

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені М.П.ДРАГОМАНОВА**

**На правах рукопису**

**Садовий Микола Ілліч**

**УДК 53(07) +530.18**

**ТЕОРЕТИЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ  
СТАНОВЛЕННЯ ТА РОЗВИТКУ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ІДЕЙ ДИСКРЕТНОСТІ ТА  
НЕПЕРЕРВНОСТІ В КУРСІ  
ФІЗИКИ ЗАГАЛЬНООСВІТНЬОЇ ШКОЛИ**

**13. 00. 02 — Теорія і методика навчання (фізики)**

**Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
доктора педагогічних наук**

**Київ — 2001**

Дисертацією є рукопис

**Робота виконана в Національному педагогічному університеті імені М.П.Драгоманова,  
Міністерство освіти і науки України**

**Науковий консультант**

доктор педагогічних наук, професор

**Бугайов Олександр Іванович**, Інститут педагогіки,  
завідувач лабораторією математики і фізики.

**Офіційні опоненти:**

доктор педагогічних наук, професор, академік АПН України

**Гончаренко Семен Устимович**, Інститут педагогіки і психології професійної освіти,  
провідний науковий співробітник лабораторії професійного навчання у закладах  
профтехосвіти;

доктор фізико-математичних наук, професор

**Тичина Ірина Іллівна**, Національний педагогічний університет імені М.П.Драгоманова,  
професор кафедри експериментальної та теоретичної фізики і астрономії;

доктор педагогічних наук, професор

**Мартинюк Михайло Тадейович**, Уманський державний педагогічний університет імені  
П.Г.Тичини, завідувач кафедри фізики та методики викладання фізики

**Провідна установа:**

Тернопільський державний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, кафедра  
фізики та методики викладання фізики, Міністерство освіти і науки України, м.  
Тернопіль

Захист відбудеться 3 січня 2002 року о 13 год 30 хв на засіданні спеціалізованої вченої ради  
Д 26.053.03 в Національному педагогічному університеті імені М.П.Драгоманова, 01601,  
Київ, вул. Пирогова, 9.

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

Автореферат розісланий 3 грудня 2001 р.

**Вчений секретар**  
**спеціалізованої вченої ради**

**Є.В.Коршак**

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність дослідження.** Перебудова системи середньої освіти в Україні, започаткована Державною національною програмою “Освіта” (“Україна XXI століття”), передбачає посилення методологічної спрямованості впровадження нової концепції фізичної освіти, стандартів освіти, альтернативних навчальних програм, підручників та посібників з фізики.

Відтак цілком зрозуміло, що, аби уникнути суб’єктивно-інтуїтивного характеру та самочинного плину впровадження нового змісту фізичної освіти, потрібні комплексні, психологічні, психолого-педагогічні, методологічні та дидактичні дослідження для визначення концептуальних засад запровадження нового змісту освіти. Вони повинні враховувати підвищення ролі гуманітарного потенціалу сучасного світового суспільства, зростання новітнього технологічного виробництва на основі інформаційних технологій, глобальності проблем екологічного світогляду.

Провідні ідеї концепції фізичної освіти в Україні визначені у дослідженнях О.І.Бугайова, С.У.Гончаренка, О.В.Сергеєва, О.І.Ляшенка, М.І.Шута, В.Ф.Савченка, Є.В.Коршака та інших. Завдяки широкому спектру функцій фундаментальних понять у науці, їх формування стає одним з визначальних структурних елементів процесу навчання.

З багатьох причин реалізацію структурно-логічних та системних підходів, як мети і методів навчання, розвитку та виховання, формування активних способів діяльності учнів у системі середньої освіти не було здійснено в практиці та науково-методичних дослідженнях. Проте психологічні (Л.С.Виготський, Г.С.Костюк, О.М.Леонтьєв, В.Н.Пушкін, С.Л.Рубінштейн), психолого-педагогічні, методологічні та дидактичні дослідження (О.І.Бугайов, С.У.Гончаренко, О.В.Сергеєв, О.І.Ляшенко, Б.Є.Будний, В.В.Мултановський, В.Г.Разумовський) довели їх перспективність та плідність.

Аналіз навчальних програм, підручників і посібників з фізики, педагогічного досвіду вивчення фізики як предмета в школах, ліцєях, гімназіях, коледжах, середніх спеціальних і професійних навчальних закладах дозволяє стверджувати, що зміст і структура, методи навчання фізики не зазнали суттєвих видозмін і в основному зорієнтовані на логічну схему емпіричного мислення гербартівської моделі: початкове ознайомлення з об’єктом => об’єднання нових уявлень із засвоєним раніше => систематизація, закріплення та узагальнення знань => підсумкова систематизація комплексу знань. Ця важлива, але не найефективніша схема психічного розвитку дітей не відображає різноплановості навчання і багато в чому залишає поза увагою питання формування зокрема теоретичних узагальнюючих знань, співвідношення класичного та квантового в навчанні фізики. У навчальних програмах, посібниках і підручниках з фізики узагальнення понять, суджень,

способів діяльності, теорій відносяться до теоретичного рівня і мають спільну гносеологічну природу. Мислення учнів найчастіше здійснюється за циклом: виокремлення абстракції в предметно-матеріальній діяльності => сходження від абстрактного до конкретного => висновки => практичне застосування висновків.

Досвід історії навчання і сучасна педагогічна практика показують, що ідеї співвідношення класичного і квантового, перервності і неперервності, властивостей елементарних частинок, єдності природних процесів та фізичної картини світу (ФКС) потребують подальшої методичної розробки. У більшості методичних посібників з фізики навчання традиційно спрямовується на розгляд виокремленого розділу, відірваного курсу від цілого. Побудова курсу фізики як лінійної послідовності явищ, понять, суджень, дій, теорій залишається традиційною лінійною послідовністю вивчення теорій: класична механіка => молекулярно-кінетична теорія => термодинаміка => елементи класичної електронної та електромагнітної теорії => спеціальна теорія відносності => елементи квантової теорії => фізична картина світу. Такий підхід не дозволяє досягти очікуваної сформованості мислення в учнів на рівні сучасної квантово-механічної картини світу. Виникає потреба в розробці таких засобів пізнання, які містять змістовно цілісне сучасне знання про об'єкт, уособлюють у собі цілісне розуміння об'єкта пізнання, відображають особистісний аспект пізнання. Виникає потреба в необхідності перегляду ряду існуючих традиційних точок зору на структуру та зміст навчання фізики.

Існує суперечність між сучасним змістом класичних і новітніх знань та змістом і структурою шкільного курсу фізики. Названу суперечність ми розв'язуємо шляхом побудови шкільного курсу фізики на структурній основі, на органічному поєднанні в курсі питань класичної і сучасної фізики, на відображенні в курсі фундаментальних ідей дискретності і неперервності матерії і її властивостей. Це один з важливих напрямків підвищення наукового і методичного рівня шкільного курсу фізики. Все це підтверджує, що тема дослідження є актуальною.

**Стан дослідження проблеми.** Проблема змісту, структури, взаємозв'язку класичного і квантового, теоретичного і емпіричного узагальнення в фізиці була і залишається однією з провідних у філософії та методології науки. Окремі аспекти проблеми досить ґрунтовно висвітлені в літературі. З методичної точки зору єдність процесів природних явищ, співвідношення перервного і неперервного у вивченні фізичних явищ визначається проблемою як логічною, так і гносеологічною і вимагає аналізу та синтезу понятійних структур, засобів і форм абстрактного мислення для відповідного відтворення суб'єктом пізнання логічних операцій і з'ясування відношень між людиною і досліджуваним нею

предметом пізнання. З гносеологічного боку проблема вимагає виявлення генезису системи знань.

Особливості становлення наукових знань і генезису структурно-логічних систем конкретних наукових знань досліджували філософи (Л.Б.Баженов, І.Йорданов, Б.М.Кедров, С.Б.Кримський, І.В.Кузнецов, Т.Кун, І.Лакатос, М.В.Мостепаненко, М.Е.Омельяновський, М.В.Попович), відомі вчені природодослідники (В.А.Амбарцумян, О.І.Берг, М.П.Дубінін, І.К.Кікоїн, Є.Л.Наппельбаум, І.Пригожин, Б.Рассел, В.О.Фабрикант). Творцями фундаментальних фізичних уявлень квантової теорії були Н.Бор, М.Борн, Л. де Бройль, В.Гейзенберг, В.Л.Гінзбург, П.Дірак, А.Ейнштейн, П.Л.Капіца, І.В.Курчатов, В.Паулі, М.Планк, В.О.Фок та ін.

У науково-методичних дослідженнях проблему відображення сучасної фізики в шкільному курсі з наголосом на фундаментальні наукові принципи і новий виклад незмінного за обсягом навчального матеріалу виділяли А.Ф.Іоффе, Я.Б.Зельдович, І.І.Логвінов, А.М.Мишляєв, В.Г.Разумовський, Л.І.Резніков, В.А.Фабрикант, Б.Є.Будний, А.І.Павленко.

На різних етапах розвитку науки вчені-методисти розвивали різні підходи до оцінок наукових проблем, але всі вони зводяться до того, що формування в учнів науково-теоретичного способу мислення в пізнанні слід розглядати ширше, ніж існуючі співвідношення рівнів пізнання. Зокрема до цих співвідношень належать: історична наступність процесу пізнання природи, в ході якої здійснюється поступовий перехід від емпірії до теорії; певним чином створені форми пізнавальної діяльності та проблеми розвитку теоретичних і експериментальних методів пізнання; намагання привести у відповідність зміст навчання і сучасний спосіб мислення. Психологічний, психолого-педагогічний та методологічний аспекти проблеми підпорядкування структури і змісту системи навчальних знань сучасному способу науково-теоретичного мислення в пізнанні досліджувалися, в основному, у з'ясуванні особливостей розвитку теоретичного мислення учнів в процесі навчання на різних етапах онтогенезу (Ю.К.Бабанський, Г.О.Балл, Дж.Брунер, В.В.Давидов, Д.Б.Ельконін, Т.А.Ільїна, З.І.Калмикова, Г.С.Костюк, В.Ф.Паламарчук, Ж.Піаже, А.М.Сохор, А.В.Усова, С.А.Шапоринський та інші). Дослідження цих учених базувались на предметній основі. Проте, вони не ставили завдань, пов'язаних з вивченням методологічних та методичних особливостей формування наступності й взаємозв'язку класичних і квантових теоретичних узагальнень та емпіричних новітніх знань, їх розвитку в навчальному процесі, переході на 12-річну освіту.

В дидактиці і методиці навчання фізики проблеми розроблялись головним чином у напрямку обґрунтування та визначення структури змісту освіти (останнім часом у вигляді державних стандартів) (А.Ф.Баранов, О.І.Бугайов, Г.Ф.Бушок, С.У.Гончаренко, Ю.І.Дік,

В.Г.Зубов, О.Ф.Кабардін, І.К.Кікоїн, І.М.Малишев, А.М.Мансуров, Г.Я.Мякишев, А.А.Пінський, О.В.Пьоришкін, В.Г.Разумовський, Л.І.Резніков, В.О.Фабрикант, М.М.Шахмаєв). Інші вчені-методисти спрямовували свої зусилля на особливості формування фізичного знання з різних розділів шкільного курсу фізики (С.У.Гончаренко, Б.Є.Будний, Ю.Є.Дурасєвич, Е.Ю.Евенчик, В.Р.Льченко, С.Ю.Каменецький, Є.В.Коршак, С.П.Величко, А.І.Павленко, М.Т.Мартинюк, П.С.Атаманчук, В.П.Орехов, А.А.Пінський, І.В.Попов та інші).

Група дослідників розглядала специфічні ознаки формування фізичного знання з врахуванням співвідношення класичного і квантового, теоретичного й емпіричного, що ґрунтувалось на принципах рівнів пізнання (Г.М.Голін, Е.Н.Горячкін, П.О.Знаменський, Л.Я.Зоріна, О.І.Ляшенко, В.В.Мултановський, О.В.Сергеєв, І.І.Соколов та інші).

