчення певної дисципліни (фізика, математика, біологія, хімія тощо). Слід підкреслити, що учнів (студентів) навчають не лише критично мислити, а і здобувати знання за допомогою критичного мислення. Як відзначає О. В. Тягло, викладання критичного мислення через інші предмети є прийнятнішим для середньої школи, оскільки в учнів формують навички вести дискусію без наукового обґрунтування критичного мислення. Проте, спроби впровадити критичне мислення як навчальний курс у шкільну практику також не позбавлено сенсу. Свідченням цього є курс за вибором «Основи критичного мислення» та підручник, який підготовлено українськими вченими в рамках міжнародного проекту «Навчання старшокласників критичного мислення: елективний курс у школах Азербайджану, Киргизстану, України».

2. Технологія мобільного навчання. Під мобільним навчанням або *mobile learning* (*m-learning*) розуміємо використання мобільної технології в навчальному процесі. Мобільні технології – це широкий спектр цифрових і

повністю портативних мобільних пристроїв (мобільних телефонів, смартфонів, планшетних комп'ютерів, електронних книг, ноутбуків тощо), що дають змогу здійснювати операції зі здобуття, опрацювання та поширення інформаційних ресурсів.

Використання мобільної технології можливе окремо, або в сукупності з іншими інформаційними та комунікаційними технологіями (ІКТ). У цьому сенсі мобільне навчання варто розглядати як окремий напрямок у галузі застосування ІКТ в освіті. Модель застосування ІКТ у системі освіти завжди мала низку технічних обмежень, що впливали з апаратних характеристик пристроїв. Наприклад, традиційно ІКТ пов'язували із персональними стаціонарними комп'ютерами, а тому їх застосування обмежувалося ціною цього обладнання, розмірами і вагою та необхідністю використовувати в спеціально відведених приміщеннях. Розвиток комп'ютерних та мобільних технологій змінює вказані характеристики, а відтак повсякчас змінює підходи до застосування ІКТ в освітніх середовищах. Такий стан розвитку інформаційних технологій зумовлений особливостями застосування мобільних пристроїв для здобуття, опрацювання та передавання даних.

3. Інтерактивні технології кооперативного навчання. Одним з «інструментів» упровадження компетентнісного підходу в навчальний процес є зміщення акцентів із нагромадження фактів на розвиток «вмінь та навичок ХХІ сторіччя». Досягти цього можна, якщо відійти від традиційних методик навчання, коли переважає знанієва парадигма, а учитель відіграє роль носія і транслятора знань. Натомість зміщення акцентів на особистість суб'єкта навчання, активізувала його приховані потенційні можливості до навчання через інтеракцію з іншими суб'єктами навчального процесу, спілкування й обмін думками, через дискусію та діалог. Це стало можливим за умови впровадження інтерактивних методів кооперативного навчання та інших технологій, інтегрованих через нову методичну систему. Підкреслимо, що інтерактивні технології – не єдиний напрямок вдосконалення навчання, що дозволяє як найшвидше покинути «єру академічного знання». Аналіз компетентнісно орієнтованих технологій навчання (а в подальшому й експериментальне навчання в ході педагогічного експерименту) переконали нас у тому, що через інтерактивні методи кооперативного навчання вдається оптимально реалізувати формування здатності учнів до критичного мислення як важливого уміння, що входить до ключової компетентності «уміння навчатися впродовж життя».

У педагогічній практиці накопичилась величезна кількість технологій навчання, які віддзеркалюють різні підходи та моделі навчального процесу. Якщо ознакою класифікації цих підходів обрати рівень активності учнів, то їх можна умовно виокремити в три напрями – пасивний, активний та інтерактивний підходи. Вказані групи відрізняються характером спільної діяльності учителя та учнів.

4. Технологія змішаного навчання. У рамках пропонованої методичної системи навчання квантової фізики розглянуті вище компетентнісно орієнтовані

технології навчання ми інтегруємо в одну технологію, як технологію змішаного навчання.

Змішане навчання (blended learning) – сучасна освітня технологія, що базується на інтеграції класно-урочної системи та технології електронного навчання (e-learning). Введення в навчальний процес змішаного навчання дозволило досягти таких цілей, які пов'язані з особливостями та перевагами мобільного навчання:

- збільшити доступність та гнучкість навчального процесу;
- персоналізувати навчальний процес для кожного учня через врахування індивідуальних освітніх потреб, інтересів, нахилів, темпу засвоєння нового навчального матеріалу тощо;
- підвищити навчальну мотивацію, соціальну активність у засвоєнні нового навчального матеріалу, рефлексію;
- замінити знанєву парадигму на інтерактивну взаємодію педагога та учня, коли останній конструє власну навчальну траєкторію.

Для того, щоби реалізувати окреслені вище цілі та підходи, залучені до змішаного навчання відповідні теорії (або теорію) навчання. На основі теорії навчання вироблені моделі, які реалізовані в рамках відповідних методичних систем навчання.

В основу сучасної концепції змішаного навчання покладено біхевіористичну теорію, яка виникла в результаті перенесення ідей біхевіоризму в педагогіку, зокрема, концепції оперантного обумовлення (за Б.Ф. Скінером). Під час фази електронного навчання вводили тестову перевірку знань для реалізації режиму постійного підкріплення «Ситуація – Реакція – Підкріплення». Тестове завдання складалося у формі ситуації, яку учень розв'язував (реакція), а учитель створював підкріплення. Підкріплення було у формі подання нової порції матеріалу, надання підказки, переведення на вищий рівень із можливістю здобути вищий бал.

Технологічний аспект реалізації електронного навчання включає у себе систему управління навчанням (LMS – Learning Management System), яка була реалізована через різні програмні оболонки або платформи на кшталт Moodle. Фахівці зі змішаного навчання вказують на дві моделі надання доступу до освітніх ресурсів – у традиційному розумінні та із залученням хмарних технологій. Традиційні LMS надають доступ до освітнього процесу через підключення учасників навчального процесу до навчальних матеріалів, форумів тощо. Причому вважається, що соціальні мережі як найдоступніші засоби спілкування людей у мережі Інтернет, значно розширюють межі виконання спільних проєктів і роблять процес навчання більш соціальним.

Друга модель пов'язана із залученням до освітніх систем хмарних технологій. На «хмарі» розташовують спеціально організовані компаніями Google та Microsoft сервіси – G Suite for Education (до 2016 року була інша назва – «Google Apps for Education») та Microsoft Live@edu.

Вказані сервіси надають учасникам освітнього процесу аналогічні

інструменти, які надає автономна LMS. Крім цього, хмарні платформи дистанційної освіти дають можливість реалізувати мобільне навчання – електронне навчання на базі мобільної технології.

Педагогічний аспект змішаного навчання передбачає розроблення методик та моделей навчально-методичного забезпечення в середовищі електронного навчання. Модель змішаного навчання визначає співвідношення навчального часу, витраченого на традиційне навчання та онлайн-навчання. Інакше кажучи, фази електронного та традиційного навчання можуть мати різну частку від загального часу, витраченого на навчальний процес. Зарубіжні дослідники особливо звертають увагу на ті моделі, що зменшують частину часу проведеного учнями або студентами в аудиторії. Моделі змішаного навчання, які розробляються та успішно використовуються в університетах США, Канади та Європи набувають популярності також у шкільних закладах освіти.

У розділі 3 «Методична система профільного навчання квантової фізики» в результаті проведеного аналізу наукових, науково-методичних і психолого-педагогічних досліджень, на основі сформульованих концептуальних положень уперше запропоновано методичну систему навчання квантової фізики в закладах загальної середньої освіти III ступеня. Вказана методична система має певні особливості.

Методична система навчання квантової фізики складається з теоретичної моделі та дидактичного проекту, що реалізує модель на практиці. Теоретична модель забезпечує такі критерії: цілепокладання; напрямленість; технологічність; методологічність. У межах запропонованої методичної системи навчання квантової фізики цілепокладання відбувається в три етапи: 1) визначення декларативної мети – формування компетентностей на основі технології розвитку критичного мислення; 2) формулювання конкретної мети, що пов'язана із декларативною метою – формування предметної компетентності з квантової фізики, ключової компетентності уміння навчатись упродовж життя та наскрізного уміння критично мислити; 3) для досягнення поставлених цілей дібрано відповідні технології навчання: технологія розвитку критичного мислення, інтерактивні технології кооперативного навчання, технологія мобільного навчання та змішаного навчання. Добір вказаних технологій дозволив виокремити навчальні субцілі конкретних уроків при вивченні певних тем або розділів курсу фізики. Направленість методичної системи навчання квантової фізики впливає із головної мети цієї системи – формування в учнів відповідних компетентностей при вивченні квантової фізики. Направленість методичної системи визначає не мету (це вже здійснено при цілепокладанні), а вибір відповідної стратегії навчання – відмова від знанєвої парадигми, орієнтація на компетентнісно орієнтовані технології, зокрема, технології критичного мислення, мобільного навчання тощо. Технологічність методичної системи забезпечується застосуванням методів та засобів навчання квантової фізики, які адекватно відтворювалися в умовах навчального процесу в межах відповідних технологій навчання. Дотримання критерію технологічності методичної системи досягалося шляхом дотримання

відповідних педагогічних закономірностей під час експериментального навчання. Відповідно до даного критерію, розроблено технологію проектування методичної підсистеми формування предметної компетентності з квантової фізики. Для розроблення технології проектування методичної підсистеми формування предметної компетентності виконано такі кроки: визначено змістову компоненту предметної компетентності в частині квантової фізики; визначено функції компетентностей у навчанні квантової фізики; визначено структуру навчальної компетентності з квантової фізики (назва, тип, об'єкти, способи діяльності відносно обраних об'єктів); визначено дерево компетентностей. Критерій «методологічність методичної системи навчання квантової фізики» означає відповідність змісту методичної системи сучасним методам дослідження фізичної науки та вироблення на цій основі методичних ідей, змістових ліній викладу навчального матеріалу з квантової фізики відповідно до навчальних програм таким чином, щоби забезпечити формування предметної та ключової компетентності на основі інтеграції таких технологій навчання: технології розвитку критичного мислення; інтерактивних технологій кооперативного навчання; технології мобільного навчання. У світовій шкільній практиці все більшого поширення набувають методики навчання, які передбачають залучення до навчального процесу технологій, пов'язаних із мобільними пристроями та портативними носіями інформаційних ресурсів, хмарними сховищами, інтернет-технологіями «доповненої реальності» тощо. «Технологічність» навчання фізики в сенсі її технічного оснащення означеними технологіями потребує врахування в будь-якій методичній системі таких методів навчання, які б дозволили «втручання» сучасних інтернет-технологій у хід навчання з метою його коригування як на стадії процесу, так і на завершальній стадії здобуття результатів навчання.

Важливою умовою успішного викладання ідей квантової фізики в закладах загальної середньої освіти III ступеня є нова методична система, яка концептуально передбачає заміну традиційної емпірично-індуктивної моделі на гіпотетико-дедуктивну, яка процесуально передбачає такі етапи:

- постановка навчальної проблеми;
- висунення гіпотези, що має на меті розв'язати поставлену проблему;
- раціональне оцінювання та критичний аналіз гіпотези та її вибір з-поміж інших;
- формулювання положень (постулатів) нової теорії;
- раціональна критика нової теорії;
- з'ясування наукових проблем нової теорії, можливі варіанти їх усунення.

Наведена модель реалізується через методологію критичного мислення. У межах пропонованої компетентнісно орієнтованої методичної системи критичне мислення відіграє роль наскрізного вміння і його успішне формування в учнів є, своєю чергою, запорукою успішного формування відповідних компетентностей.

Окреслимо магістральні змістові лінії методичної системи з позиції вказаної гіпотетико-дедуктивної моделі так, щоби виявити реперні точки переходу між відповідними етапами, спираючись на які стало можливим було застосувати компетентнісно орієнтовані технології навчання для формування предметної та ключової компетентностей.

Загальновідомо, що квантова механіка – це теорія, що встановлює способи опису й закони руху мікрочастинок та їх систем, а також – зв'язки величин, які характеризують частинки та їх системи безпосередньо із величинами, що вимірюються у фізичних дослідах. Сучасна квантова механіка дозволяє зрозуміти будову атома та атомного ядра, властивості елементарних частинок, природу хімічного зв'язку. Спираючись на квантову механіку, вдалося загалом пояснити властивості газів і твердих тіл, а також явища феромагнетизму, надтекучості та надпровідності; квантова механіка дозволила з'ясувати природу таких астрофізичних об'єктів як Білих карликів, нейтронних зірок, пояснити механізм перебігу термоядерних реакцій у Сонці та зорях і т.д. Низку технологічних надбань здобуто завдяки розумінню законів квантової механіки – робота ядерних реакторів, властивості напівпровідників, пошук та відкриття нових матеріалів (наприклад, відкриття графену) тощо.

Таким чином, квантова механіка набула прикладного значення, пройшла експериментальну перевірку та має практичне застосування. Це досить цінний дидактичний потенціал у сенсі викладання елементів квантової теорії в шкільному курсі фізики. Проте, не менш важливим було з'ясувати, які проблеми поставали перед вченими при розбудові квантової теорії та які існують дотепер. Розкриття суті цих проблем та їх представлення в адекватній формі відносно навчальних можливостей учнів, дозволило акцентувати гіпотетико-дедуктивну модель (не відкидаючи повністю емпірично-індуктивної моделі) подання навчального матеріалу з квантової фізики. У зв'язку з цим, встановлено, що розпочинати виклад відповідних відомостей варто не з опису явищ та накопичених фактів, зібраних у результаті індуктивної процедури, а з постановки проблеми. Джон Дьюї справедливо вважав, що критичне мислення виникає тоді, коли учні займаються розв'язанням конкретної проблеми. Отже, необхідно навчати учнів ставити запитання та формулювати проблему, наявність якої можна з'ясувати, провівши короткий історичний екскурс зі становлення квантової теорії, або розглянувши результати експериментів, що входили в суперечність із тогочасними уявленнями вчених про будову речовини. Важливо, щоби при цьому використовувались методи навчання, які спрямовані на формування критичного мислення.

Наступний етап – постановка (формулювання) та всебічна перевірка гіпотези (або кількох гіпотез). Учні висувають гіпотези та піддають їх критичному аналізу, спираючись на емпіричні дані, числові значення здобуті в ході відомих досліджень вчених-фізиків тощо. Після цього відбувається формулювання положень теорії та їх критичний аналіз із метою виявлення нових проблем.

Більшість наукових проблем, які виникали в ході розвитку квантової

механіки, пов'язані переважно із будовою атома. Розв'язання цих проблем базувалося на прийнятті гіпотез, а їх перевірка супроводжувалась формулюванням відповідних постулатів, принципів та моделей. Першими такими моделями були планетарна модель Резерфорда й модель Томсона. Обидві передбачали, що до складу атома входять заряджені частинки, як позитивно, так і негативно заряджені. Які підстави були, щоби так думати?

Для того, щоби пояснити випромінювання світла, Лоренц розробив теорію, згідно з якою електромагнітне випромінювання виникає при коливаннях заряджених частинок всередині атома. Це підтвердилось у ході дослідження дії магнітного поля на атомні спектри (явище Зеємана). З іншого боку, Дж.Дж. Томсон з'ясував, що відношення заряду до маси e/m для вільних заряджених частинок у катодних променях, досить точно співпало зі значенням, яке отримав Лоренц у його теорії явища Зеємана. Томсон зробив висновок, що катодні промені – це потік вільних електронів (1897 р.). До цього часу були відомі явища термоелектронної та фотоелектронної емісії: метали при сильному нагріванні або освітленні короткохвильовим світлом випромінювали електрони. Отже, електрони входять до складу будь-яких атомів. Це означало також, що нейтральні атоми повинні мати позитивно заряджені частинки. Це припущення було підтверджено – позитивні йони були виявлені при дослідженні електричних зарядів у розріджених газах.

Планетарна модель і модель «пудинга» – системи заряджених частинок, які в цілому нейтральні. Яку гіпотезу прийняти як таку, що найближче відповідає дійсності?

Уявлення про атом як про систему заряджених частинок пояснювало можливість випромінювання атомом світлових хвиль. Причому в рамках теорії Лоренца обидві гіпотези (планетарна модель і модель Томсона) рівноправні: електромагнітне випромінювання виникає при коливаннях зарядів всередині атома.

Дослідження французьких вчених М. Склодовської-Кюрі і П. Кюрі, а також англійського хіміка Содді показали складну будову атомного ядра й остаточно спростували давніші уявлення про неподільність атома.

Модель атома Томсона дозволяла пояснити випромінювання, поглинання й розсіяння світла, у той час як планетарна модель Резерфорда мала істотні суперечності із класичною електродинамікою. Чи достатньо підстав, щоби прийняти модель Томсона? Не зважаючи на, задавалося б, очевидну відповідь на це питання, Резерфорд разом зі своїми співробітниками Гейгером та Марсденом, провели серію дослідів із розсіяння α -частинок, які мали несподівані результати. Для того, щоби перевірити розміри ядра (розмір локалізації позитивного заряду в атомі) Резерфорд разом зі своїм учнем Дарвіном провели додаткові дослідження: підраховували кутовий розподіл частинок, розсіяних точковим ядром – центром кулонівських сил. Результати дослідів досить точно співпали із теоретичними розрахунками й це дозволило, по-перше, стверджувати про малі розміри ядра (порівняно із розмірами атома), і, по-друге, довести, що закон Кулона справедливий не лише для точкових

зарядів макросвіту, а також для заряджених частинок мікросвіту.

Планетарна модель, як уже зазначалося, мала істотні суперечності із класичною електродинамікою Максвелла. Крім цього, планетарна модель не пояснювала експериментальні дані спектрів випромінювання. Згідно з теоретичними результатами частота обертання електрона навколо ядра мала б дорівнювати частоті випромінювання атома. Проте спектри випромінювання атома водню (емпіричні дані) і розрахунки частоти обертання електрона в атомі водню (теоретичні розрахунки моделі Резерфорда) не співпадали. Таким чином, у рамках моделі атома Резерфорда не можливо було пояснити стійкість атома і водночас наявність лінійчатих спектрів його випромінювання.

Отже, побудова та експериментальна перевірка гіпотетичної моделі атома Резерфорда є процесом висунення гіпотез, їх перевірки та виявлення нових проблем, що цілком вкладається в поперівський критичний раціоналізм, як рушій наукової думки.

Для впровадження компетентнісного підходу під час навчання квантової, атомної і ядерної фізики, нами було запропоновано нові методи навчання (які використовувались поряд із традиційними), що враховують особливості формування предметної компетентності, а саме її структуру. Науково обґрунтований добір і систематизацію методів навчання ми здійснювали відносно технологій навчання. З цією метою нами було проаналізовано логіку побудови навчальних технологій та враховано методичні особливості викладання відповідних розділів і тем квантової оптики та атомної і ядерної фізики. На підставі проведеного аналізу, в основу методичної системи формування предметної компетентності покладено технологію навчання квантової фізики, яка розроблена як симбіоз чотирьох груп технологій – технологій розвитку критичного мислення, інтерактивних технологій кооперативного навчання, технології мобільного навчання та змішаного навчання.

Таким чином, для розгортання навчального матеріалу відповідно до гіпотетико-дедуктивної моделі, окреслимо його змістове наповнення навколо таких «маркерів»:

- наявність проблеми або суперечності між усталеною теорією та новими емпіричними даними;
- необхідність пошуку та вибору гіпотези, яка відповідає певним критеріям (емпіричним даним) краще з-поміж інших;
- критика нової теорії та постановка на цій основі нової проблеми.

У розділі 4 «Реалізація методичної системи навчання квантової фізики в закладах загальної середньої освіти III ступеня» обґрунтовано технології навчання як складові методичної системи та відповідні методичні підходи до вивчення учнями квантової фізики.

Враховуючи, що в межах нашого дослідження вивчення відомостей квантової оптики, передбачає формування компетентностей (предметної та ключової компетентності «уміння вчитися»), а також критичного мислення як

наскрізного уміння, підкреслимо особливості реалізації гіпотетико-дедуктивної концепції в пропонованій методичній системі навчання квантової фізики в ліцеї.