Методичні аспекти проблеми досліджувались в основному в напрямку з'ясування моделі навчального пізнання під час вивчення фундаментальних фізичних теорій. Історико-методологічний підхід до вивчення навчального процесу розроблявся Г.М.Голіним; поетапна структура процесу систематизації знань на рівні фундаментальних наукових понять, законів, теорій, принципів та наукової картини світу розкрита С.У.Гончаренком; дослідження проблеми взаємозв'язку теоретичного та емпіричного в навчальному пізнанні здійснено О.І.Ляшенко; зміст і структуру шкільного курсу фізики за типами фундаментальних взаємодій розробляв В.В.Мултановський; циклічну модель навчального процесу з фізики в залежності від етапів пізнання за схемою: факти Ю гіпотеза Ю наслідки Ю експеримент запропонував В.Г.Разумовський.

Названі вчені-методисти виходили з традиційно установленого рівня й структури навчального пізнання, не розглядали досліджувану нами проблему в умовах рівневої диференціації навчання з врахуванням вимог державних стандартів для закладів системи середньої освіти. Вивчення фізичних теорій, побудованих на принципах, постулатах (класична механіка, термодинаміка, СТВ, квантова фізика) принципово відрізняється від методики вивчення цих теорій, побудованих за модельними гіпотезами (кінетична теорія ідеального газу, електронна теорія речовини, теорія атома).

Наше дослідження з визначення співвідношень класичних і квантових теоретичних узагальнень та методологічних основ навчання фізики у гуманітарній середній 12-річній школі є логічним продовженням дидактичних і методичних досліджень, в яких автори значною мірою здійснили психолого-педагогічне і методичне обґрунтування змісту курсу фізики відповідно до визначеного рівня пізнання. Нами запропонована модель пізнання в процесі формування наскрізних фізичних знань, яка ґрунтується на методах структурно-логічного аналізу та системного підходу.

**Мета дослідження** полягає в теоретичному та експериментальному обґрунтуванні концепції і розробці методичної системи формування знань про дискретність і неперервність у курсі фізики загальноосвітньої школи за схемою пошуково-креативного навчання, взаємозв'язку класичного та квантового у пізнанні учнів, формування в них фізичного мислення на різних рівнях пізнавальної діяльності з опорою на ШФЕ.

**Об'єктом дослідження** є процес навчання фізики у середній загальноосвітній школі.

**Предмет дослідження** є теоретичні та методичні засади становлення фундаментальних ідей дискретності та неперервності у курсі фізики загальноосвітньої школи, підпорядковані концептуальній єдності змістовного і процесуального компонентів навчального процесу з фізики. До засад входять:

1. Понятійно-категоріальна структура курсу фізики;
2. Дидактичні принципи та методи пізнавальної діяльності учнів, специфічні для рівнів пізнання класичного і квантового;
3. Механізм формування і розвитку уявлення учнів про класичне і квантове, згідно концепцією 12-річної фізичної освіти та зміст гуманітарної фізики.

Практична реалізація методичної системи навчання гуманітарної фізики в загальноосвітній школі здійснювалась шляхом:

- розробки і визначення шляхів запровадження концепції 12-річної фізичної освіти;
- формування в учнів фізичного знання на рівні теоретичного узагальнення взаємозв'язку перервного і дискретного, класичного і квантового;
- генералізації навчального матеріалу з фізики на базі фундаментальних фізичних понять, явищ, теорій, які трансформовані на рівень усвідомлення учнями співвідношення класичного та квантового;
- розвитку теоретичного мислення учнів на основі адекватних способів діяльності.

Вибір шкільного курсу фізики випускного класу як предмета дослідження зумовлений таким: курс фізики випускного класу загальноосвітньої школи охоплює цілісні фундаментальні теорії сучасної картини світу. Грунтовний емпіричний та аксіоматичний, гіпотетико-дедуктивний, принципово-індуктивний способи побудови розділів, які складають структуру курсу як теоретичну систему, дозволяють поширити одержані висновки на інші розділи курсу фізики, відобразити сучасний стан науки.

Аналіз пізнавальної діяльності учнів показав, що ідея генералізації та циклічності ще не повною мірою слугує інструментом для здобуття нових знань. Застосування системного підходу до аналізу обраної нами проблеми в єдності її багатоаспектних інваріантів склало **методологічну основу дослідження**, а саме:

1. Суб'єктивно-особистісну концепцію людини, в основу якої покладено:

а) твердження про онтогенетичну еволюцію людини, в процесі якої відбувається становлення особистості через розвиток психічних та фізичних задатків;

б) ідея про розвиток особистісних якостей, задатків та здібностей суб'єкта в єдності з суспільними відносинами;

в) положення про діяльнісну суть розвитку особистості, яка проявляється через рівень творчої активізації у процесі навчання, спілкування, праці тощо;

г) концепція індивідуальності та колективізму кожної людини як особистості з її мотиваційними та вольовими характеристиками, які є основою рушійних сил її розвитку в навчальному пізнанні.

2. Соціальну концепцію процесу пізнання, в основі якої лежить замовлення суспільства на результати культурного, освітнього та загального розвитку особистості, які визначаються конкретною історичною епохою.

3. Дидактичне моделювання процесу формування та засвоєння понять, суджень, дій, вивчення явищ, теорій, в якому визначено єдність змістовного та логічного аспектів цього процесу на основі ідеї циклічності та генералізації пізнавальної діяльності

4. Теорію розвитку психіки школярів, за якою теоретичне мислення розглядають як дію, спрямовану на формування понять і встановлення закономірностей їх засвоєння.

#### **Методами дослідження були:**

1. Історико-генетичний та системно-структурний підходи як методи дослідження, в основу яких покладена історично обумовлена і логічно упорядкована послідовна система наскрізних знань з її невід'ємними складовими і ознаками.

2. Теоретичний аналіз психолого-педагогічної, філософської, методологічної, спеціальної та методичної літератури, узагальнення технологій педагогічного досвіду працівників системи середньої освіти.

3. Експериментальний метод перевірки результатів дослідження.

В основу дослідження покладена концепція, сформульована у формі методичної моделі формування в учнів фізичного знання, яка ґрунтується на таких твердженнях:

— центральне місце в системі наукового знання та освіти займають провідні ідеї кожної науки, узагальнюючі і основоположні наукові теорії поняття;

— дидактичні вимоги до структури і змісту навчального матеріалу шкільного курсу фізики, побудованого на структурній основі, органічному поєднанні класичної і сучасної фізики, ґрунтується на осмисленні суб'єктами пізнання їх внутрішніх структурно-функціональних зв'язків;



— фундаментальні поняття, судження, дії, теорії сучасної наукової картини світу відіграють визначальну роль у формуванні науково-теоретичного способу мислення учнів;

— зміст навчального матеріалу та знань суб'єктів пізнання побудованих на структурній основі дозволяє конструювати моделі змісту фізичної освіти виходячи з теоретичних узагальнень;

— навчально-пізнавальна діяльність учнів в процесі оволодіння емпіричним базисом, ядром та наслідками теорії відтворює цілісну картину пізнання класичного та квантового й їх співвідношення у шкільному курсі фізики і ґрунтується на теорії повного пізнавального циклу;

— навчально-пізнавальна діяльність школярів у формуванні структурованих знань будується у відповідності з основним психологічним законом цілісності в онтогенезі;

— формування концепції 12-річної фізичної освіти ґрунтується на трьох психологічних аспектах: спонтанному абстрагуванні й узагальненні (репродуктивний та ілюстративний рівень активізації розумової діяльності); побудові абстрактних моделей, формалізації (проблемний рівень розумової діяльності); висунення гіпотез про істотні ознаки певного класу явищ, понять, суджень, дій, теорій (пошуковий та дослідницький рівень активізації розумової діяльності);

— системний підхід до побудови структури змісту курсу фізики середньої школи забезпечує ефективне конструювання моделі змісту методики вивчення цього курсу на взаємодоповнюючих емпіричному та теоретичному рівнях.

Поставлена мета, висунута концепція дослідження вимагали розв'язання таких завдань:

1. Проаналізувати історичні етапи революційних та еволюційних змін в природознавчих науках та виявити їх вплив на розвиток змісту і структури курсу фізики середньої школи;

2. З'ясувати сутність наукового і навчального пізнання, їх закономірності з метою приведення у відповідність змісту та структури фізичної освіти і сучасного наукового знання в середніх закладах освіти;

3. Виявити та систематизувати новітні технології побудови структури фізичних знань про співвідношення класичного і квантового у навчальному пізнанні учнів з метою забезпечення сучасного фізичного мислення школярів;

4. Визначити концептуальні психолого-педагогічні аспекти та структуру діяльності суб'єктів у процесі пізнання класичних і квантових теоретичних узагальнень та емпіричних знань в онтогенезі;

5. Виділити та науково обґрунтувати систему узагальнюючих наскрізних понять, які забезпечують послідовність і наступність у оволодінні учнями класичними і квантовими

ідеями, ідеями аксіоматичного та постулативного, гіпотетичного та принципового, емпіричного та теоретичного підходів до формування фундаментальних теорій;

6. Проаналізувати дидактичні принципи наступності, систематичності, науковості, історизму, неперервності та гуманітарного навчання та виявити особливості їх прояву при вивченні співвідношення класичного і квантового, розробити концепцію гуманітарної фізичної освіти у 12-річній загальноосвітній школі;

7. Виявити складові квантово-механічних знань і розробити методику вивчення та формування фундаментальних фізичних явищ, понять, суджень, дій, теорій, що забезпечують формування співвідношення перервності та неперервності у курсі фізики загальноосвітньої школи;

8. Перевірити в навчальному процесі педагогічну ефективність запропонованої методичної системи і розробленої методики вивчення фундаментальних ідей дискретності і неперервності в шкільному курсі фізики.

#### **Наукова новизна:**

— на основі історико-генетичного аналізу концептуально обґрунтовані теоретичні і методичні основи формування в учнів уявлень про співвідношення у фізиці класичного і квантового через систему “наскрізних” понять. Під наскрізними поняттями розуміється така їх система, яка сприяє вивченню перервного та неперервного, дуалізму і єдності, симетрії і доповнюваності, відносності та невизначеності при засвоєнні фізичних явищ, понять, процесів на всіх етапах навчання фізики в загальноосвітній школі;

— запропоновано концепцію гуманітарної фізичної освіти 12-річної загальноосвітньої школи, яка передбачає реалізацію формування у фізиці класичного і квантового, забезпечує специфіку прояву дидактичних принципів наступності, систематичності, науковості, історизму, неперервності та гуманітарного навчання при вивченні фізики;

— доведена ефективність використання методологічних знань з фізики з метою розвитку механіко-квантово-релятивістських уявлень учнів на основі аналізу співвідношення класичних та квантових уявлень;

— обґрунтовано метод відбору з науки фізики змістовного навчального матеріалу та концептуальних основ формування державного стандарту знань, які ґрунтуються на використанні системного підходу й структурно-логічного та матричного аналізу;

#### **Теоретичне значення дослідження:**

— проведено теоретичний та логіко-методологічний аналіз проблеми співвідношення класичного і квантового у пізнанні;

— на основі теорії графів розроблено основи системного та логіко-методологічного аналізу навчального матеріалу та знань учнів з фізики. Методика розробленого аналізу можлива для застосування в інших навчальних предметах;

— обґрунтована необхідність перебудови шкільного систематичного курсу фізики на гуманітарний курс фізики 12-річної загальноосвітньої школи на основі методології й змісту сучасної фізики та уточнення особливостей прояву дидактичних принципів навчання;

— визначено зміст фундаментальних теорій шкільного курсу фізики та здійснено теоретичне їх узагальнення;

— розроблено критерії формування державного стандарту знань з навчальних предметів;

— обґрунтована методика формування в учнів системи наскрізних понять, створена методична система формування в учнів фізичного знання, в основу якого покладено взаємозв'язок та співвідношення класичного і квантового рівнів пізнання і відповідних їм способів діяльності учнів в навчанні фізики.

### **Практичне значення:**

— створено технологію історико-генетичної та структурно-логічної системи відбору предметних знань (на прикладі розділів курсу фізики 11 класу), яка забезпечує емпіричний базис і цілісність відповідної дидактичної композиції фізичного знання, побудованого на структурній основі;

— розроблено методику формування в учнів уявлення про співвідношення перервного та дискретного при вивченні фундаментальних наскрізних понять, суджень, дій, теорій курсу фізики загальноосвітньої школи;

— розроблена автором технологія і методика шкільного фізичного експерименту відповідно до визначеної стратегії структурування знань. Розроблено 97 нових дослідів, 46 модернізовано та 39 удосконалено, видано навчальний посібник;

— видано науково-методичні посібники і матеріали з реалізації формування системи понять сучасної фізичної картини світу.