Дедуктивні та індуктивні аспекти мисленнєвої діяльності індивідуума є одним із вирішальних рушіїв когнітивного розвитку і відіграють важливу роль у набутті ним навичок логічного мислення та в засвоєнні нового матеріалу. Використання індуктивного методу передбачає спочатку проведення спостережень та накопичення емпіричних фактів, а потім висунення на їх основі гіпотези. Натомість при використанні дедуктивного методу розпочинають із гіпотези, яка піддається всебічній критиці на основі спостережень або міркувань з опорою на фізичні закони, положення, принципи тощо. У другому випадку формулюванню гіпотези обов'язково має передувати чітко окреслена проблема, інакше втрачатиметься сенс у її висуненні. Індуктивний підхід необов'язково розпочинається із постановки проблеми, адже накопичення фактів і спостережень лише згодом може призвести до суперечності із раніше добутими дослідними даними. Коли потрібно розв'язати проблему (дати відповідь на запитання або розв'язати задачу) дедуктивний метод передбачає висунення гіпотези, а потім збирання фактів, які дозволять підтвердити або спростувати гіпотезу. Проте, важливою є не сама модель дедуктивного пізнання, а спосіб, у який вона здійснюється. Можна висунути яку завгодно гіпотезу й завжди знайти факти та інтерпретувати їх на її користь і звідси зробити хибний висновок про підтвердження гіпотези. Тому важливо при перевірці гіпотез застосовувати критичний раціоналізм – піддавати гіпотези критиці, спираючись на результати експерименту, застосовувати критичне мислення (мислення вищого порядку) для того, аби шукати не підтвердження, а спростування висунутій гіпотезі.

Реалізація гіпотетико-дедуктивної моделі дала можливість реалізувати технологію критичного мислення в навчальному процесі.

1. Постановка навчальної проблеми передбачає наявність суперечності між набутими знаннями учнів та новим навчальним матеріалом, який їм треба засвоїти. На нашу думку, у методичному сенсі доцільніше, якщо така суперечність буде виявлена на основі фізичної теорії, яка вивчається на адекватному рівні в закладах загальної середньої освіти III ступеня. Наприклад, така суперечність може бути знайдена в історичній ретроспективі становлення квантової теорії. Під час постановки проблемної ситуації, ми виходили із таких педагогічних умов: навчальна проблема має бути доступною для учнів; проблема за змістовим наповненням мусить міститися в межах сформованих знань учнів; розв'язання проблеми учнями має призводити до їхньої активної навчальної діяльності; проблеми, що пропонуються учням для розв'язання, мають відповідати навчальними цілями.

2. Висунення гіпотези, що має на меті розв'язати поставлену проблему. Формулювання гіпотези полягає в тому, що припускається існування причинно-наслідкового зв'язку між двома (або кількома) змінними. Сформулювати гіпотезу, означає вказати на причини, чому між змінними є зв'язок. Змінні

можуть приймати понад одне значення (необов'язково числові). Для того, щоби навчати учнів висувати та перевіряти (обирати) гіпотези, їхнє формулювання можна умовно розділити на кілька етапів:

- вибір змінних;
- введення робочих означень змінних;
- формулювання гіпотези як припущення про причинно-наслідковий зв'язок між кількома змінними.

Розроблену нами методику навчання учнів висувати гіпотезу умовно можна поділити на два етапи. Перший етап – учитель, використовуючи новий навчальний матеріал, показує хід міркувань для формулювання гіпотези. На другому етапі, під час викладу нового навчального матеріалу це саме виконують учні під керівництвом учителя. Згодом, коли вони набудуть стійких навичок із формулювання припущень, вони здатні самостійно висувати гіпотези. Покажемо це на прикладі вивчення явища зовнішнього фотоефекту. Учитель починає урок зі структурованого огляду – короткого повідомлення, щоби підготувати учнів до сприйняття нової теми та підвищити зацікавленість. Далі він із допомогою фізичного експерименту демонструє явище фотоефекту: до електрометра приєднали ретельно зачищену цинкову пластину, яка заряджена негативно. Якщо пластину освітлювати електричною дугою або ртутно-кварцовою лампою, то стрілка електрометра спадає. Учитель пропонує учням відповісти на три запитання: 1. Про що свідчить рух стрілки електрометра? 2. Пластина мала надлишок чи недостачу електронів до освітлення? 3.Що можна сказати про кількість електронів на пластинці після її освітлення?

Свої припущення учні мають обговорити між собою і висловити міркування щодо побаченого. У результаті такого обговорення вони приходять до висновку, що рух стрілки електрометра свідчить про те, що пластина швидко розряджається; оскільки пластина спочатку була заряджена негативно, отже, надлишок електронів на пластині зменшився. Після цього вчитель пропонує учням зробити припущення, яке дасть змогу пояснити, чому електрометр розряджається, коли його освітлюють світлом, або куди поділися надлишкові електрони, коли пластинку опромінювали? Для того, щоби сформулювати гіпотезу, учням пояснюють, що вони мають поступово висловити припущення, зробивши кілька передбачень (кроків). Найперший із них – визначення змінних. Змінні можуть бути залежними й незалежними. Залежні – це ті, які обираємо ми (залежать від нашого вибору). Незалежні – це ті, які не залежать від нашого вибору. Наприклад, у розглянутому вище досліді розрядження пластини – це незалежна змінна. Вона може приймати два значення – «пластина розряджається» або «пластина не розряджається». Залежні змінні ми обираємо на власний розсуд. Наприклад, можна змінити частоту світла або змінити заряд пластини й подивитись, що відбудеться зі змінною. Отже, змінюючи залежні змінні, спостерігаємо, що відбувається із незалежною змінною («розрядження пластини»), які значення вона приймає («розряджається» або «не розряджається»).

У цьому випадку маємо дві змінні: розрядження пластини й освітлення пластини світлом. Дослідом встановлено, що між ними є причинно-наслідковий зв'язок. З врахуванням вище викладеного, можна формулювалося таке припущення: світло «вибиває» електрони з поверхні пластини, унаслідок чого вона розряджається. Отже, сформульоване припущення пояснює дослід, який спостерігали учні. Водночас його слід піддати критичному аналізу й переконатися, що воно достатньою мірою пояснює зв'язок між змінними.

На такому найпростішому прикладі учитель демонстрував, як саме можна висувати припущення. Проте таке припущення про причини розрядження освітленої пластини не можна вважати гіпотезою, оскільки вона має стосуватися положень теорії. Такі припущення мають пропедевтичний характер, але формулювання гіпотези повинно «працювати» для пояснення нових явищ. Далі, вивчаючи фотонну теорію світла, учні разом з учителем формулювали кілька нових гіпотез, що стосувалися цієї теорії, що відповідало гіпотетично-дедуктивній моделі вивчення елементів теорії.

3. Раціональне оцінювання і критичний аналіз гіпотези та її вибір із поміж інших. Тепер сформульоване раніше припущення, яке враховує зменшення заряду пластини при освітленні її світлом, слід піддати критичному аналізу. Раціональне оцінювання та критика гіпотези – важливий етап із формування навичок критичного мислення, оскільки саме під час перевірки гіпотези відбувається включення «механізмів» критичного мислення. Тому зазначимо спочатку низку істотних моментів щодо даного етапу. Перевірити гіпотезу означає довести наявність при чинно-наслідкового зв'язку між змінними величинами. Якщо маємо дві або більше гіпотез, то обираємо саме ту, для якої такий зв'язок вдається довести з опорою на фізичні закони та закони логіки. Важливим чинником є пошук фактів, які її спростовують. У науковому пізнанні цей процес досить складний і подекуди тривалий – можуть пройти роки, навіть десятиріччя, поки вчені встановлять новий емпіричний факт, що спростовує раніше нібито підтвержену гіпотезу. Проте, у навчальному процесі можна дібрати та сформулювати гіпотези так, щоби показати, яким чином пошук нових фактів, ідей та висновків із теорії може привести до спростування певних гіпотез, покладених в основу теорії, які раніше вважались такими, що найкраще пояснювали механізм перебігу того чи іншого фізичного явища або розкривали сутність певних закономірностей у межах певної теорії. Здійснити це можна, по-перше, з опорою на історію відкриття фізичного закону або явища; по-друге, через навчання учнів мислити критично. Тому під час дискусій або застосування інших інтерактивних технологій навчання варто акцентувати увагу учнів на умінні застосовувати закони фізики й закони логіки для критичного аналізу положень теорії. Зазвичай спираються на чотири основні закони логіки: закон тотожності, закон несуперечності, закон виключення третього й закон достатньої підстави.

Перевірка та критичний аналіз гіпотези відбувався в три етапи:

1. Вибір способу вимірювання змінних.
2. Застосування принципів ізоляції та контролю.

3. Висновок про існування (або відсутність) причинно-наслідкового зв'язку між змінними (кореляція і причинний зв'язок). У досліді із цинковою пластиною змінними величинами є заряд пластини та її освітлення. Згідно першого пункту обирали спосіб визначення змінних. Учитель пояснював, що заряд на пластинці можна оцінити за допомогою електрометра, оскільки не потрібно точно знати його значення, а лише факт зміни величини заряду. Освітлення можна характеризувати різними фізичними величинами – частота, інтенсивність, світловий потік. Наприклад, якщо прийняти за визначення змінної світловий потік, то відповідно збільшуючи або зменшуючи світловий потік і спостерігаючи як це впливає на швидкість розрядження пластини, можна прийти до висновку, що збільшення світлового потоку призводить до пришвидшення розрядження пластини. Наступний крок – застосування принципів ізоляції та контролю. Суть даного підходу полягає в тому, щоби виключити інші змінні окрім двох – освітленість та розрядження пластинки. Для цього проводили евристичну бесіду або застосовували технології кооперативного навчання для обговорення та запитань: чи впливають інші чинники на розрядження пластинки? Чи впливає на перебіг фотоефекту частота світла? Величина світлового потоку? Інтенсивність випромінювання? Учням пропонували змінити експеримент з освітленням пластини таким чином, щоби з'ясувати відповіді на поставлені запитання. Зрештою під час обговорення виникала ідея нового досліду: освітити пластину, яка має позитивний заряд. Якщо заряд не спадатиме, то це буде свідчити, що висунута гіпотеза правильна й під дією світла саме електрони вириваються з металу.

Останній крок – висновок про існування причинно-наслідкового зв'язку. Такий зв'язок у даному випадку існує між освітленням пластинки та вириванням електронів.

4. Формулювання положень (постулатів) нової теорії. Аналогічним чином, висуваючи гіпотези щодо пояснення фотоефекту, доцільно пояснювати механізм його перебігу. Спираючись на підтвердження цих гіпотез, можна сформулювати основні положення теорії фотоефекту: 1. Кількість електронів, вирваних світлом із поверхні металу за 1 с, прямо пропорційна поглинутій енергії світлової хвилі. 2. Максимальна кінетична енергія фотоелектронів зростає лінійно з частотою світла й не залежить від його інтенсивності. При цьому зверталась особлива увага учнів на принцип ізоляції – для встановлення функціонального зв'язку між двома змінними, треба щоби інші змінні були фіксованими. Наприклад, зв'язок між частотою світла й максимальною кінетичною енергією фотоелектронів слід досліджувати для однакових металів, щоби виключити зв'язок між частотою світла й роботою виходу електрона з поверхні металу. Також, щоби показати незалежність кінетичної енергії від інтенсивності світла, учням пояснювали, що незмінною слід залишати частоту світла й матеріал металу.

5. Раціональна критика нової теорії.

Критика теорії схожа на етап раціональної критики гіпотези. Це важливий етап має привчати учнів до того, що прийняття гіпотези не означає її остаточну

істинність, яка вже не підлягає сумніву. Навпаки, вчені завжди готові під впливом нових фактів замінити гіпотезу або удосконалену теорію. Тому піддаючи критиці теорію, з'являється можливість показати межі її застосування.

6. З'ясування наукових проблем нової теорії, можливі варіанти їх усунення Після того, як основні положення теорії з'ясовані, варто запропонувати учням з'ясувати ті питання, які теорія не здатна пояснити. Наприклад, чи може фотонна теорія світла пояснити явища дисперсії, інтерференції, дифракції? І навпаки, спробувати пояснити явище фотоефекту на основі хвильової теорії. У методичному контексті останній пункт розглядуваної схеми вивчення фізичної теорії дає можливість логічно перейти до вивчення наступних тем квантової теорії, зокрема при вивченні будови атома.

Таким чином, критичне мислення як наскрізне вміння в різних його інтерпретаціях і моделях може бути представлено як педагогічна технологія, що забезпечує компетентнісний підхід у навчанні фізики. У її складі присутні цілі, які відображають знаннєвий компонент, практичні уміння й навички, досвід застосування набутих знань і вмінь у життєвих ситуаціях, нарешті, ціннісні ставлення, сформовані в освітньому процесі.

Історія становлення та розвитку теорії будови атома, відкриття законів за якими відбувається рух електронів в електронних оболонках атомів, як найкраще підходять для демонстрації розвитку фізичної науки з позицій критичного раціоналізму, а відтак – дозволяють формувати в учнів навички критичного мислення. Вивченню відомостей про будову атома в курсі фізики закладів загальної середньої освіти III ступеня передують ознайомлення учнів з ідеєю атомно-молекулярного вчення, якою пронизаний увесь курс фізики загальної середньої освіти. Учням власне відома складна будова атома та прояв цієї структурної організації у фізичних та хімічних явищах, що вивчалися в курсі фізики та хімії. У зв'язку з цим, під час розроблення методичної підсистеми вивчення будови атома, був зміщений фокус із формування знань цієї теорії, на застосування методологічного наукового інструментарію так, щоби показати учням, як теорія утворюється й розвивається в ході відповідних етапів її побудови.

В ході дослідження розроблено два методико-методологічних концепти щодо вивчення будови атома. *Перший підхід* заснований на індуктивно-емпіричній моделі навчального процесу, що передбачає таку послідовність викладання навчального матеріалу:

- накопичення емпіричних фактів, які входять у суперечність із положеннями традиційної (класичної) теорії;
- формування гіпотези, яка дозволить пояснити нові факти;
- розроблення на основі підтвердженої гіпотези математичної моделі та її експериментальна перевірка;
- формулювання положень теорії та її наслідків;
- експериментальна перевірка цих наслідків (верифікація теорії).

Описана послідовність близька до гносеологічного циклу суспільно-історичного процесу наукового пізнання: *наукові факти – проблеми – гіпотези – теоретичні висновки, верифікація положень теорії*. Такий підхід у методичній площині першість віддає експерименту, яким розпочинається вивчення відомостей про теорію будови атома й ним же завершується. Тут маємо віддзеркалення ходу досліджень, що були загальноприйнятим у класичній фізиці, тому це може застосовуватись в адекватній формі в навчальному процесі для вивчення класичних або напівкласичних теорій. Теорію Бора традиційно розглядають як напівкласичну, оскільки її математичне обґрунтування частково засновано на положеннях класичної фізики, а відтак теорію будови атома водню можна вивчати за описаною вище методико-методологічною моделлю. У методичному аспекті перевагою цього підходу є його відповідність філософії класичної фізики, коли спочатку створювали теоретичну модель на основі накопичених нових емпіричних даних, потім з'ясовувались зв'язки між фізичними величинами у вигляді математичних рівнянь, які зрештою перевірялись експериментально. Учні на момент вивчення будови атома в закладах загальної середньої освіти III ступеня вже знайомі з класичним підходом, оскільки саме в такому методологічному контексті вивчались класична механіка Ньютона, теорія всесвітнього тяжіння, молекулярно-кінетична теорія речовини та ін. Недоліком індуктивно-емпіричної схеми є вивчення теорії Бора як напівкласичної. Класичний підхід більш зрозумілий учням у силу своєї наочності та логіки викладу навчального матеріалу (про яку вже йшлося вище). Однак квантова теорія заснована на кардинально новій методології наукових досліджень, що передбачає когнітивне оброблення нових об'єктів, які неможливо унаочнити не лише внаслідок їх складної ієрархії в системі наукових понять, що мають складний математичний апарат опису, а й внаслідок нової посткласичної методології досліджень, яка набула широкого застосування під час створення квантової механіки. Характерною ознакою нового підходу є зміна напрямку наукового дослідження. Так, згідно з класичним уявленням, спочатку створювали математичну модель, яку перевіряли експериментально. У сучасній фізиці існує й інший підхід, який став загальноприйнятим: спочатку, без опори на експеримент, створюється система рівнянь, яка підпорядковується такій логіці. Рівняння добираються на основі екстраполяції таким чином, щоб здобути нові співвідношення, які будуть відповідати новим емпіричним даним. Для цього рівняння інтуїтивно видозмінюють, навіть запозичують рівняння із суміжних галузей фізичної науки, вносять відповідні коефіцієнти та наповнюють новим змістом фізичні величини, що входять до цих рівнянь. Проте, такий підхід важко застосувати в шкільній фізиці навіть у зміненому та пристосованому до навчальних умов вигляді. Тому нами було з описаного методологічного прийому запозичено лише ідею — не давати учням готових знань, скеровувати процес пізнання таким чином, щоб учні шляхом припущень та їх спростування приходили до необхідних висновків. Інструментарієм, який дозволив це здійснити без спотворення логіки викладу навчального матеріалу, стала концепція

критичного мислення. Таким чином, ми прийшли до необхідності застосування *критичного раціоналізму*, основна ідея якого полягає не в застосуванні індукції як панівного методу пізнання від окремих емпіричних фактів до узагальнень та не в застосуванні дедукції, як методу просування від загальних і очевидних положень «чистого розуму» до часткових випадків, а шляхом проб і помилок, висунення гіпотез та їх спростувань чи підтвердження на основі раціональної критики. У філософській літературі (в гносеології), описаний підхід отримав назву гіпотетико-дедуктивний. Підкреслимо, що в розроблюваній нами методичній системі, методи індукції та дедукції не відкидаються, а застосовуються як методи пізнання в технології критичного мислення. Тому застосований нами підхід поєднує емпірично-індуктивний та гіпотетико-дедуктивний підходи.

Таким чином, *другий підхід*, розроблений нами в рамках пропонованої методичної системи, передбачає залучення *дедуктивно-гіпотетичного* підходу та визначає таку послідовність вивчення відповідного навчального матеріалу:

- постановка проблеми;
- висунення гіпотези, за допомогою якої можна розв'язати навчальну проблему;
- критичний аналіз гіпотези;
- формулювання положень теорії;
- критичний аналіз та постановка нової проблеми, що впливає із положень теорії.

У розділі 5 «Експериментальне дослідження методичної системи навчання квантової фізики учнів у закладах середньої освіти III ступеня» представлено результати перевірки методичної системи навчання квантової фізики в ліцеї. Запропонована методична система забезпечує процес засвоєння навчального матеріалу розділів «Хвильова і квантова оптика» (у частині квантової оптики), «Атомна і ядерна фізика» в закладах загальної середньої освіти III ступеня. Пропонована методична система має на меті формування предметної компетентності з фізики (з відповідних розділів). Тому, одним із головних завдань експерименту було перевірка ефективності пропонованої методичної системи з формування предметної компетентності з квантової фізики.

Оскільки предметна компетентність із фізики складне поняття, то рівні її сформованості мусять відповідати внутрішній структурі та логіці взаємозв'язку її компонентів. Тому при визначенні сформованості фізичної компетентності, необхідно діагностувати сформованість кожного складника предметної компетентності. Більшість вчених сходяться на більш-менш узгодженому переліку таких критеріїв, а також положенні, що вибір критеріїв має відповідати структурі предметної компетентності та віддзеркалювати стан сформованості кожного компонента. Відповідно до цієї тези, а також враховуючи визначену нами структуру предметної компетентності з фізики, критеріями її сформованості нами було обрано: мотиваційний, когнітивний,

діяльнісний та особистісний критерії. Оскільки в межах нашого дослідження вивчення фізики стосувалося відомостей про квантову теорію та будову атома й атомного ядра, було уточнено критерії сформованості предметної компетентності з фізики в частині квантової фізики (елементів квантової теорії світла) та будови атома й атомного ядра.