Результати проведеного дослідження можуть бути використані під час складання навчальних програм шкільного курсу фізики, підготовки шкільних навчальних посібників і підручників, у розробці методики вивчення основ теорій загальноосвітнього курсу фізики за новими профільними та диференційованими навчальними програмами, у підготовці майбутніх учителів фізики у вищих педагогічних навчальних закладах.

**Вірогідність отриманих результатів** підтверджується: відповідністю використаних методів та методологічної основи дослідження до поставлених в дисертації завдань; широкою апробацією основних теоретичних і емпіричних положень дослідження в

педагогічному експерименті; впровадженням результатів дослідження у навчальний процес середньої школи, педагогічних вузів та в післядипломній освіті; створенням методичних посібників та рекомендацій; позитивною оцінкою педагогічної громадськості під час обговорення результатів дослідження на численних всеукраїнських і міжнародних конференціях і семінарах.

**Особистий внесок автора:** наукові результати підтверджують власний концептуальний підхід до розв'язання проблеми співвідношення і взаємозв'язку класичного і квантового, неперервного і дискретного у пізнанні; визначені загальні засади дослідження та розроблено механізм реалізації їх основних положень; у ході дослідження одержані результати, які дозволяють розглянути специфіку прояву дидактичних принципів: наступності, систематичності, науковості, історизму, неперервності навчання, гуманітарної освіти при вивченні класичного і квантового; розроблені і апробовані навчально-методичні матеріали; здійснення консультування та забезпечення методичними матеріалами учасників експерименту.

**Апробація і впровадження результатів дослідження.** Основні результати дослідження доповідалися і обговорювалися на науково-практичних і науково-методичних конференціях: (Київ 1996, 1997 р.р.; Полтава, 1990 р.; Тбілісі, 1991 р.; Рівне, 1993, 1998 р.р.; Кіровоград 1994, 1996, 1998, 2000, 2001 р.р.; Суми, 1997 р.; Кам'янець-Подільський, 1997, 2000 р.р.; Чернігів, 1998, 2000, 2001 р.р.; Умань 2001 р.), семінарах (Київ, 1996, 1998 р.р.) та міжвузівських і звітних інститутських конференціях (Інститут педагогіки АПН України, Національний педагогічний університет ім. М.П.Драгоманова, Кіровоградський державний педагогічний університет ім. В.К. Винниченка, Центральний інститут удосконалення учителів, Кіровоградський обласний інститут удосконалення учителів).

Запропоновані автором методичні та практичні результати дослідження впроваджено в практику роботи шкіл, гімназій, ліцеїв, коледжів та вузів України.

Дисертаційне дослідження виконане відповідно до тематичного плану наукових досліджень кафедри методики викладання фізики Національного педагогічного університету імені М.П.Драгоманова, а тема дисертації затверджена рішенням вченої ради Національного педагогічного університету імені М.П.Драгоманова (протокол № 5 від 30 листопада 2000 року) та узгоджена в бюро Ради з координації наукових досліджень у галузі педагогіки і психології в Україні (протокол № 1 від 23 січня 2001 року).

**На захист виносяться:**

1. Положення про визначальну роль теоретичного узагальнення співвідношення класичного і квантового, неперервного і дискретного, дуалізму і єдності в курсі фізики для формування науково-теоретичного способу мислення учнів.

2. Концептуальні засади побудови гуманітарного курсу фізики 12-річної школи на основі взаємозв'язку та співвідношення ідей дискретності та неперервності у загальноосвітній школі.

3. Метод відбору з науки фізики змістовного навчального матеріалу та концептуальні основи формування державного стандарту знань, які ґрунтуються на використанні системного підходу й структурно-логічного та матричного аналізу;

4. Специфіка прояву дидактичних принципів наступності, систематичності, науковості, історизму, неперервності та гуманітарного навчання у 12-річній загальноосвітній школі.

5. Модель процесу формування сучасних квантово-механічних уявлень, формування системи наскрізних узагальнених понять курсу фізики середньої школи та її реалізація у відповідних формах пізнавальної діяльності учнів у процесі навчання фізики.

**Публікації.** Результати дисертаційного дослідження опубліковані в трьох монографіях: “Становлення та розвиток фундаментальних ідей дискретності та неперервності у курсі фізики середньої школи”, “Методика і техніка експерименту з оптики”, “Науково-методичні основи шкільного курсу квантової фізики”, 12 методичних розробках, 54 статтях наукових журналів та збірниках наукових праць, 17 матеріалах тез конференцій, де внесок автора становить більше 112 друкованих аркушів.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ І СТРУКТУРА ДИСЕРТАЦІЇ**

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку основної використаної літератури і додатків. Вона має обсяг в 364 сторінки, ілюстрована 21 рисунком, 19 таблицями, 12 додатками.

У **вступі** подано обґрунтування актуальності виконаного дослідження, проаналізовано загальний стан розробки проблеми у дидактиці та педагогічній практиці, визначені **мета, об'єкт, предмет, концепція і завдання** дослідження, сформульовано його **методологічні засади і методи та концепція** дослідження, визначена **наукова новизна, теоретичне і практичне значення** дослідження, **положення, які виносяться на захист**, викладено форми **апробації та впровадження** отриманих автором результатів дослідження, їх **вірогідність та обґрунтованість**.

У першому розділі “**Теорія і методологія взаємозв'язку і наступності класичного і квантового у фізиці**” в історико-генетичному аспекті розглянуто становлення фундаментальних основ науки фізики та теорії її пізнання крізь призму філософського, методологічного і психолого-педагогічного з'ясування природи пізнання і сутності знання як багатоаспектного феномена. Принциповим аспектом нашого підходу є ідея виявлення джерел історичної реконструкції і становлення сучасних фундаментальних фізичних теорій.

Проведене історико-методологічне вивчення проблеми виявило її багатоаспектність. Серед них особливої уваги заслуговують перспективи визначення засад змісту та структури освіти, в тому числі і фізичної, зумовлені як внутрішніми механізмами становлення нового знання, так і зовнішніми факторами його функціонування. Саме в такому широкому розумінні проблеми, поряд з філософським її баченням, доцільно в стратегічні цілі формування освітнього світогляду включити концепцію парадигм, методологічних програм, стандартних концепцій, нових дослідницьких програм, культурологічної епістемології, плюралістичної методології, ідею пріоритетної концепції випереджаючої освіти на базі фундаментального експериментування. В процесі дослідження постало питання про необхідність вичленення в розвитку фізики деяких узагальнених структурно-понятійних систем, в рамках яких наукова теорія виступає лише в ролі одного із компонентів (М.Д.Ахундов, Л.Б.Баженов, С.В.Іларіонов, Р.Карнап, С.Б.Кримський, Т.Кун, І.Лакатос, О.І.Ляшенко, К.Поппер, Ф.Саппе, П.Фейєрабенда, Д.Холтон). У зв'язку з цим розвиток фізики постає як зміна таких систем (формацій), але з одних філософських позицій ця зміна носить ірраціональний характер і подібні формації існують як різні і не взаємодіючі світи, а з інших вони є лише вузловими пунктами єдиної ланки пізнання єдиної Природи. Тому в логіку і методологію науки другої половини ХХ століття ввійшли різноманітні проблеми наукових революцій.

Принципове значення аналізу революційних та еволюційних змін в фізичній науці, а відповідно і в курсах фізики для системи середньої освіти, полягає не стільки в тому, щоб знайти місце для фундаментальних понять в існуючому курсі фізики, а й в удосконаленні самого систематичного курсу на основі методології сучасної фізики та результатів психологічних і психолого-педагогічних досліджень у теорії пізнання. В дослідженні показано, що методологія сучасної фізики не може бути механічно перенесена в навчальний процес, а потребує педагогічно ефективної трансформації. Перетворення нинішнього історичного етапу розвитку науки (початок третьої наукової революції) пов'язані із зміною спрямування з техногенно-економічного напрямку на гуманістично-екологічний і ґрунтуються на поглибленому міжпредметному інтегративному вивченні тенденцій розвитку освіти у загальносвітовому аспекті.

Проаналізовані дослідження, присвячені аналізу революційного переходу від понятійної структури класичної фізики до понятійної структури сучасної квантово-релятивістської фізики. Особливий інтерес становить аналіз складних процесів перебудови концептуальних систем інших наук (хімія, біологія), які відбуваються під впливом понять, принципів, стилю мислення, що склались у сучасній фізиці. Але якщо в науці фізиці цей процес пройшов далеко за екватор, то у шкільному курсі фізики справа завершилась лише початковими змінами.

Єдність корпускулярних і хвильових властивостей матерії — це принцип взаємозв'язку та переходу традиційної і нової теорій, який розкриває суть явищ як макросвіту, так і мікросвіту і лежить в основі як класичної, так і квантової теорії. Тут мається на увазі, що дана єдність є адекватним виразом принципу єдності перервності і неперервності матерії, а остання внутрішньо пов'язана з принципом єдності простору і часу, а також з принципом єдності Всесвіту і розвитку.

Класична доповнюваність макроскопічного і мікроскопічного аспектів відрізняла фізику XIX від фізики XVIII ст., що передбачали універсальні закони, які діють не модифікуючись у всіх галузях — у мікросвіті так само, як і в макросвіті. У фізиці XIX ст. було встановлено межі дії фізичних законів макро- та мікросвіту. Дослідженням встановлено, що доповнюваність нетотожних законів, зокрема термодинаміки і механіки, — основа фізичної атомістики XIX ст., яка виходить із специфічних форм руху, властива різним ланкам ієрархії дискретних частинок речовини. Прослідковано, що складні форми руху не можна відокремити від найбільш простої форми — переміщення частинок. Це переміщення підпорядковане законам ньютонівської механіки, залишається фундаментом концепції, однак структура надбудови в цій концепції не повторює, як думали в XVIII ст., структури самої концепції.

Ідея єдності і боротьби суперечностей у науці відома з давніх давен і є джерелом розвитку науки. Розглядаючи дуалізм світла, Г.Лоренц указав, що застосування релятивістської механіки до руху корпускул разом з хвильовими уявленнями могло розв'язати багато суперечностей. Це стосувалося зокрема інтерференції світла за великих різниць ходу (мільйони довжин хвиль). Таких же розмірів має набувати і фотон. Тому механічне змішування хвиль і корпускул для пояснення природи світла принципово не сприймається. В цьому випадку для наукового оволодіння фактами використовується математика і науковий експеримент.

Крім експериментального, теоретичний рівень пізнання реалізується цілісним вивченням основних фізичних теорій через ланцюжок: виявлення і накопичення експериментальних фактів, що суперечать існуючій теорії => висунення загальних принципів, гіпотез, постулатів для пояснення нових фактів => уточнення теоретичних припущень і математичного апарату => оформлення нової теорії => одержання наслідків із положень нової теорії => експериментальна перевірка одержаних наслідків. Такою є методологічна схема наукового пізнання для цілісного вивчення теорії тяжіння, молекулярно-кінетичної теорії, теорії електромагнітного поля, спеціальної теорії відносності, квантової теорії.

Проведений аналіз дозволив зробити висновок, що розвиток фізичної науки не зводиться до її теоретичного змісту, до основ класичної механіки. Наукова революція, що

створила класичну механіку, докорінно відрізняється від революції, наслідком якої є сучасна фізика. Для сучасної фізики важливо не лише знайти закони явищ у деякій матеріальній системі взаємозв'язків, але й виявити механізм переходу від законів відомого кола явищ до нових законів, більш загальних і глибоких. Якраз таким шляхом утверджувалась спеціальна і загальна теорія відносності, квантова фізика, теорія елементарних частинок. Нині фізичні знання “знаходяться” між граничними величинами швидкості світла і сталою Планка. Друга революція кінця XIX початку XX століття в фізиці якраз і обумовила межі її розвитку.

Аналізуючи наслідки другої революції у природознавстві, нами виділено 4 замкнуті системи понять, аксіом курсу фізики (рис. 1).

Цифрою 1 позначена перша система — механіка І.Ньютона. Вона описує механічні процеси, динаміку рідин і пружні коливання тіл, включає акустику, статику, аеродинаміку, гідродинаміку і значною мірою небесну механіку.

Цифрою 2 позначена друга система — теорія теплоти, сформована в XIX ст. Певною мірою через статистичну механіку вона зв'язана з першою системою, але не є її частиною, бо вона оперує рядом понять, що не мають аналогії в інших розділах фізики: теплоті, ентропії, вільній енергії, ентальпії тощо.

Цифрою 3 позначена третя замкнута система понять і аксіом, виведених з електричних і магнітних явищ, одержала завершене формування на початку XX століття в роботах Г.Лоренца, А.Ейнштейна і О.Мінковського. Вона охоплює електродинаміку, СТВ, оптику, магнетизм, дебройлівську теорію хвиль матерії всіх елементарних частинок різних видів (хвильова механіка Е.Шредінгера сюди не входить).

Цифрою 4 позначена четверта система — квантова теорія. Її центральним поняттям є функція імовірності або статистична матриця. Вона охоплює квантову і хвильову механіку, теорію атомних спектрів, хімію і теорію інших властивостей матерії (провідність, феромагнетизм).

Рис. 1. Структура теорій

Рис. 2. Структура вдосконалених теорій

Ломка механічної картини світу і поступова її заміна електромагнітною не була революційною. Вона стосувалась виключно конкретного змісту фізичних теорій, не зачіпала загальних принципів їх побудови. М.Планк зробив перші кроки до створення квантової теорії, давши обґрунтування термодинаміці теплового випромінювання. А.Ейнштейн, розробляючи теорію відносності, зробив спробу покласти в її основу теорію Д.Максвелла для нерухомих тіл і побудувати вільну від суперечностей електродинаміку рухомих тіл. Однак розв'язати виявлені проблеми М.Планк та А.Ейнштейн не змогли без виходу за рамки електромагнітної картини світу. Назрілі проблеми розв'язали квантова механіка та теорія відносності, а тому виділились у самостійні галузі фізичного знання. Їх розвиток привів до



того, що електродинаміка після 1910 року стала консервативною. В кінцевому результаті експериментальні та теоретичні дослідження привели до зміни поглядів на проблеми.

Друга природнича революція початку ХХ століття внесла зміни та корективи до взаємовідносин складових, поданих на рис.1. Ці зміни та корективи подані на рис. 2. Цифрою 1 позначена перша система. Вона міститься в третій, як граничний випадок, коли швидкість світла буде величиною порівняно нескінченною і міститься в четвертій як граничний випадок, коли планківський квант дії можна вважати нескінченно малим. Перша і частково третя системи необхідні для четвертої як опорні основи для опису експериментів. Друга система зв'язана з кожною з трьох і особливо важлива для четвертої. Незалежність існування третьої та четвертої систем наводить на думку про існування п'ятої замкнутої системи понять, в якій перша, четверта і третя системи містилися б як граничний випадок.

Зображена на рис. 2 схема певною мірою визначає перспективи розвитку фізичної науки, а відповідно і методики її викладання. Проведений нами аналіз показав, що найбільш яскраво еволюційні та революційні зміни в природознавстві протягом всього періоду його розвитку простежуються через механіку, оптику та квантову фізику. Історичний розвиток наукових досліджень та відкриттів змушував дослідників все більше і більше заглиблюватись у фізичну природу явищ, а пізніше і в суть самої Природи. Так, Р.Декарт один із перших створив основу механістичної картини світу і зробив спробу звести оптику до механіки. На той час це було досить прогресивним, оскільки механіка протистояла схоластиці. Процес пізнання здійснювався за схемою послідовних наближень і визначав його діалектику. Так поступово відбулося наближення до істини через послідовність "відносних істин". Процес цього наближення є нескінченним. Неврахування діалектики цього процесу не раз приводило фізиків до невиправданого самозаспокоєння, до хибного переконання в тому, що та чи інша наукова проблема вичерпна. Прикладом такого є історія розвитку оптики, квантової фізики. Їх розвиток проходив одночасно з поглибленням уявлень про природу матерії. У міру розвитку і поглиблення уявлень про світло виявились внутрішні зв'язки між, здається, зовсім різними явищами, та їх загальні причини. В результаті цього в 60-х роках ХІХ століття виникла електромагнітна теорія, що витіснила механістичний підхід до аналізу оптичних явищ. Тому в кінці ХІХ століття переважна більшість вчених вважали, що, як і у всій фізиці, в оптиці особливих проблем немає. Однак, існували дві мало помітні проблеми, що виникли в зв'язку з дослідженням теплового випромінювання і експериментально виявлені незрозумілі закономірності фотоефекту. Названі проблеми, в дійсності, перетворились в потужні проблеми і привели до революційних потрясінь не лише в оптиці, а й у всій фізиці.

Перегляду зазнали самі основи уявлення про природу світла. В результаті здійснилося діалектичне об'єднання хвильової та корпускулярної концепцій. Фізична картина світу,

створення якої розпочато Г.Галілеєм і І.Ньютоном, була завершена Д.Максвеллом і Г.Гельмгольцем і відповідала положенню древніх: природа не робить стрибків. У цій фізичній картині світу все базувалось на понятті неперервності процесів. Поява гіпотези квантів (ідея перервності) примусила переглянути суть речей: природа робить стрибки. М.Планк доповнив: “і навіть досить дивні...”. Те, що ХХ століття буде століттям електрики, розуміли всі: багато було накопичено фактів, але що це буде і століття атомів, мало хто підозрював. Дорогу у вік атома відкрила теорія М.Планка, його проста з виду формула  $E = h\nu$ . Так були закладені основи нової фізичної картини світу.

Крім названих, були й інші картини світу, які не стали магістральними в фізиці, але в різний час грали помітну роль.

У дослідженні показано, що теоретичну основу традиційної емпіричної системи методів вивчення природи фізичних явищ, понять, суджень, дій, теорій склали методи наукового пізнання фізики, які водночас є і навчально-пізнавальними методами для учнів (експериментальні методи, ідеалізація, моделювання тощо). Провідну роль серед них відіграло моделювання як динамічний процес і як готовий результат.

Дослідження проблеми про необхідні умови формування системних знань вимагало аналізу трьох об'єктів: складу і структури науки фізики; наукового змісту навчальних предметів природничонаукового циклу; процес навчання цьому змісту. Аналіз проблеми показав, що дидактичне завдання полягає у виявленні ефективних шляхів навчання не тільки окремої конкретної теорії як такої, а знайти те спільне, що складає необхідні умови навчання будь-якій теорії як цілісної освіти.

Таким чином показано, що сучасні фундаментальні ідеї наукового світогляду передбачають його основні положення: матеріалістичність світу в своєрідності, різноманітності, невичерпності і єдності; діалектику природи у взаємозв'язку і взаємозумовленості; неперервність процесу пізнання природи; своєрідність (імовірнісний характер) теоретичного узагальнення фізичних знань; встановлення співвідношення класичного та квантового при вивченні явищ природи; формування та пріоритетність гуманістичних цінностей. Так, в методологічних дослідженнях більшості вчених перехід від однієї фундаментальності теорій до іншої визначає механізм розвитку науки — наукової революції, зміну парадигм, дослідницьких програм. Зроблений нами аналіз еволюційних та революційних змін у природознавстві, які відбулися протягом всього розвитку науки фізики, дає підставу виокремити основні причини, які приводять до революцій у природознавстві, а відповідно і в теорії його пізнання. До них відносяться:

1. Абсолютизація визначених методів пізнання, застосування яких забезпечує успіх у дослідженні широкого класу фізичних явищ. Так, у електродинаміці використовують метод, який ґрунтується на уяві про точковість мікрочастинок. Успіхи цього методу при вирішенні

конкретного завдання визнані, але цей метод привів до виникнення уявлень, згідно з якими у світі є безструктурні матеріальні утворення. Таке уявлення рівноцінне твердженню про існування матеріальних утворень поза простором і часом.

2. Абсолютизація вищезгаданих положень природознавства і представлення їх у якості змісту основних положень матеріалізму, тобто метафізичний підхід до розуміння матерії та її основних характеристик, і зокрема невіддільність об'єкта дослідження від середовища його пізнання.

3. Метафізичне, застигле розчленування у природі на різні типи фундаментальних взаємодій. У зв'язку з цим виникла потреба визначити фундаментальні одиниці наукового знання. В ході проведеного дослідження ми прийшли до висновку, що конструктами таких одиниць є аксіоми, гіпотези, принципи, постулати, феноменологічні основи, емпіричні узагальнення. На їх ґрунті побудовані конструкти — фундаментальні явища, поняття, судження, дії, теорії та ФКС.

У другому розділі **“Теоретичні і методичні проблеми розвитку та становлення змісту шкільного курсу фізики та відображення у ньому фундаментальних фізичних теорій”** розкрита логіка пізнавального процесу засвоєння учнями сутності явищ, понять, суджень, дій, теорій, визначено формально-логічну і змістовну логіко-психологічну структуру навчального матеріалу та адекватність їй знань учнів. Дано концептуальне обґрунтування необхідності перебудови навчального систематичного курсу фізики на основі методології сучасної науки.

В дисертації теоретико-методологічною основою вивчення об'єктів складної природи є системний підхід та структурно-логічний аналіз як певна методична орієнтація дослідження. Для кількісної характеристики проблем дослідження ми застосували методи нелінійної математики порівняльного аналізу, що дозволяє відтворити статистичну сторону детермінації — залежність конкретної ознаки одиничних явищ експериментальної сукупності від необхідних і випадкових причин.

У дослідженні методичні засади та основи структури програми з квантової фізики середньої школи визначають побудову програми всього курсу фізики на основі ідеї циклічності та генералізації навчального матеріалу навколо фундаментальних теорій. Ідея циклічності в методиці викладання фізики достатньо розкрита В.В.Разумовським.

Для аналізу навчальних програм для середньої школи, посібників та підручників, методичної та спеціальної літератури ми застосували метод графів та матричний і поелементний аналіз знань учнів. На рис. 3 зображена структурно-логічна схема навчального матеріалу теми “Будова атома”. Аналіз структурно-логічних схем розділів курсу фізики 11-го класу дав змогу виділити 127 основних елементів знань для наскрізного вивчення у курсі:

— **основні положення:** електромагнітної та квантової теорій, МКТ, термодинаміки, електродинаміки, СТВ;

— **загальнонаукові поняття:** симетрії, доповнюваності, відповідності, обумовленості, відносності, моделювання, імовірності, дискретності, дуалізму, спостереження, системності, аналогії, подібності, причинності;

— **наскрізні поняття:** фізична картина світу, дуалізм, збереження, теорії, вібратор випромінювання, константи, дискретність;

— **взаємозв'язок:** поля і хвилі, дифракції та інтерференції, енергії та  $mc^2$ , частоти та індуктивності і ємності, довжини хвилі та довжини камертона, механіки і електродинаміки, теорій курсу;

— **властивості:** електрона, протона, фотона, фонона, нейтрона, позитрона, нейтрино, мезонів, гіперонів, резонансів, очарованих, кварків,  $\alpha$ -частинок, рентгенівських променів,  $\gamma$ -частинок, світлового потоку, хвиль різної природи, радіоактивності, ядер, ефіру, електричного поля, магнітного поля, електромагнітного поля, змінного струму, спектрів;

— **закономірності:** механічного руху, механічних коливань, електромагнітних хвиль, електромагнітних коливань, змінного струму, фотометрії, випромінювання атома, фотоефекту, фотохімії, люмінесцентного випромінювання, СТВ, квантової теорії, радіоактивності, ядерних реакцій, ізотопів, ядерних сил, елементарних частинок, геометричної оптики, коливального руху;

— **знання, що базуються:** на принципах, постулатах, феноменологічних узагальненнях, гіпотезах, аксіомах, експериментальних узагальненнях;

— **знання понять:** реальна хвиля, когерентність,  $\Delta\varphi = \pi$  змінює когерентність, інтерференція, дифракція, сферичне дзеркало, лінза, постулати Ейнштейна, моделі атома, ядерні моделі, стала Планка, швидкість світла, тонкої структури, принцип Паулі, хвиля де-Бройля, ефект Мессбауера, рівняння квантової механіки, хвильова функція, невизначеність, квантування, струм зміщення, розсіювання Комптона, ядерні реакції, квантові числа, реактор, критична маса, правила зміщення, період напіврозпаду, стаціонарні стани, дослід Боте, постулати Бора, дослід Майкельсона, монохроматичність, розподіл енергії у спектрі, гіпотеза Планка, вектори **E** та **B**, нелінійна оптика, перетворення ядер.