Показники мотиваційного критерію свідчать про стійкий позитивний інтерес до вивчення фізики, зокрема, відомостей із квантової теорії та будови атома; прагнення учнів до отримання знань із фізики, а саме відомостей про квантову оптику, будову атома, елементи квантової механіки, відомостей про будову атомного ядра, елементарні частинки; прагнення самостійно використовувати отримані знання з фізики в навчальній та позанавчальній діяльності. Проведені нами опитування серед учнів свідчать, що учні із високим рівнем мотивації цікавляться не власне квантовою теорією, а її здобутками в суміжних галузях науки й технологій — робототехніці, цифрових технологіях (квантовий або фотонний комп'ютер), астрофізиці (гіпотези про: будову Всесвіту, чорні діри, приховану матерію космосу тощо). Вибір показників когнітивного компонента був обумовлений тим, що: предметна компетентність із фізики, зокрема, з квантової фізики передбачає набуття учнями умінь використовувати набуті ними знання в нестандартних ситуаціях, знаходити альтернативні способи розв'язання навчальних проблем, уміння в новий спосіб діяти у вже відомих ситуаціях, але із застосуванням нових знань, отриманих на уроках фізики; здійснення навчальної діяльності, орієнтованої на виконання фронтальних лабораторних робіт, розв'язування фізичних задач, обговорення питань у групах, пошук спільних ідей та думок, критичний аналіз положень теорій або моделей, зокрема, борівської моделі атома водню, формулювання гіпотез — усе це вимагає від учнів уміння володіння навчальним матеріалом неформально, коли треба застосувати отримані знання залежно від контексту. Показниками діяльного компонента предметної компетентності було обрано уміння розв'язувати та складати фізичні задачі, уміння аналізувати життєві ситуації в яких застосовують знання з фізики, критично оцінювати інформацію під час її пошуку за різними джерелами та в мережі інтернет. Показниками особистісного компонента предметної компетентності було обрано інтерес до вивчення відомостей із квантової оптики, будови атома та ядра, елементарних частинок; уміння працювати в групі (здатність уважно слухати, доходити до спільної думки під час обговорення); уміння вести дискусію (грамотно ставити запитання, уважно слухати опонента, приймати думку опонента на підставі нових фактів); уміння здійснювати рефлексію.

Експериментальна робота полягала в організації вивчення учнями квантової оптики та фізики атома (ядерної фізики) у закладах загальної середньої освіти III ступеня з урахуванням розробленої методичної системи на основі сучасних технологій навчання.

Мета експерименту – перевірити ефективність запропонованої методичної системи з формування предметної компетентності учнів 11-класів в частині

квантової фізики відповідно до діючих навчальних програм.

Основні завдання педагогічного експерименту визначалися метою дослідження. Для досягнення мети експерименту необхідно було виконати такі дії:

1) визначити стан проблеми з вивчення квантової фізики у закладах загальної середньої освіти III ступеня;

2) шляхом педагогічного проектування розробити: методичну систему навчання квантової фізики, яка ґрунтувалась на навчальній діяльності старшокласників, що спрямована на опанування ними предметною компетентністю з фізики, а також відповідний комплекс завдань, важливих для формування в учнів ключових та предметної компетентностей, здатності до критичного мислення;

3) розробити методичний супровід із вивчення учнями розділів «Хвильова та квантова оптика», «Атомна і ядерна фізика», «Елементарні частинки»;

4) перевірити доступність розроблених критеріїв предметної компетентності віковим та індивідуальним особливостям і рівню підготовки респондентів;

5) перевірити вплив застосування сучасних технологій навчання (технології розвитку критичного мислення,) на ефективність процесу формування в учнів предметної компетентності з фізики у частині квантової фізики;

б) сформулювати висновки щодо ефективності методичної системи з формування компетентностей учнів закладів середньої освіти III ступеня.

Дослідження здійснювалось у чотири етапи:

I-й етап (2011–2012 н. р.) вивчення й аналіз психолого-педагогічної, філософської, методичної літератури з питань профільної освіти, методики вивчення квантової фізики, методології сучасної фізики, питань системно-структурного аналізу побудови шкільного курсу фізики, логіко-методологічного аналізу змісту понять квантової фізики й теорії поля; обґрунтування профільного підходу до розроблення змісту технологічної (профільної та професійної) підготовки учнів 10–11 класів загальноосвітньої школи до майбутньої діяльності як у сфері виробництва так і інших загальних напрямках життєдіяльності людини. Уточнення теми та конкретизація завдань дослідження, а також добір бази й підготовка необхідних матеріалів для дослідно-експериментальної роботи.

II-й етап (2012–2013 р.р.). Розроблення експериментальної методичної системи вивчення квантової фізики та будови атома для учнів 11 класів загальноосвітніх навчальних закладів, що навчаються за рівнем стандарту та профільним рівнем. Дослідно-експериментальна робота в загальноосвітніх навчальних закладах III ступеня з метою перевірки доступності та уточнення змісту пропонованої методичної системи. Аналіз результатів апробації, формулювання висновків даного аналізу, доопрацювання змісту методичної системи, і зокрема розроблення її варіативної частини для профільного рівня,

повторна перевірка рівня її ефективності.

III-й етап (2012–2015 р.р.). Розроблення експериментальної методики для організації компетентісно орієнтованої навчальної діяльності старшокласників на уроках фізики, а також робота з учителями на семінарах і практикумах із метою апробації розробленої методичної системи й методики її впровадження, коригування та уточнення її структури, змісту на рівні стандарту відповідно до навчальних програм. За результатами даного етапу експериментальної роботи, опубліковані статті у фахових виданнях.

IV-й етап (2016–2019 р.р.). Впровадження розробленої методичної системи навчання квантової фізики в практику загальноосвітніх шкіл та гімназій України. Перевірка елементів застосування сучасних педагогічних технологій, і зокрема сучасних технологій навчання квантової фізики в даних школах. Дослідження ефективності впровадження розробленої методичної системи з формування компетентностей у навчанні старшокласників на рівні стандарту. Порівняння результатів дослідження на різних етапах експериментальної роботи, узагальнення основних результатів дослідження, формулювання висновків, наукове та літературне оформлення тексту дисертації. Аналіз, узагальнення та оформлення результатів дослідження.

У ході педагогічного експерименту використовувались такі методи:

1. Анкетування та бесіди з вчителями.
2. Спостереження з ходом навчального процесу та за діяльністю учнів на уроках фізики.
3. Бесіди з учнями та коротке їх опитування під час виконання практичних завдань.
4. Рефлексивний аналіз учнями навчальної діяльності за результатами експериментального навчання.
5. Рефлексивний аналіз учителів власної діяльності при застосуванні відповідних технологій навчання (мобільне навчання, змішане навчання тощо).
6. Статистичне опрацювання результатів педагогічного експерименту.
7. Аналіз контрольних та самостійних робіт учнів на предмет опанування відповідними компетентностями.

Педагогічний експеримент проводився на базі: закладів загальної середньої освіти Глухівського району Сумської області; Глухівської загальноосвітньої школи I-III ступенів № 3 Глухівської міської ради Сумської області; Уманської загальноосвітньої школи I-III ступенів № 9 Уманської міської ради Черкаської області; НВК «Уманської міської гімназії – школи естетичного виховання» Уманської міської ради Черкаської області; Уманського професійного аграрного ліцею; комунального закладу «Луцька загальноосвітня школа I-III ступенів № 23 Луцької міської ради»; державного навчального закладу «Гушинецьке вище професійне училище» Вінницької обласної державної адміністрації; Полтавської гімназії № 17 Полтавської міської ради Полтавської області; комунальної обласної спеціалізованої школи-

інтернату II-III ступенів із поглибленим вивченням окремих предметів «Багатопрофільний лицей для обдарованих дітей» Чернівецької обласної державної адміністрації. Експериментом було охоплено 479 учнів, що вивчали фізику у закладах загальної середньої освіти III ступеня.

Результати експериментального навчання за визначеними критеріями подані на рис. 1. Істотною для дослідження була статистична перевірка характеру відмінностей у розподілах учнів контрольної та експериментальної вибірок. Для порівняння рівня навчальних досягнень учнів експериментальних і контрольних класів використовували критерій Пірсона. Для цього було сформульовано дві гіпотези:

H_1 : відмінність в оцінках, отриманих за контрольну роботу учнями експериментальних і контрольних класів та відповідне підвищення кількості учнів із продуктивним і частково-продуктивним рівнем навчальних досягнень, викликана випадковими величинами; насправді рівень знань умінь і навичок учнів обох груп загалом однаковий; ця умова справедлива, якщо $\chi_{\text{екс}}^2 > \chi_{\text{кр}}^2$.

H_2 : рівні виконання контрольних робіт у двох групах учнів різні, і ця різниця визначається впливом, який справляє на підвищення якості предметної компетентності, та відповідної методики формування знань, умінь, здатності учнів до використання під час роботи над проблемними завданнями власного досвіду і знань з основ наук, уміння критично мислити; зазначена умова справедлива якщо $\chi_{\text{екс}}^2 > \chi_{\text{кр}}^2$.