Аналіз перетину структурно-логічних схем розділів діючих посібників та підручників для системи середньої освіти (рис. 4) дав змогу виділити в них чотири фундаментальні теорії: класична механіка, молекулярно-кінетична, електромагнітна та квантова теорії, на основі яких здійснюється вивчення змісту курсу фізики. Обраний підхід дозволив визначити ключові психологічні механізми становлення фізичного знання як співвідношення побудованих і перетворюваних моделей вихідної заданої ситуації із моделлю кінцевої або проміжної мети діяльності. Змістовне логічно-психологічне моделювання поєднано з

побудовою формалізованих моделей на математичній основі. Їх співвідношення в цілому є динамічним і залежить від відтворення готових змістовних компонентів в умовах конкретної ситуації.

Порядок вивчення конкретних знань є умовним, але не довільним. Застосування графового методу, сіткового планування, включаючи і матричний, при аналізі навчальних програм з фізики дозволяє не лише усунути дублювання вивчення одних і тих же явищ, понять, але врахувати і міжпредметні зв'язки, розв'язати окремі завдання оптимізації програм, підручників, навчальних планів, посібників.

Ці методи дозволяють максимально уникнути суб'єктивізму при складанні навчальних програм, підготовці посібників та підручників для системи середньої школи. Зокрема встановлено, що запровадження вивчення фізики на основі генералізації знань навколо понять моделі атома та аксіом механіки, феноменологічних та емпіричних узагальнень термодинаміки і електродинаміки, постулатів, гіпотез, принципів СТВ, оптики, квантової фізики дає нову якість пізнання за умови подолання недоліків, що їх мають традиційні методичні підходи.

Рис. 4. Перетин структурно-логічних схем розділів курсу фізики 11-го класу

Традиційно методика викладання фізики забезпечує неперервність якості зміни знань. Але сучасні наукові узагальнюючі знання змінюються дискретно. Нами проаналізовано еволюцію знання фундаментальних понять, і зокрема поняття дискретності, дуалізму, єдності, ефіру, фундаментальних принципів, та зроблено висновок про запровадження дидактичного взаємодоповнення класичного та квантового при вивченні шкільного курсу квантової фізики.

У дисертації використано структурно-цільовий метод для формування стандарту фізичної освіти. Стандарт представлено нами сукупністю елементів наукової навчальної інформації; основними теоріями фундаментальної науки; основами ФКС; прикладною фізичною наукою; науковими методами дослідження та пізнання. Ця сукупність елементів наукової та навчальної інформації одержана з аналізу стану сучасної науки та досвіду викладання фізики як в нашій державі, так і за її межами. За такого підходу стандартом можна вважати інваріантну частину програми навчання, представлену в основі наукового методу дослідження. Такий підхід розробки стандарту дозволяє "індивідуалізувати" його для різних типів шкіл та етапів навчання. Диференційовані програми повинні мати як інваріантну, загальну для всіх, так і варіантну, специфічну частини. У загальному така методика ефективна для розробки і аналізу програм з різними профілями навчання.

На основі узагальнення педагогічного досвіду та методичних досліджень, з урахуванням об'єктивних засобів аналізу проблеми (метод графів і матричний аналіз) та включенням у цілі навчання передачі сучасного способу фізичного мислення, нами визначено в загальних ознаках структуру і зміст ядра класичної та квантової фізики курсу фізики системи середньої освіти відповідно до нинішнього соціального замовлення. Ядро включає:

а) концепцію теоретичного узагальнення у вивченні фізики та систему його експериментального забезпечення. Вихідні теоретичні узагальнення приводять до вичленення фізичних теорій, забезпечують зв'язок між ними і визначають співвідношення класичного та квантового у курсі фізики. Це є стратегією побудови і курсу фізики в цілому;

б) відображення ідей дискретності, неперервності, єдності, симетрії, імовірності, принципу історизму у вивченні фізики;

в) основними структурними одиницями курсу є фундаментальні фізичні принципи, постулати, аксіоми, експериментальні узагальнення, які відповідають сучасному фізичному способу мислення та дидактичним принципам навчання.

Обраний нами підхід дозволив визначити ключові психолого-педагогічні механізми становлення методики вивчення взаємозв'язку і співвідношення класичного і квантового як моделей вихідної заданої ситуації і моделей кінцевої або проміжної мети діяльності.

Змістовне структурно-логічне моделювання розділів курсу фізики 11 класу в тій чи іншій мірі описується евристичними компонентами мислення, в той час як формалізоване добре відтворюється алгоритмічним. Як евристичні, так і алгоритмічні прийоми структурування навчального матеріалу в нашому дослідженні є модельними конструктами діяльності учасників навчально-виховного процесу. Пропонована нами методика вивчення перервного і неперервного, дуалізму і єдності у фізиці ґрунтується на гнучкому поєднанні цього моделювання. Вона дозволяє більш раціонально управляти розвитком мислення учнів, що є складнішим завданням, ніж управління репродуктивним засвоєнням конкретних знань і операцій.

У дослідженні показано, що класична теорія взаємодії випромінювання і речовини є обмеженою моделлю матеріального світу. Вона достовірно відображає значну частину закономірностей природи. Для гармонічного осцилятора всі результати класичної і квантової теорій, що в дипольному наближенні можна порівняти з дослідом, співпадають. Якщо застосування класичної електромагнітної теорії не пояснює експериментальні факти — це означає, що досліджуваний об'єкт (атом, молекула) не можна апроксимувати гармонічним осцилятором. Квантові уявлення формуються в процесі аналітико-синтетичної діяльності учнів, спрямованої на побудову цілісної системи змісту розділу. Ці уявлення виникають на основі мислено-розумових математизованих перетворень мікро- та макропроцесів природи.

Проведений нами аналіз методології та методики вивчення оптики, спеціальної теорії відносності, квантової фізики показав, що головним нині є розуміння того факту, що освітнім, розвиваючим і світоглядним цілям пізнання навколишнього світу відповідають предметні курси, побудовані на узагальнених, цілісних теоретичних основах, які одержали назву наукової картини світу.

Поняття “наукова картина світу” — система знань про світ, що ґрунтується на законах високого рівня узагальнень і підтверджується в своїй основі експериментально або практичним досвідом. ФКС — ідеальна модель природи, що включає найзагальніші поняття, принципи і гіпотези фізики і характеризує певні історичні етапи. Закономірно, що дане поняття вперше введено в ньютонівські часи як “натуральна філософія”. Історія розвитку поняття ФКС має певні етапи розвитку та формування: антична картина світу; механічна; електрична, електромагнітна; сучасна квантово-польова або релятивістська. Цей розвиток є перервно-неперервним.

Нами проаналізовано 78 методичних посібників і виділено 20 основних структурних елементів конкретних методик вивчення курсу фізики середньої школи. Встановлено, що найбільш повно питання методики вивчення конкретних питань шкільного курсу фізики розкрито у посібниках відомих учених-методистів О.І.Бугайова, П.О.Знаменського, Л.І.Резникова, І.І.Соколова, С.У.Гончаренка, В.П.Орехова, А.В.Усової, С.Ю.Каменецького.

Згідно з метою дослідження, навчально-виховний процес ми розглядаємо як перехід від освітніх систем інформативного типу до навчання розвиваючого особистість, за структурою і змістом — від суб’єктивного до критерійно-стандартного відбору навчального матеріалу для курсів навчальних предметів; за предметом змісту — від систем предметно-диференційованих до онтологічно-інтегрованих; за формами організації навчання — від замкнено-регламентованих до відкрито-креативних; за методами навчання — від репродуктивно-монологічних до продуктивно-полілогічних; за формами контролю — від суб’єктивно-статистичного до індивідуалізованого критерійно-об’єктивного.

У дисертації розроблена методика кількісного інформативного опису змісту і структури тем, розділів посібників та підручників для 11 класу середньої школи з допомогою методів нелінійної математики і запропоновано в основу базового курсу фізики покласти такі ідеї:

**Ідея елементарності.** На кожному етапі розвитку уявлень про матерію формують моделі структурної одиниці, яку наділяють властивостями неподільності, елементарності. Методологія елементарності нами представлено таким чином: фізичне тіло як цілісне утворення, макротіло як сукупність молекул => молекула (найменша частинка речовини) => атом (неподільне фізико-хімічне утворення) => електрон (елементарна частинка, елементарний заряд) => квант світла (елементарна порція електромагнітного

випромінювання) => неподільність елементарних частинок як носіїв певних властивостей => дискретність фізичних величин, які характеризують мікрочастинки: енергія, заряд, момент імпульсу, довжина, час => праматерія (кварки і лептони) => єдність перервності і неперервності.

**Ідея переходу від жорсткого детермінізму в описі явищ до імовірісно-статистичних уявлень** й формування в учнів відповідного стилю мислення.

**Ідея збереження, ідея симетрії, ідея єдності фізичної картини світу, ідея генералізації знань.** Нами виявлено, що у курсі фізики середньої школи ідея генералізації знайшла своє відображення в двох напрямках. Перший з них полягає в удосконаленні засобів фіксації змісту і організації вивчення навчального матеріалу без зміни самого змісту знань — мінімізація навчального матеріалу. Прикладом може слугувати широке використання векторної алгебри, застосування єдиного математичного апарату для опису коливальних процесів різної фізичної природи, класифікація елементарних частинок. Другий напрямок пов'язаний з перетворенням самого змісту навчальних знань — генералізація спрямована на виявлення того змістовного мінімуму, який дозволяє успішно розв'язати навчально-виховні завдання у навчанні фізики. Генералізація навчальних знань пов'язується з відбором фундаментальних одиниць — стрижневих знань, навколо яких концентрується весь навчальний матеріал.

Виконаний нами історико-генетичний аналіз фундаментальних явищ, понять, суджень, дій, теорій класичної та квантової фізики у філософських, логіко-психологічних та інших дослідженнях відповідно до змісту навчання фізики в середніх закладах освіти показує перспективність практичного застосування методу теоретичних узагальнень та системного підходу. Їх реалізація здійснюється за схемою: створення концепції => відшукування методів її експериментальної перевірки => створення механізму реалізації => вихід на створення цілісної освітньої (фізичної) теорії => практичне запровадження в структурі змісту конкретної навчальної дисципліни => створення відповідної методики вивчення концепції.

У третьому розділі **“Методика формування в учнів системи наскрізних понять квантової фізики, співвідношення класичних і квантових уявлень”** розглянуто особливості формування фізичних теорій не як проблеми адаптації їх змісту, а як проблеми відшукування таких навчальних конструктів, які б забезпечували максимальну кількість зв'язків між змістовними елементами. Ними є фундаментальні фізичні явища, поняття, судження, дії, теорії, принципи, які несуть на собі відбиток відповідних теоретичних рівнів і можуть бути покладені в основу вивчення класичних та квантових за змістом курсів. Це дало можливість підвищити теоретичний рівень змісту курсу фізики і формувати в учнів науково-теоретичний спосіб мислення, який відповідає сучасному рівню



науки фізики. Внаслідок цього продуктивною стає ідея генералізації і циклічності при розв'язанні конкретних фізичних завдань. Систематизуючий вплив фундаментальних явищ, понять, суджень, дій, теорій в цьому випадку буде не опосередкованим, а безпосереднім.

**Першим узагальнюючим теоретичним принципом**, який визначає зміст та структуру шкільного курсу класичної та квантової фізики, можна вважати принцип корпускулярно-хвильового дуалізму, який став постулатом про властивості квантової форми руху матерії.

**Наступним квантовим принципом** є принцип стаціонарних станів: будь-який мікрооб'єкт, який знаходиться в обмеженій частині простору, в результаті дії принципу корпускулярно-хвильового дуалізму може бути лише в особливих — стаціонарних квантових станах. Для цих станів характерними є певним чином визначені значення енергії і розподіл імовірності. Даний принцип “пронизує” весь навчальний матеріал розділу, є тією стрижневою ідеєю, яка дозволяє впорядкувати і пояснити емпіричні факти, що вивчаються в механіці, термодинаміці, електродинаміці, оптиці, атомній і ядерній фізиці, фізиці елементарних частинок. З цих позицій доцільно розглядати проблему квантування руху електрона в атомі водню.

**Третій принцип** визначає існування жорстких систем спектрів. Співвідношення і зв'язок спектрів з квантово-фізичною формою руху складає принципову основу квантової фізики як наукової дисципліни. Для реалізації цього положення в школі можна розглянути енергетичні спектри на трьох структурних рівнях матерії: атомному, ядерному і “елементарному”.

**Четвертий принцип** — принцип заборони Паулі. Розкриття його в шкільному курсі квантової фізики ми пропонуємо здійснити на основі аналізу закономірностей спектрів багатоелектронних атомів.

**П'ятий принцип** — прояв спінової структури мікрооб'єктів в ансамблі тотожних частинок, який має місце не лише в атомній, а і в ядерній фізиці та фізиці елементарних частинок.

На основі визначених квантово-механічних принципів розглядається в середній школі оболонкова модель ядра. Принцип стаціонарних станів приводить до “ядерної спектроскопії” (розсіювання швидких протонів на ядрах ізотопу заліза-58).

**Шостий принцип** — кваркова структура адронів. Це дозволяє розглянути в курсі фізики середньої школи “спектроскопію елементарних частинок”.

Визначені принципи та характеристики класичної та квантової форми руху матерії, визначають основні знання та їх зміст у шкільному курсі фізики.

Універсальним способом пізнання на всіх етапах вивчення фізики є логічний перехід до відшукування конструктів пізнання, що відображають фундаментальні властивості природи.

Тоді дуалістичний, спектральний, імовірнісний підходи до вивчення явищ природи виступають своєрідною пропедевтикою засвоєння фундаментальних явищ, понять, суджень, дій, теорій і в цілому ФКС. Елементна база фундаментальних явищ, понять, суджень, дій, теорій, ФКС і методи системного та структурно-логічного підходів до організації процесу засвоєння знань розглядаються як універсальні конструкти пізнання.

Нами визначені основні орієнтири забезпечення співвідношення в методології та методиці вивчення класичної та квантової фізики. Констатуючий експеримент показав, що реальний стан рівня засвоєння передбачених програмою і новітніх (для змісту середньої освіти) понять (відносність, близькодія, далекодія, дуалізм, хвиля де Бройля, квантова механіка, хвильова функція, резонансне випромінювання, співвідношення невизначеності тощо) низький. У той час є домінуючою традиційна методика вивчення конкретних явищ, понять, суджень, теорій. Психологічні, психолого-педагогічні дослідження показали обґрунтовану можливість, а методологічний аналіз і необхідність запровадження новітніх знань у зміст диференційованої системи середньої освіти.

Запропонований нами зміст та підхід: забезпечує знання учнів про властивості макро- і мікрооб'єктів на основі дуалістичних ідей; розкриває співвідношення між законами квантово-релятивістської та класичної фізики; надає об'єктивного характеру статистичним закономірностям та їх зв'язку з динамічними характеристиками; визначає межі опису фізичних явищ та процесів. Планківська маса характеризує енергію  $m_{пл}c^2 \ll 10^{19}$  GeV, при якій повинен здійснюватися перехід до квантового опису зокрема гравітаційних взаємодій. При менших енергіях справедливий класичний опис процесів гравітаційних взаємодій. Без визначення границь застосування тих чи інших взаємодій з наукової точки зору вивчити сучасну картину світу вкрай важко.

У ході дослідження нами розроблена методика вивчення електромагнітної теорії на основі рівнянь Дж.Максвелла, розглянуто еволюцію поняття випромінювання, розроблено нове тлумачення шкали випромінювань, подано спосіб визначення фундаментальних фізичних констант, визначено основні поняття квантової фізики та елементарних частинок.

Високо оцінюючи дослідження вчених, які розробили і забезпечили запровадження в шкільну практику єдиного підходу до вивчення коливань і хвиль різної природи, ми прийшли до висновку, що нині ідею єдиного підходу слід розглядати більш широко, на основі наскрізного пізнання дуалістичності і єдності явищ природи. Ми вважаємо, що більш послідовно системним є ієрархічне розуміння рівневої організації, яке розглядає ієрархію не як домінування та управління, а як "коаліційне" та "коопераційне" взаємодіяння. Така рівнева організація у співвідношенні вивчення класичних та квантових уявлень в курсі фізики середньої школи привела до висновку про запровадження в методику вивчення

фізичних уявлень неперервного, наскрізного підходу в навчанні на основі визначених 127 фундаментальних явищ, понять, суджень, дій, теорій.

У дисертації запропоновано новий підхід до вивчення проблеми співвідношення класичного і квантового в шкільному курсі фізики, визначено критерії фізичної зрілості суб'єкта пізнання: перетворення особистості в повноцінний суб'єкт навчальної діяльності з оволодіння фізичними знаннями; досягнення мінімуму розвиненості, визначеного конкретно-історичними умовами, які виокреслюються державним стандартом освіти. Спираючись на диспозиційну структуру особистості, зрілість суб'єкта для пізнання фізичної реальності, ми розглядаємо в контексті наявності стійких ціннісних орієнтацій у потоці сучасної інформації, рівня активізації розумової діяльності, соціального замовлення тощо. Введені поняття розглядаються як певна організація, а остання розуміється як спланована координація діяльності сукупності суб'єктів учіння згідно нормативних основ в умовах диференціації і прагнення досягнення визначених цілей.

У четвертому розділі **“Організація, методика проведення і результати педагогічного експерименту”** наведено результати констатуючого експерименту, на підставі яких зроблено висновки щодо основних недоліків у засвоєнні навчального матеріалу з класичної та квантової фізики, рівня сформованості науково-теоретичного мислення учнів, охарактеризовано показники ефективності навчання фізики, на підставі яких розкрито особливості організації пошукового та формуючого експерименту, проаналізовано його результати, приведено дані статистичної обробки результатів експерименту.

Констатуючий експеримент проводився у два етапи, кожний з яких визначався поставленими завданнями. На першому етапі констатуючого експерименту (1986-1988 рр.) визначались якісні та кількісні показники знань учнів, явищ, понять, суджень, дій та теорій, які забезпечують підготовку учнів до усвідомлення взаємозв'язку та співвідношення класичного і квантового.

Кожен розділ курсу фізики 11 класу проаналізовано з допомогою структурно-логічних схем і матричного та системного аналізів. Нами складено та проаналізовано 21 структурно-логічну схему. На рис. 3 зображена одна з них — структурно-логічна схема теми “Будова атома”. Між визначеними елементами знань встановлено 568 зв'язків.

Другий етап констатуючого експерименту проведено у 1988-1990 роках. Структурно-логічним методом виділено елементи знань, які забезпечують формування взаємозв'язку та співвідношення неперервного та дискретного при вивченні фізики, що дало змогу розробити методику складання контрольних робіт, запитань для бесід, тестування з використанням персональних комп'ютерів та визначити методику аналізу і оцінки їх виконання. Контрольні роботи складались таким чином, щоб за їх наслідками можна було

виявити не лише ступінь формального засвоєння знання учнями тих чи інших явищ, фізичних процесів, понять, теорій, а й перевірити усвідомлення школярами причинно-наслідкових зв'язків між запропонованими елементами знань.

Всього у констатуючому експерименті брало участь 512 учнів випускних класів, 224 вчителі фізики середніх шкіл і професійних навчальних закладів, 16 викладачів фізики середніх спеціальних навчальних закладів Кіровоградської, Тернопільської, Дніпропетровської, Черкаської областей та м. Києва. В ході експерименту виявлено основні недоліки у структурі навчального матеріалу, якості знань учнів і методиці вивчення змісту квантової фізики та її пропедевтичних розділів в середній школі.

Рис. 3. Структурно-логічна схема теми “Будова атома”

Наслідки констатуючого експерименту дали змогу визначити подальший хід нашого дослідження, визначити завдання та покращити умови проведення формуючого педагогічного експерименту.

Формуючий експеримент проводився в три етапи.

**На першому етапі** (1988-1990 роки) апробовано розроблений нами методичний підхід до вивчення класичного та квантового на основі узагальненого теоретичного та емпіричного ступенів навчання фізики, відпрацьовано окремі складові запропонованої методичної системи формування фізичного знання. Експериментом було охоплено 2160 учнів Кіровоградської, Тернопільської, Донецької областей та м. Києва.

Обсяг вибірки визначено за таблицями достатньо великих чисел. Контрольні роботи проводились в 34 класах 24 шкіл Кіровоградської і Тернопільської областей та м. Києва. Крім цього, проведено бесіди та тестування з 412 учнями 26 шкіл Кіровоградської, Миколаївської та Черкаської областей.

У школах, що були включені у вибірку, було проведено по шість послідовних зрізів. Перші чотири зрізи проводились у письмовій формі, а п'ятий та шостий зрізи — у формі проведення бесід та тестування.

Для оцінки ефективності розробленої структури навчального матеріалу, шкільного фізичного експерименту, методики навчання співвідношення та взаємозв'язку класичної і квантової фізики визначено експериментальні (окремо для рівня А та В) та контрольні класи. В експериментальних класах вивчення розділу проводилось за розробленими нами методичними матеріалами, в контрольних — за діючою навчальною програмою з фізики та посібниками. Цей етап педагогічного експерименту проводився під безпосереднім керівництвом і безпосередньою участю автора.

**На другому етапі** (1990-1996 рр.) формуючого експерименту в пошуковому режимі вивчено логічну структуру знань учнів (визначено, які зв'язки і відношення між явищами,

поняттями, судженнями, діями, законами, теоріями встановились у свідомості учнів у процесі навчання), доступність для засвоєння учнями понять розділу “Квантова фізика” та розділів, які забезпечують підготовку учнів до сприйняття його змісту. Були сформовані структурні моделі тем курсу фізики 11 класу. Моделювання розглядалось у поєднанні з іншими науковими методами пізнання фізичного знання стосовно розгляду змістовних логіко-психологічних понять. На цьому етапі в експерименті брали участь 850 учнів шкіл Київської, Миколаївської, Кіровоградської областей та студентів перших курсів Кіровоградського та Луганського педуніверситетів.

За наслідками другого етапу педагогічного експерименту, після корекції визначеної системи явищ, понять, теорій для вивчення проведено третій етап формуючого експерименту (1996-2000 рр.). Здійснено експериментальне вивчення розділів шкільного курсу фізики випускних класів, відповідно до розроблених автором методичних рекомендацій, впроваджено методичні засади формування фізичного знання як цілісної системи. Експеримент проводився на базі шкіл Кіровоградської, Миколаївської, Рівненської областей та м. Києва. Експериментальним навчанням було охоплено 824 учні з двадцяти двох шкіл. Порівняльні дані наслідків проведеного нами констатуючого експерименту з наслідками вивчення якості знань в Україні та за її межами показали стійку тенденцію до стабілізації високого рівня засвоєння квантової фізики у 12-20% учнів.

Середнє значення коефіцієнта засвоєння елементів знань учнів випускних класів загальноосвітніх шкіл становить 20-50%. Значна різниця між вищими і нижчими рівнями засвоєння знань (від  $K_z = 5\%$  до  $K_z = 95\%$ ) свідчить про слабку осмисленість, свідомість і структурність знань. Простежується перервний характер в учнівських знаннях. Традиційні посібники з методики навчання фізики не повністю орієнтовані на логіку пізнавальної діяльності учнів та активізацію їх розумової діяльності, не в достатній мірі сприяють формуванню стійких причинно-наслідкових зв'язків між явищами, поняттями, судженнями, теоріями.

У ході експерименту визначено експериментальні формуючі класи, де здійснювалась апробація та корекція розробленої нами методики вивчення розділу “Квантова фізика”. В експериментально-дослідницьких класах навчання проводилось після попередньої корекції методичних розробок. Аналогічно підбирались контрольні класи.

Дослідницький експеримент забезпечував запровадження та апробацію розроблених нами методичних розробок та рекомендацій з вивчення класичної та квантової фізики на основі наскрізних фундаментальних понять і вдосконалення методики вивчення фізики в середній школі. Узагальнені результати педагогічного експерименту подані в таблиці 1.

## Узагальнені дані педагогічного експерименту

Класи	Кількість учнів	Всього елементів n	Відтворено елементів	$K_3 = N100\%/N_0$
Контрольні (формуючі)	402	51054	11589	22,7
Контрольні (дослідницькі)	421	53467	15826	29,6
Експериментальні (формуючі)	384	48768	31016	63,6
Експериментальні (дослідницькі)	824	104648	71369	68,2

Різниця коефіцієнтів засвоєння знань дослідницьких експериментальних і контрольних класів  $d = K_{зе} - K_{зк} = 38,6\%$ , а формуючих  $d = 40,1$ .