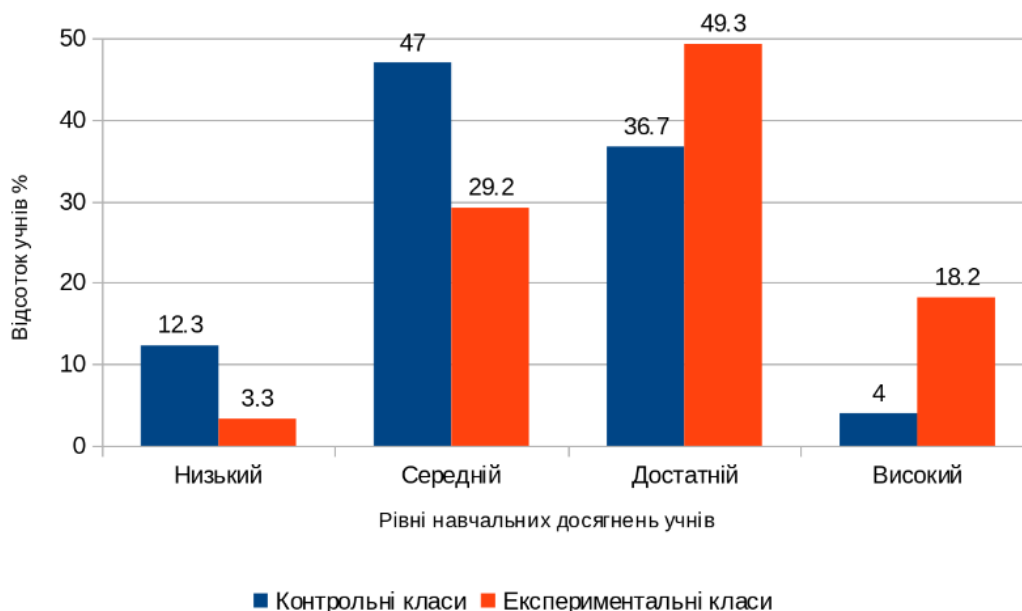


Рис. 1. Діаграма розподілу учнів за рівнями навчальних досягнень в експериментальних та контрольних класах

$$\chi^2 = \frac{1}{n_1 n_2} \sum_{i=1}^c \frac{(n_1 Q_{2i} - n_2 Q_{1i})^2}{Q_{1i} + Q_{2i}}$$

де n_1 і n_2 — обсяги вибірок (n_1 — кількість учнів у експериментальних класах; n_2 — кількість учнів у контрольних класах);

Q_{1i} — число об'єктів першої вибірки, що потрапили в i -ту категорію;
 Q_{2i} — число об'єктів другої вибірки, що потрапили в i -ту категорію;
 c – кількість категорій, на які розбито вибірки (в даному випадку $c = 4$);

Одержане значення за наведеною вище формулою $\chi^2_{\text{екс}} = 10,8$ ($\chi^2_{\text{екс}} > \chi^2_{\text{кр}}$) дає нам підстави відхилити гіпотезу H_1 та прийняти іншу – H_2 ; рівні виконання контрольних робіт у двох групах різні, що спричинене впливом застосування пропонованої методичної системи навчання учнів. Оцінювання динаміки кількісних показників розподілу учнів за раніше розробленими рівнями (високий – продуктивний; середній – частково-продуктивний; недостатній – репродуктивний) показало, що в процесі навчання відбувається їх перерозподіл. За результатами впровадження нами письмових робіт, результати рівнів оцінювання якості знань учнів в експериментальній вибірці виявилися вищими, ніж у контрольній, що представлено на діаграмі (рис. 1).

Порівнюючи результати контрольних робіт експериментальних і контрольних класів, приходимо до висновку, що якість практичних умінь і набутих знань учнів, що відповідає достатньому та високому рівню навчальних досягнень у експериментальних класах становить 67,5 %, тоді як у контрольних класах – 40,7 %, що підтверджує ефективність застосування розробленої нами методичної системи формування компетентностей учнів у закладах загальної середньої освіти III ступеня.

Таким чином, результати педагогічного експерименту довели, що навчання учнів квантової фізики й будови атома за різними профілями, буде ефективною за умови реалізації в навчальному процесі методичної системи компетентісно орієнтованого навчання квантової фізики в ліцеї на засадах компетентісного підходу з використанням інноваційних освітніх технологій. Опановування учнями в першу чергу способами (уміння віднаходити інформацію, ставити запитання, критично мислити тощо) діяльності й технологіями пошуку та практичного використання знань позитивно впливає на рівень сформованості їх предметної компетентності з фізики, зокрема квантової фізики. Результати теоретичного та експериментального навчання повністю підтверджують правомірність висунутої гіпотези і свідчать про практичне значення розробленої методичної системи навчання квантової фізики в закладах середньої освіти III ступеня.

ВИСНОВКИ

Результати проведеного теоретичного та експериментального дослідження підтвердили гіпотезу дослідження й дали підстави для таких висновків:

1. Аналіз філософсько-методологічних аспектів проблем навчання фізики в закладах загальної середньої освіти показав, що традиційно логіка вивчення відомостей із квантової теорії відповідала філософській концепції емпіризму. Виклад навчального матеріалу розпочинався й завершувався експериментом:

вихідні експериментальні факти – теоретична модель – наслідки – експериментальна перевірка наслідків. Ця концептуальна циклічна модель докладно досліджена і втілена в шкільну практику, добре себе зарекомендувала в закладах загальної освіти II ступеня, наприклад, при вивченні положень атомно-молекулярного вчення, а також в окремих випадках у ліцеях, наприклад, при викладі основ молекулярно-кінетичної теорії будови речовини. Проте, у процесі вивчення квантової фізики, з'являються методичні та методологічні труднощі, які вирішити в межах емпірично-індуктивного підходу практично неможливо. Відмова від емпірично-індуктивної моделі викладу відомостей про будову речовини призвели до пошуку інших підходів до навчання фізики, зокрема впровадження технології формування критичного мислення в учнів при вивченні квантової теорії. Вибір квантової теорії зумовлений тим, що методологія сучасної фізики більшою мірою сформована квантовою фізикою та фізикою високих енергій. Віддзеркалення в адекватній формі основних методологічних ідей сучасної фізичної науки, дозволило розв'язати проблему недосконалості (з погляду методики) емпірично-індуктивного підходу.

2. Уперше визначено основні концептуальні засади навчання квантової фізики, що відповідають сучасним тенденціям розвитку фізичної освіти в загальноосвітній школі: переорієнтація освітніх систем із формування фізичних знань, умінь і навичок на формування компетентностей; превалювання у вивченні квантової фізики інтеграції наук, що є наслідком посилення ідеї еволюціонізму, яка останнім часом набула помітного впливу на наукову картину світу; посилення системного підходу у вивченні квантової фізики; у вивченні квантової фізики починають переважати відомості про сучасні технології (інформаційні технології, нанотехнології, технології передачі інформації тощо).

3. Уперше обґрунтовано технологію змішаного навчання, що реалізована через інтеграцію двох моделей: «електронне навчання доповнює аудиторне» (face-to-face driver) та «чергування електронного і традиційного» (rotation). У якості LMS (Learning Management System) обрано платформу засновану на хмарній технології Google Classroom в рамках сервісу G Suite for Education. Classroom дозволяє застосовувати мобільне навчання на вищому рівні з погляду технологічності та застосування сучасних засобів навчання на кшталт хмарних технологій. За допомогою Classroom мобільне навчання стає не лише методичним підходом із застосування мобільних пристроїв та відповідних доданків, а технологією, що має всі ознаки технологічності навчального процесу: цілі, які віддзеркалюють знаневий компонент, практичні уміння й навички, досвід застосування набутих знань і вмінь у життєвих ситуаціях, ціннісні ставлення, сформовані в освітньому процесі та наперед запланований результат навчання.

4. Досліджено методичні аспекти організації навчальної діяльності учнів у контексті компетентнісного підходу. У рамках представленої методичної системи запропоновано таку структурно-логічну схему поняття «освітня

компетентність»: 1) наукове поняття (або система понять); 2) предметні навички і вміння, пов'язані з відповідним фізичним поняттям (чи системою понять) у виконанні практичних завдань; 3) досвід учня з оперування даним поняттям або системою понять у виконанні практичних завдань; 4) ціннісне ставлення учня до системи набутих понять. На основі наведеної структури було розроблено методичну систему навчання елементів квантової фізики для різних профілів не лише через різне змістове навантаження, зокрема підвищення рівня математичного апарату, вищий рівень наукових понять, що вивчаються, а через особистісно орієнтоване знання та ціннісне ставлення й готовність старшокласників використовувати здобуті знання.

Деякі українські та закордонні дослідники розмежовують поняття «компетенція» та «компетентність», розглядаючи їх як окремі категорії (І.В. Бургун, О.М. Ніколаєв, А.В. Хуторської та ін.). «Компетенція» включає певну кількість якостей особистості, що задаються як критерії у відношенні до певного кола предметів та процесів у відповідних нормативних документах. Натомість поняття «компетентність» має відношення до реального володіння на практиці вказаними в компетенціях знаннями, вміннями й навичками, включаючи особистісне ставлення індивідууму до предмета його діяльності. Отже, навчальна компетентність може відрізнитися від компетенції залежно від успішності впровадження методичних шляхів її формування в учнів і, у цьому сенсі не є інваріантною відносно методичної системи навчання фізики. Тому поділ на «компетенцію» й «компетентність» є недоречним у рамках методичної системи навчання квантової фізики, оскільки питання компетентнісного підходу ми розглядали суто на рівні відповідних технологій та методів навчання.

5. Уперше доведено, що для успішного формування знань із квантової фізики слід використовувати гіпотетико-дедуктивний підхід, який у філософському контексті спирається на критичний раціоналізм. За цієї умови доцільнішою є така гіпотетико-дедуктивна модель: *Проблема – Гіпотеза – Раціональна критика – Вибір гіпотези – Раціональна критика нової теорії – Нова проблема*. Доведено, що нова логіко-структурна модель в межах технології навчання квантової фізики орієнтує на методику навчання квантової фізики, за якої демонстраційний експеримент та використання наочностей покликано не для накопичення чуттєвого досвіду, як при емпірично-індуктивному навчанні, а для збагачення процесу раціональної критики для перевірки гіпотез.