Між середніми коефіцієнтами засвоєння знань учнів у експериментальних класах формуючого і дослідницького експерименту існує незначна різниця, але ці коефіцієнти суттєво відрізняються від відповідного коефіцієнта, одержаного в констатуючому експерименті. Це свідчить про те, що обрана методика постійного коригування змісту навчання та методика його вивчення є більш ефективною. Учні добре засвоїли узагальнені знання перервних та неперервних явищ випромінювань та їх закономірностей на прикладі вивчення шкали механічних, капілярно-гравітаційних та електромагнітних хвиль усвідомили вирішальну роль у цьому природи збуджувача коливань (вібратора).

За такого підходу, зокрема, якість знань теми “Механічні коливання та хвилі” у порівнянні з контрольними класами та констатуючим експериментом зросла майже у два рази. Зростання ролі “якості вібратора”, зменшення його ентропії добре проявляються на прикладі неперервного переходу від хвиль, для передачі яких потрібне середовище, до хвиль, де воно необов’язкове (прояв співвідношення перервного та неперервного).

Грунтовне вивчення основних положень електромагнітної теорії дало можливість учням описати фізичні процеси, що проходять у коливальному контурі, сформувані фізичний зміст поняття “струм зміщення”, а відповідно властивості змінного магнітного і електричного полів. Такий підхід забезпечив поступовий перехід до вивчення оптичних явищ, де перервність та неперервність проявляється більше. Якість знань, понять і закономірностей з класичної і квантової фізики у контрольних класах співпадає з результатами констатуючого експерименту. Виявлення цього відхилення на етапі дослідницького експерименту дало змогу внести корективи в методику навчання

квантово-механічних понять і забезпечити вивчення оптики, будови атома та ядра, елементарних частинок на основі фундаментальних понять дуалізму, перервності та неперервності, єдності одиничності і цілого на рівні коефіцієнта засвоєння 60%. Вивчення понять фотометрії на основі електромагнітної та квантової теорій забезпечило розуміння їх учнями з коефіцієнтом засвоєння 55-85%. Найбільших корективів в переході від формуючого до дослідницького експерименту зазнала тема СТВ. У констатуючому експерименті середній коефіцієнт якості знань складав 17,5%, формуючому — 42%, а дослідницькому — 67%.

За результатами формуючого педагогічного експерименту зроблені висновки:

1. Орієнтація на логіко-гносеологічну структуру формування навчального матеріалу через оволодіння учнями методами пізнання перервного та неперервного та наскрізне вивчення в курсі фізики фундаментальних узагальнюючих понять та теорій покращує не лише кількісні показники пізнання змісту аксіом, принципів, статистичних підходів, гіпотез, постулатів, феноменологічних узагальнень, покладених в основу тієї чи іншої фундаментальної теорії, а й озброює школярів загально-науковими способами дій.

2. Розширення орієнтації методики навчання учнів на дослідження локальних і узагальнених систем, які мають конкретно-змістову, суттєво-ієрархічну структуру, та створення умов по відтворенню їх у вигляді знань актуалізує ефективність засвоєння фізичного знання учнями загальноосвітніх шкіл, дозволяє переносити це вміння в нові, нестандартні ситуації.

3. У процесі експериментального навчання фізики нами встановлено зміну характеру мотиваційної пізнавальної діяльності школярів. На початку експерименту їх мотивація до навчальної діяльності була зумовлена переважно зовнішніми чинниками наступної життєвої діяльності. На завершальному етапі формуючого експерименту відбулась переорієнтація мотивації навчання в бік внутрішніх чинників. Випускники шкіл мотивацію навчання фізики пов'язували із загальною культурою особистості.

4. Запровадження наскрізного вивчення класичного і квантового у курс фізики загальноосвітньої 12-річної школи дозволяє озброїти учнів методами теоретичного пізнання. Це дозволяє підвищити ефективність засвоєння навчального матеріалу з фізики у порівнянні з немотивованим узагальненням чи підходом на основі чуттєвого пізнання.

Оцінка результатів експериментального навчання проводилася на основі поелементного кількісного та якісного аналізу результатів контрольних робіт, виконаних учнями; систематичних спостережень за процесом навчання, бесід з учителями, студентами, учнями про наслідки експериментального навчання і доцільність запропонованої методики; тестування та використання персональних комп'ютерів при перевірці та закріпленні знань учнів.

Результати формуючого експерименту показали, що запропонований нами підхід до розв'язання проблеми формування фізичного знання учнів на основі навчання наскрізного теоретичного узагальнення співвідношення й взаємозв'язку неперервного і дискретного є ефективним, а запроваджені методичні шляхи його реалізації в експериментальному навчанні фізики дозволяють досягти запланованих результатів.

На основі результатів дослідження доведено, що проблема проектування фізичної освіти та побудови відповідної методичної системи формування знань учнів у процесі навчання фізики здійснюється через історико-генетичну реконструкцію фундаментальних фізичних теорій у напрямку їх теоретичного узагальнення та наскрізного вивчення понять, визначення співвідношення класичного та квантового у вивченні курсу фізики середньої школи.

Статистична обробка результатів педагогічного експерименту проводилась за методикою, запропонованою П.М.Воловиком. Помилка середньої імовірності правильних відповідей не перевищує 3,1%. Оцінку імовірності достовірності одержаної різниці проведено з допомогою нормального відхилення.

За таблицями Стюдента визначається імовірність достовірності одержаної різниці імовірностей засвоєння знань в експериментальних і контрольних класах. На основі одержаних даних підраховано середньоарифметичне число правильних відповідей  $K_3$ , середньоквадратичне відхилення  $s$ , мода  $M$ , коефіцієнт асиметрії  $A_s$ , критерій Стюдента  $t$ , таблиця 2.

Таблиця 2

*Основні характеристики статистичних відхилень*

Класи	$K_3$	$\sigma$	$M$	$A_s$	$T$
Експериментальні	0,682	0,47	78,8%	-0,35	13
Контрольні	0,296	0,414	23,4%	-0,045	

Різниця у якості вивчення елементів знань квантової фізики у контрольних та експериментальних класах є суттєвою на рівні достовірності 95%, оскільки критерій Стюдента має значення 13. На якість виконання письмових робіт у формуючому та дослідницькому експерименті випадкові фактори у контрольних та експериментальних класах мало впливали  $s = 0,47$ ,  $s = 0,414$ .

Значення моди в експериментальних класах значно вище, ніж у контрольних, що вказує на відповідну якість знань. Крива частот в експериментальних класах у порівнянні з контрольними має лівосторонню асиметрію, що свідчить про суттєвий позитивний вплив запропонованої методики вивчення розділу квантової фізики.



Різниця коефіцієнтів засвоєння знань в експериментальних та контрольних класах складає 0,4. До таких тем відносяться: електромагнітні хвилі, фотометрія, випромінювання і спектри, СТВ, будова атома. Для даних тем критерій Стьюдента коливається від 13 до 46.

Якість знань з інших тем знаходиться у межах 5-13 (за критерієм Стьюдента), що більше за 3. Тому можна стверджувати про високу ефективність розробленої нами методики вивчення фізики на основі навчання наскрізного теоретичного узагальнення співвідношення й взаємозв'язку неперервного і дискретного та надійність результатів педагогічного експерименту. Помилка середньої імовірності правильних відповідей знаходиться у межах 1,7-3,3% і не перевищує прийнятої нами граничної похибки 5%. Рівень достовірності елементів знань: співвідношення класичного та квантового; фундаментальні узагальнюючі теорії (класична механіка, феноменологічна термодинаміка та електродинаміка, постулативна СТВ, побудована на гіпотезах та принципах квантова фізика); фундаментальні поняття наскрізного пізнання; загальнонаукові принципи складають 0,988. Ці значення не виходять за прийняті нами межі помилки.

Педагогічний експеримент проводився сільських та міських школах різних регіонів України, що не дозволило в однаковій мірі вивчати та аналізувати навчальний процес у всіх експериментальних та контрольних класах. Крім цього, у кожного вчителя є свої особливості організації вивчення кожного фізичного поняття, явища, свої особливості відносно логіки навчального процесу, логіки навчального предмета. Проте, педагогічний експеримент у школах м. Кіровограда, Устинівського, Компаніївського, Кіровоградського, Знам'янського районів Кіровоградської області, де керівництво навчальним процесом здійснювалося безпосередньо автором, показав такі ж результати, як у тих школах, де навчання проводилось з використанням лише наших методичних рекомендацій.

Таким чином, проведений педагогічний експеримент підтвердив висунуте нами передбачення ефективності засобів і шляхів удосконалення методики вивчення фізики на основі фундаментальних теорій, понять, суджень, дій наскрізного пізнання співвідношення класичного і квантового.

**На основі узагальнення результатів дисертаційного дослідження зроблено загальні висновки:**

1. Доведена ефективність історичного підходу до вичленення у розвитку фізики узагальнених структурно-понятійних формацій, природничих революцій, в рамках яких наукова теорія виступає у ролі одного із основних елементів та основи для вироблення раціональної методики навчання — необхідної з позицій фізики як науки, і фізики як навчальної дисципліни. Це дало нам змогу розробити метод наскрізного вивчення співвідношення та взаємозв'язку перервного та неперервного у фізиці, в основу якого покладено єдність змістовного і процесуального компонентів навчального пізнання.

2. Установлено, що методологія сучасної науки не може бути механічно привнесена у навчальний процес, а потребує педагогічно ефективної трансформації. Перетворення нинішнього історичного етапу розвитку науки (початок третьої наукової революції) пов'язані із зміною спрямування з техногенно-економічного напрямку на гуманістично-екологічний і ґрунтуються на поглибленому міждисциплінарному вивченні тенденцій розвитку освіти у загальнонауковому аспекті.

3. Розроблена методика відбору з науки фізики змістовного матеріалу фундаментальних фізичних явищ, понять, теорій сучасних фізичних уявлень про природу з допомогою системного підходу та структурно-логічного і матричного аналізу.

4. Доведено, що проблема формування знань у процесі навчання фізики здійснюється через: відбір та історико-генетичну реконструкцію фундаментальних фізичних теорій (класичної механіки, молекулярно-кінетичної теорії, електромагнітної та квантової теорій) у напрямку їх теоретичного узагальнення; виявлення фундаментальних понять, які забезпечують послідовне наскрізне вивчення сучасного фізичного змісту природних явищ, чим забезпечується єдиний підхід до вивчення класичних і квантових явищ; виявлення ступеня співвідношення між класичним та квантовим у процесі вивчення явищ, понять курсу фізики.

5. Обґрунтовано структурно-логічний метод відбору, структурування та послідовності вивчення навчального матеріалу з фізики для середньої школи як один з варіантів визначення критеріїв державного стандарту фізичної освіти.

6. Розроблено методичний підхід до наскрізного вивчення в курсі фізики середньої школи ідей, які базуються на усвідомленому формуванні в учнів у процесі навчання наукових методів пізнання фізики: моделювання, симетрії, відносності, відповідності, аналогії, ідеалізації, доповнюваності, обумовленості, імовірності, системності, причинності, подібності тощо.

7. Обґрунтовано змістові теоретичні та прикладні основи оволодіння учнями класичними аксіомами і квантовими ідеями структури природних явищ, ідей аксіоматичного, гіпотетичного, емпіричного та постулативного підходів до побудови складових фундаментальних теорій, які забезпечують циклічність та генералізацію навчального процесу.

8. Встановлено, що вивчення фізичних теорій у курсі фізики середньої школи постає не як проблема адаптації їх змісту до стандарту освіти, а як проблема пошуку таких навчальних конструктів, які б забезпечували максимальну кількість зв'язків між змістовими елементами. Методом перетину структурно-логічних схем виявлено, що такими елементами є фундаментальні фізичні теорії, принципи, закони, які несуть на собі відбиток відповідних

(відносних) теоретичних рівнів і можуть бути покладені в основу вивчення як класичних, так і квантових за змістом курсів.

9. Розроблено 97 нових, модернізовано — 46 та удосконалено 39 дослідів ШФЕ доступних для використання учнями та вчителями в умовах диференційованого навчання.

**Надалі дослідження варто продовжити у таких напрямках:**

а) розробка методики структурування навчального матеріалу курсу фізики для школи на основі фундаментальних узагальнюючих понять, суджень, дій, теорій наскрізного пізнання взаємозв'язку та співвідношення класичного і квантового;

б) дослідження психологічних та психолого-педагогічних проблем формування в учнів фундаментальних узагальнюючих понять, суджень, дій, теорій наскрізного пізнання взаємозв'язку та співвідношення класичного і квантового;

в) дослідження психологічних та психолого-педагогічних проблем використання новітніх інформаційних технологій в умовах диференціації навчання;

в) дослідження проблеми вдосконалення державного стандарту середньої освіти на основі переваги об'єктивних чинників та критеріальних підходів до структурування змісту шкільної освіти.