6. Уперше запропоновано методичну систему навчання квантової фізики в ліцеї, що ґрунтується на теоретичній моделі та дидактичному проєкті, який реалізує модель на практиці. Теоретична модель відповідає таким критеріям: цілепокладання; напрямленість; технологічність; методологічність. Цілепокладання передбачає кілька етапів: визначення декларативної мети – формування компетентностей на основі технології розвитку критичного мислення; формулювання конкретної мети – формування предметної компетентності з квантової фізики, ключової компетентності уміння навчатись

упродовж життя та наскрізного уміння критично мислити; добір технологій навчання відповідно до обраних цілей (декларативної та конкретної): інтерактивні технології кооперативного навчання; технологія розвитку критичного мислення; технологія мобільного навчання; технологія змішаного навчання. Напряменість методичної системи визначає вибір відповідної стратегії навчання: заміна знаннєвої парадигми орієнтацією на компетентнісний підхід, що реалізується через застосування відповідних технологій навчання та врахування парадигми критичного раціоналізму. Технологічність методичної системи забезпечується, по-перше, застосуванням вище згаданих компетентнісно орієнтованих технологій навчання; по-друге, через розроблену *технологію проектування* підсистеми з формування предметної компетентності з квантової фізики. З цією метою визначено змістову компоненту предметної компетентності в частині квантової фізики; визначено функції компетентностей у навчанні квантової фізики; визначено структуру навчальної компетентності з квантової фізики (назва, тип, об'єкти, способи діяльності відносно обраних об'єктів); визначено дерево компетентностей. Критерій «методологічність методичної системи» означає її відповідність сучасним методам дослідження фізичної науки, які концептуально відповідають ідеям критичного раціоналізму, а в методичній площині реалізуються через гіпотетико-дедуктивну модель навчання.

7. Реалізація гіпотетико-дедуктивної моделі як дидактичного проєкту методичної системи навчання квантової фізики відбувалась у такій послідовності: постановка навчальної проблеми; висунення гіпотези відносно навчальної проблеми; раціональне оцінювання і критичний аналіз гіпотези та її вибір з-поміж інших; формулювання положень нової теорії; раціональна критика нової теорії; з'ясування наукових проблем нової теорії, можливі варіанти їх усунення. Практична реалізація індуктивно-емпіричної моделі відбувалась таким чином: накопичення емпіричних фактів, які входять у суперечність із положеннями традиційної (класичної) теорії; формування гіпотези, яка дозволить пояснити нові факти; розроблення на основі підтвердженої гіпотези математичної моделі та її експериментальна перевірка; формулювання положень теорії та її наслідків; експериментальна перевірка цих наслідків.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографії

1. Терещук С.І. Теоретико-методичні основи навчання квантової фізики в старшій школі: монографія / С.І.Терещук; МОН України, Уманський держ. пед. ун-т ім. Павла Тичини. – ВПЦ «Візаві», 2018. – 286 с.

Навчально-методичні посібники

2. Терещук С.І. Технологія розвитку критичного мислення на уроках фізики (Квантова оптика. Фізика атома та атомного ядра): методичний посібник / С.І. Терещук; МОН України, Уманський держ. пед. ун-т ім. Павла Тичини. ВПЦ «Візаві», 2019. 110 с.

3. Терещук С.І., Миколайко В.В. Збірник задач із фізики. Квантова фізика. Фізика атома, атомного ядра й елементарних частинок. Умань, 2016. – 44 с.

Статті в наукових фахових виданнях

4. Сергій Терещук. Вивчення поняття «енергія» за новими навчальними програмами з фізики для 12-річної школи. *Фізика та астрономія в школі*. 2007. № 1. С. 28–30.

5. Сергій Терещук. Профільне навчання фізики в старшій школі: досвід та перспективи розвитку. *Фізика та астрономія в школі*. 2007. № 2. С. 24 – 26.

6. Сергій Терещук. Розвиток критичного мислення учнів на уроках фізики в старшій школі. *Фізика та астрономія в школі*. 2008. № 1. С. 13 –17.

7. Терещук С.І. Технологія мобільного навчання: проблеми та шляхи вирішення. *Формування навчального середовища, адекватного новому змісту навчання фізики: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Чернігівські методичні читання з фізики. 2016»*, м. Чернігів, 23–25 червня 2016 р. Чернігів, 2016. С. 178–180.

8. Терещук С.І. Періодизація розвитку методики викладання квантової фізики в старшій школі. *Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Фізика й математика у вищій і середній школі*. Київ, 2013. Вип. 12. С. 71–79.

9. Терещук С. Становлення й розвиток механічної картини світу як передумови зародження теорії поля. *Наукові записки. Педагогічні науки*. Кіровоград, 2010. Вип. 90. С. 282–286.

10. Терещук С.І. Методологічні та методичні аспекти формування поняття енергії під час вивчення квантової фізики в профільних класах 12-річної школи. *Наукові записки*. – Випуск 72. – Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка. – 2007. – Частина 2. С. 227–231.

11. Терещук С.І. Вивчення елементів квантової фізики в профільних класах із поглибленим вивченням фізики. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного педагогічного університету: Серія педагогічна*. – Коломия: ВПТ «ВІК», 2007. С. 214–217.

12. Терещук С.І. Еволюція понять квантової механіки й теорії поля // *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету*. — Випуск 89. — Серія: Педагогічні науки. – Чернігів: Чернігівський національний педагогічний університет імені Т.Г.Шевченка, 2011. – С. 412–415.

13. Сергій Терещук. Психолого-педагогічні умови формування фізичних понять під час вивчення квантової фізики. – Випуск 98. – Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2011. – С. 130–133.

14. Терещук С.І. Компетентнісний підхід у вивченні квантової фізики в старшій школі // *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету*. – Випуск 99. – Серія: Педагогічні науки. – Чернігів: Чернігівський національний

педагогічний університет імені Т.Г.Шевченка, 2012. – С. 125–128.

15. Терещук С.І. Методичні особливості вивчення досліду Боте в курсі фізики старшої школи // Збірник наукових праць. – Випуск LXII. – Серія: Педагогічні науки. – Херсон, 2012. – С. 141–147.

16. Сергій Терещук. Методика формування поняття швидкості світла в старшій школі. Наукові записки. – Випуск 108. – Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2012. – С. 132–137.

17. Терещук С.І. Логіка і структура змісту методичної системи вивчення квантової фізики в старшій школі. *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова*. Серія № 5. Педагогічні науки: реалії та перспективи. Випуск 33. НПУ імені М. П. Драгоманова, 2012, С. 170–181.

18. Сергій Терещук. Науково-методичний аналіз методико-методологічних особливостей вивчення квантової теорії в курсі фізики старшої школи // Збірник наукових праць УДПУ імені Павла Тичини / гол. ред.: М. Т. Мартинюк. – Умань: ПП Жовтий О.О., 2012. – Ч.4. С. 357–363.

19. Сергій Терещук. Методичні особливості вивчення корпускулярних та хвильових властивостей речовини в класах із поглибленим вивченням фізики. Наукові записки. – Випуск 4. – Серія: Проблеми методики фізико-математичної й технологічної освіти. Ч.1. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2013. – С. 240–244.

20. Терещук С.І. Короткий огляд історико-генетичного розвитку квантових уявлень у старшій школі (1947–1967 р.р.) // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. – Випуск 109. – Серія: Педагогічні науки. – Чернігів: Чернігівський національний педагогічний університет імені Т. Г.Шевченка, 2013. – С. 118–121.

21. Сергій Терещук. Методичні особливості вивчення становлення квантової теорії в умовах профільної диференціації // Фізика та астрономія в сучасній школі. – № 4. 2013. – С.29–31.

22. Сергій Терещук. Методика вивчення відомостей про елементарні частинки в курсі фізики старшої школи. Наукові записки. – Випуск 5. – Серія: Проблеми методики фізико-математичної й технологічної освіти. Частина 1. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2014. – С. 166–169.

23. Терещук С.І. Цілепокладання як складова методичної системи формування навчально-пізнавальних компетентностей у старшокласників // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. – Випуск 116. – Серія: Педагогічні науки. – Чернігів: Чернігівський національний педагогічний університет імені Т. Г.Шевченка, 2014. – С. 154–157.

24. Терещук С.І. Сучасні тенденції розвитку методичної системи навчання квантової фізики в старшій школі // Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Фізика й математика у вищій і середній школі: Зб. наукових праць – К.: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2014. № 3. С. 34 – 41

25. Сергій Терещук. Поняття методичної системи навчання квантової фізики в курсі старшої школи // Фізика та астрономія в рідній школі. -№ 3. 2014. -С. 44–48.

26. Терещук С. І. Методична система формування предметної компетентності старшокласників із квантової фізики. *Збірник наук. праць УДПУ імені Павла Тичини*. Умань: ФОП Жовтий О. О. 2015, Випуск 2, Том 2. С. 396 – 405.
27. Терещук С. І. Компетентнісно орієнтовані технології навчання в курсі фізики старшої школи. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка*. Кам'янець-Подільський, 2015. Вип. 21. С. 148 – 151.
28. Терещук С. І. Змішане навчання як нова парадигма системи фізичної освіти. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Серія: Педагогічні науки*. 2017, Випуск 146. С. 186 – 191.
29. Терещук С. І. Концептуальні засади навчання квантової фізики в старшій школі. *Вісник Чернігівського НПУ імені Т.Г. Шевченка*. Чернігівський НПУ імені Т.Г.Шевченка. 2015, Вип. 127. С. 225 – 228.

Публікації у виданнях України, які входять до міжнародних наукометричних баз даних

30. Tereshchuk Sergii I. The Problem of Visual Methods Use in the Study of Quantum Theory in Physics Course of Senior School. *Zhurnal ministerstva narodnogo prosveshcheniya*. 2014. № 2. P.108–116.
31. Tereschuk Sergii I. Design Technology Methodical System of the Subject Competence Formation Among Senior Pupils on Quantum Physics. *Zhurnal ministerstva narodnogo prosveshcheniya*. 2015. № 4. P. 83–91.
32. Tereschuk Sergii I. Studying the Experience of Rutherford Methods of Cooperative Learning in the Course of Senior School. *Zhurnal ministerstva narodnogo prosveshcheniya*. 2015. № 3. P. 41–48.
33. Tereschuk Sergii I. Critical Thinking Development Technology Among Senior Pupils at Physics Lessons. *Zhurnal ministerstva narodnogo prosveshcheniya*. 2016. № 1. P. 45–50.
34. Ляшенко О.І., Терещук С.І. Застосування мобільної технології Plickers у процесі навчання фізики. *Інформаційні технології й засоби навчання*. 2019, Том 70, № 2. С. 59–70.
35. Ляшенко О.І., Терещук С.І. Критичне мислення як технологія компетентнісного навчання фізики. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка*. Кам'янець-Подільський, 2017. Вип. 23. С. 162–166.
36. Терещук С.І. Перспективи застосування мобільної технології під час вивчення фізики в старшій школі. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка*. Кам'янець-Подільський, 2016. Вип. 22. С. 234 – 236.

АНОТАЦІЇ

Терещук С.І. Теоретико-методичні засади навчання квантової фізики в ліцеї. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук за спеціальністю 13.00.02 – теорія та методика навчання (фізика). – Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова. Київ, 2020.

У дисертації вперше запропоновано методичну систему компетентісно орієнтованого навчання квантової фізики в закладах середньої освіти III ступеня на основі розвитку критичного мислення з використанням інноваційних освітніх технологій. Уперше запропоновано напрями практичної реалізації методичної системи через застосування сучасних компетентісно орієнтованих технологій навчання: розвитку критичного мислення, мобільного навчання, інтерактивних технологій кооперативного навчання, змішаного навчання. У рамках даної методичної системи запропоновано нову модель вивчення квантової фізики, що сповідує гіпотетико-дедуктивну концепцію пізнання, засновану на критичному раціоналізмі.

Уперше запропоновано структуру предметної компетентності з квантової фізики, яка враховує особистісну та соціальну значимість компетентності для учнів ліцеїв. Уперше запропоновано реалізацію технології змішаного навчання через інтеграцію моделей «електронне навчання доповнює аудиторне» (face-to-face driver) та «чергування електронного і традиційного» (rotation). Використано Google Classroom в якості LMS (Learning Management System). Показано, що застосування Classroom дозволяє застосовувати мобільне навчання та змішане навчання як хмарно орієнтованих технологій. За допомогою Classroom мобільне навчання стає не лише методичним підходом із застосування мобільних пристроїв та відповідних доданків, а технологією, що має всі ознаки технологічності навчального процесу: цілі, які віддзеркалюють знаннєвий компонент, практичні уміння й навички, досвід застосування набутих знань і вмінь у життєвих ситуаціях, ціннісні ставлення, сформовані в освітньому процесі та наперед запланований результат навчання. Уперше на високому рівні опрацьовано методичні аспекти застосування мобільних пристроїв на уроках фізики, зокрема при вивченні квантової фізики в 11 класі.

Ключові слова: заклади середньої освіти III ступеня, методична система компетентісно орієнтованого навчання квантової фізики, інноваційні освітні технології, предметна компетентність із фізики, мобільне навчання, змішане навчання, інтерактивні технології кооперативного навчання.

Терещук С. И. Теоретико-методические основы обучения квантовой физике в лицее. – Рукопись.

Диссертация на соискание учёной степени доктора педагогических наук по специальности 13.00.02 – теория и методика обучения (физика). – Национальный педагогический университет имени М. П. Драгоманова. Киев, 2020.

У диссертации впервые предложена методическая система компетентностно ориентированного обучения квантовой физике в учреждениях

среднего образования III ступени на основе развития критического мышления с использованием инновационных образовательных технологий.

Впервые предложены направления практической реализации методической системы путём применения современных компетентно ориентированных технологий обучения: развитие критического мышления, мобильного обучения, интерактивных технологий кооперативного обучения, смешанного обучения. У рамках данной методической системы предложена новая модель изучения квантовой физики в старшей школе, основанная на гипотетико-дедуктивном подходе в познании, который основан на критическом рационализме.

Методическая система обучения квантовой физики в заведениях общего среднего образования III ступени, базируется на теоретической модели и дидактическом проекте. Дидактический проект позволяет реализовать теоретическую модель на практике. Теоретическая модель соответствует следующим критериям: целеполагание; направленность; технологичность; методологичность. Целеполагание предполагает несколько этапов: определение декларативной цели – формирование компетентностей на основе технологии развития критического мышления; формулировка конкретной цели – формирование предметной компетентности по квантовой физике, ключевой компетентности умение учиться на протяжении жизни и сквозного умение критически мыслить; отбор технологий обучения в соответствии с выбранными целями (декларативной и конкретной): интерактивные технологии кооперативного обучения; технология развития критического мышления; технология мобильного обучения; технология смешанного обучения. Направленность методической системы определяет выбор соответствующей стратегии обучения: замена знаниевой парадигмы на компетентностный подход, который реализуется через применение соответствующих технологий обучения и учёта парадигмы критического рационализма. Технологичность методической системы обеспечивается во-первых, применением вышеупомянутых компетентно ориентированных технологий обучения; во-вторых, разработанной технологией проектирования подсистемы по формированию предметной компетентности по квантовой физике. С этой целью определена содержательная компонента предметной компетентности в части квантовой физики; определены функции компетенций в обучении квантовой физики; определена структура учебной компетентности по квантовой физике (название, тип, объекты, способы деятельности относительно выбранных объектов) определено дерево компетенций. Критерий «методологичность методической системы» означает ее соответствие современным методам исследования физической науки, которые концептуально соответствуют идеям критического рационализма, а в методической плоскости реализуются через гипотетико-дедуктивную схему обучения.

Впервые предложена структура предметной компетентности по квантовой физике, которая учитывает личностную и социальную значимость

компетентности для учащихся старших классов. У рамках представленной методической системы, предложена структурно-логическая схема понятия «образовательная компетентность»: 1) научное понятие (или система понятий) 2) предметные навыки и умения, связанные с соответствующим физическим понятием (или системой понятий) у решении практических задач; 3) опыт ученика с оперированием данным понятием или системой понятий у решении практических задач; 4) ценностное отношение ученика к системе приобретенных понятий.

Впервые доказано, что для успешного формирования знаний по квантовой физике следует использовать гипотетико-дедуктивный подход, который у философском контексте основан на критическом рационализме. При этом условия более целесообразной является следующая гипотетико-дедуктивная модель образовательного процесса: Проблема – Гипотеза – Рациональная критика – Выбор гипотезы – Рациональная критика новой теории – Новая проблема. Доказано, что новая логико-структурная модель технологии обучения квантовой физики ориентирует на методику преподавания квантовой физики, при которой демонстрационный эксперимент и использование наглядности призвано не для накопления чувственного опыта как при эмпирически-индуктивном обучении, а для обогащения процесса рациональной критики с целью проверки гипотез.

Впервые предложено реализацию технологии смешанного обучения через интеграцию моделей «электронное обучение дополняет аудиторные занятия» (face-to-face driver) и «чередование электронного и традиционного обучения» (rotation). Предложено использовать Google Classroom в качестве LMS (Learning Management System). Показано, что применение Classroom позволяет применять мобильное обучение и смешанное обучение как компетентно ориентированные технологии обучения. С помощью Classroom мобильное обучение становится не только методическим подходом по применению мобильных устройств и соответствующих слагаемых, а технологии, которая имеет все признаки технологичности учебного процесса: цели, отражающие содержательный компонент, практические умения и навыки, опыт применения приобретённых знаний и умений у жизненных ситуациях, ценностные отношения, сложившиеся в образовательном процессе и заранее запланированный результат обучения. Впервые на более высоком уровне исследованы методические аспекты применения мобильных устройств на уроках физики, у частности при изучении квантовой физики в 11 классе.

Педагогический эксперимент подтвердил эффективность разработанной методической системы обучения квантовой физики (квантовой оптики, строения атома, атомного ядра и элементарных частиц).

Ключевые слова: учреждения среднего образования III ступени, методическая система компетентно ориентированного обучения квантовой физике, инновационные образовательные технологии, предметная компетентность по физике, мобильное обучение, смешанное обучение, интерактивные технологии кооперативного обучения.

Tereshchuk S.I. Theoretical and methodological principles of teaching quantum physics in high school. – Manuscript.

Dissertation for the degree of doctor of pedagogical sciences in specialty 13.00.02 – theory and methods of teaching (physics). – National Pedagogical University named after M.P. Dragomanov. – Kyiv, 2019.

In the dissertation for the first time the methodical system of competence-oriented teaching of quantum physics in establishments of secondary education of the III degree on the basis of development of critical thinking with use of innovative educational technologies is offered.

In the dissertation the theoretical and methodical principles of training of quantum physics in the high school on the basis of the development of critical thinking are proposed for the first time. For the first time, the directions of practical implementation of the methodical system were proposed through the application of modern competence-oriented learning technologies: the development of critical thinking, mobile learning, interactive technologies of cooperative learning, mixed learning. In the framework of this methodical system, a new scheme for the study of quantum physics in the high school, which professes a hypothetical-deductive concept of cognition based on critical rationalism, is proposed.

For the first time, the implementation of mixed learning technology has been proposed through the integration of «face-to-face driver» and «rotation» alternatives. Google Classroom is used as LMS (Learning Management System). It has been shown that Classroom uses mobile learning and blended learning as cloud-based technologies. With Classroom, mobile learning is not only a methodological approach to the use of mobile devices and related terms, but a technology that has all the hallmarks of the learning process: goals that reflect the knowledge component, practical skills and abilities, the experience of using acquired knowledge and skills in life situations, value attitudes formed in the educational process and the planned learning outcomes. For the first time at a higher level, the methodical aspects of the use of mobile devices in physics classes were worked out, in particular, in the study of quantum physics in the 11th form.

For the first time, the structure of the subject competence on quantum physics has been proposed, which takes into account the personal and social significance of competence for students of the senior school. The conducted pedagogical experiment confirmed the effectiveness of the developed methodical system of teaching quantum physics (quantum optics, atomic structure, atomic nucleus, elementary particles).

Key words: institutions of secondary education of III degree, methodical system of competence-oriented teaching of quantum physics, innovative educational technologies, subject competence in physics, mobile learning, blended learning, interactive technologies of cooperative learning.



Підписано до друку 11.09.2020 р. Формат 60x84/16.
Папір офсетний. Гарнітура Times.
Наклад 100 прим. Зам. № 118
Віддруковано з оригіналів.

Видавництво Національного педагогічного університету
імені М.П. Драгоманова. 01601, м. Київ-30, вул. Пирогова, 9
Свідоцтво про реєстрацію № 1101 від 29.10.2002.
(044) 239-30-26.