**Витяг із списку публікацій автора з теми дослідження, що містить 92 найменування (авторська участь загальним обсягом понад 112 друк. арк.).**

**Монографії**

1. Садовий М.І. Становлення та розвиток фундаментальних ідей дискретності та неперервності у курсі фізики середньої школи. — Кіровоград: Прінт-Імідж, 2001. — 396 с.

2. Садовий М.І. Науково-методологічні основи шкільного курсу квантової фізики. Науково-методичне видання — Кіровоград: Прінт-Імідж, 1998. — 318 с.

3. Садовий М.І., Попов І.В. Методика і техніка експерименту з оптики. Посібник для вчителів та студентів педагогічних вузів. — Кіровоград: Прінт-Імідж, 1998. — 194 с.

**Статті**

4. Буров А.Н., Садовый Н.И., Попов И.В. Интерферометр для фронтальных опытов //Физика в школе. — 1995. — № 2. — С. 44-45. (співавт.; 0,1 друк. арк.)

5. Попов И.В., Мамонтова Ю.М., Садовый Н.И., Буров А.Н. Качественные экспериментальные задачи по дисперсии света //Физика в школе. — 1996. — № 2. — С. 66-67. (співавт.; 0,1 друк. арк.)

6. Садовий М.І. Про одну з проблем експерименту //Фізика та астрономія в школі. — 1997. — № 2. — С. 35-36.

7. Садовий М.І. Про систему експериментальної діяльності //Фізика та астрономія в школі. — 1997. — № 3. — С. 30-31.
8. Садовий М.І. Експеримент у навчанні фізики //Фізика та астрономія в школі. — 1997. — № 4. — С. 6-9.
9. Садовий М.І., Бугайов О.І. Про деякі критерії державного стандарту //Науково-методичний збірник “Стандарти фізичної освіти в Україні: технологічні аспекти управління навчально-пізнавальною діяльністю”. — Кам’янець-Подільський: К-ПДП, 1997. — С. 12. (співавт.; 0,03 друк. арк.)
10. Садовий М.І. Інтерференція в широких світлових пучках // Фізика та астрономія в школі. — 1998. — № 2. — С. 28.
11. Садовий М.І., Гавриленко О.М. Шкільний експеримент — проблеми пошуку //Нові технології навчання: Наук. метод. зб. /Ред. кол.: В.П.Андрущенко (головний редактор), О.І.Ляшенко, А.М.Федяєва та ін. — К.: ІЗМН, 1998. — Вип. 22. — С.129-142. (співавт.; 0, 6 друк. арк.)
12. Садовой Н.И., Попов И.В., Кондратьева Л.И. Конференция на тему “Научно-технический прогресс и охрана природы” //Фізика в школе. — 1998. — №3. — С. 24-25. (співавт.; 0,05 друк. арк.).
13. Садовий М.І. Шкала електромагнітних хвиль у курсі фізики середньої школи //Фізика та астрономія в школі. — 1999. — № 3. — С. 18-23.
14. Садовий М.І., Костюкевич Д.Я. Про вивчення фундаментальних понять //Збірник науково-методичних праць “Теорія та методика вивчення природничо-математичних і технічних дисциплін” Наукові записки Рівненського державного гуманітарного університету. Випуск 1. — Рівне: РДГУ, 1999. — С. 76-78.
15. Гавриленко О.М., Садовий М.І. Про структуру методики навчання учнів //Збірник науково-методичних праць “Теорія та методика вивчення природничо-математичних і технічних дисциплін” Наукові записки Рівненського державного гуманітарного університету. Випуск 1. — Рівне: РДГУ, 1999. — С. 78-79.
16. Гавриленко О.М., Садовий М.І. Методологічні проблеми революційних та еволюційних змін у природничо-наукових дослідженнях //Наукові записки. — Випуск 21. — Серія: Педагогічні науки. — Кіровоград: РВЦ КДПУ ім. В.Винниченка, 2000. — С. 127-130.
17. Садовий М.І. Методологічний аналіз природи пізнання //Наукові записки. — Випуск 28. — Серія: Педагогічні науки. — Кіровоград: РВЦ КДПУ ім. В.Винниченка, 2000. — С. 126-131.
18. Садовий М.І. Визначення питомої теплоємності металів методом охолодження // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т.Г.Шевченка. Випуск 3. Серія: педагогічні науки: Збірник. — Чернігів: ЧДПУ, 2000. — С. 259-263.

19. Садовий М.І. Про основні теоретичні і методичні засади гуманітарного курсу фізики //Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного педагогічного університету: Серія педагогічна: Дидактики дисциплін природничо-математичної та технологічної освітніх галузей. — Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський державний педагогічний університет, інформаційно-видавничий відділ, 2000. — Вип. 6. — С. 102-106.

20. Садовий М.І. Теоретичні та методичні засади концепції гуманітарного курсу фізики //Наукові записки. — Випуск 32. — Серія: Педагогічні науки. — Кіровоград: РВЦ КДПУ ім. В.Винниченка, 2001. — С. 55-57.

21. Садовий М.І. Засоби реалізації принципу історизму в навчанні фізики //Наукові записки. — Випуск 34. — Серія: Педагогічні науки. — Кіровоград: РВЦ КДПУ ім. В.Винниченка, 2001. — С. 84-88.

22. Садовий М.І. Про концепцію гуманітарного курсу фізики //Наукові записки. — Випуск 38. — Серія: Педагогічні науки. — Кіровоград: РВЦ КДПУ ім. В.Винниченка, 2001. — С. 129-137.

23. Садовой Н.И. Как развивать самообразование учащихся //Физика в школе. — 2001. — № 6. — С. 99-100.

24. Садовий М.І. Суперечливість у розвитку фізики і техніки //Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т.Г.Шевченка. Випуск 9. Серія: Педагогічні науки: Збірник. — Чернігів: ЧДПУ, 2001. — № 9. — С. 14-19.

25. Садовий М.І. Методологія і історизм у курсі фізики середньої школи. Збірник наукових праць: Спеціальний випуск /В.Г.Кузь (гол. ред.) та інші. — К.: Наук., світ, 2001. — С. 45-51.

26. Садовий М.І. Про фундаментальні фізичні поняття і теорії // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного педагогічного університету: Серія педагогічна: Модель середньої фізичної освіти в умовах переходу на 12-річний термін навчання. — Коломия: ВПТ "ВІК", 2001. — Вип. 7. — С. 66-75.

27. Садовий М.І. Системний аналіз структури методик шкільних навчальних предметів // Наукові записки. — Випуск 39. — Серія: Педагогічні науки. — Кіровоград: РВЦ КДПУ ім. В.Винниченка, 2001. — С. 178-181.

28. Садовий М.І., Вовкотруб В.П., Мамонтова Ю.М., Попов І.В. Використання газового лазера на уроках фізики //Підвищення ефективності уроків фізики. Зб. статей. /За ред. О.І.Бугайова. — К.: Рад. шк., 1986. — С. 37-39. (співавт.; 0,04 друк. арк.)

29. Садовий Н.И., Попов И.В. Отзывы о книгах //Народное образование. — 1987. — № 5. — С. 109. (співавт.; 0,03 друк. арк.)

30. Попов И.В., Садовый Н.И. Как развивать мышление учащихся //Народное образование. — 1988. — № 6 — С. 95 (співавт.; 0,1 друк. арк.)
31. Садовый Н.И., Попов И.В. Отзывы о книгах //Народное образование. — 1988. — № 10. — С. 80. (співавт.; 0,07 друк. арк.)
32. Мамонтова Ю.М., Попов И.В., Садовый М.И. Завдання з використанням “чорних ящиків” під час вивчення оптики //Методика викладання математики та фізики. Респ. наук.-метод. зб. Вип. 6. — К.: Рад. шк., 1990. — С. 106-110. (співавт.; 0,1 друк. арк.)
33. Садовой Н.И., Попов И.В., Буров А.Н. Опыт к уроку “Рентгеновское излучение” //Физика в школе. — 1991. — № 2. — С. 52. (співавт.; 0,01 друк. арк.)
34. Попов И.В., Мамонтова Ю.М., Садовый Н.И., Буров А.Н. Фронтальный эксперимент при изучении интерференции света //Физика в школе. — 1992. — № 1 - 2. — С. 24-25. (співавт.; 0,05 друк. арк.)
35. Садовый М.И., Попов И.В. Экспериментальне вивчення хімічної дії світла //Методика викладання математики та фізики. Респ. наук.-метод. зб. Вип. 8. — К.: Рад. шк., 1992. — С. 113-116. (співавт.; 0,1 друк. арк.)

#### АНОТАЦІЯ

*Садовый М.И.* Теоретичні та методичні основи становлення та розвитку фундаментальних ідей дискретності та неперервності в курсі фізики загальноосвітньої школи. — Рукопис.

Дисертація у виді рукопису на здобуття вченого ступеня доктора педагогічних наук зі спеціальності 13.00.02 — теорія і методика навчання (фізики). — Національний педагогічний університет імені М.П.Драгоманова, Київ, 2001.

В дисертаційному дослідженні дано теоретико-методичне обґрунтування формування в учнів узагальненого теоретичного мислення.

За допомогою історико-генетичного, системного та логіко-методологічного аналізу обґрунтована проблема побудови методичної системи, котра забезпечить вивчення фізики на узагальнених фізичних теоріях та фундаментальних поняттях. Доведено, що формування сучасного фізичного мислення в учнів залежить від логіки побудови пізнавального процесу структури і змісту навчальних посібників, соціального замовлення, державного стандарту фізичної освіти, подолання історичної замкнутості шкільного курсу фізики на рівні класичних уявлень фізичної картини світу, врахування психологічних, педагогічних, методологічних та філософських досліджень.

**Ключові слова:** квантова фізика, загальнонаукові поняття, дискретність, дуалізм, фізична картина світу, фундаментальні константи, графовий підхід, матричний аналіз,

фундаментальні узагальнюючі теорії, наскрізне пізнання фундаментальних понять, взаємодоповнення класичного та квантового.

## АННОТАЦІЯ

*Садовой Н.И.* Теоретические и методические основы становления и развития фундаментальных идей дискретности и непрерывности в курсе физики общеобразовательной школы. — Рукопись.

Диссертация в виде рукописи на соискание ученой степени доктора педагогических наук по специальности 13.00.02 — теория и методика обучения (физике). — Национальный педагогический университет имени М.П.Драгоманова, Киев, 2001.

В диссертационном исследовании дано теоретическое, методическое и психолого-педагогическое обоснование формирования в учащихся обобщенного теоретического мышления на основании изучения соотношения классического и квантового при изучении физики в средней школе, формирования фундаментальных понятий современной физики на протяжении изучения всего курса. С помощью историко-генетического, системного и логико-методологического анализа обоснована проблема построения методической системы, которая обеспечивает изучение физики на обобщенных физических теориях и фундаментальных понятиях. К таким теориям относятся аксиоматическая классическая механика, феноменологическая молекулярно-кинетическая и электромагнитная теории, квантовая теория, опирающаяся на гипотезы и постулаты. Эти теории позволяют сформировать в учащихся: общенаучные понятия симметрии, моделирования, соответствия, обусловленности, относительности, дискретности, дуализма, вероятности, причинности; понятия “сквозного” изучения сохранения, физической картины мира, фундаментальных констант, дискретности, единства, дуализма, “вibratorа” излучения; свойства и закономерности объектов макро- и микромира, понятия динамического, статистического и вероятностного характера.

Рассмотрены методологические проблемы революционных и эволюционных изменений в естественнонаучных исследованиях, их влияние на формирование квантовой физики и методики ее изучения. Проанализировано влияние первой и второй естественнонаучной революции на развитие как физики науки, так и школьного курса физики через исследование концепции парадигм, исследовательских программ, обобщенных базисных теорий, культурологической эпистемологии, социально-культурного контекста. Революционные изменения в системе знаний должны сопровождаться параллельными изменениями в других компонентах познавательной деятельности и наоборот. Сделан вывод, что началом нынешней естественнонаучной революции являются противоречия и парадоксы,

которые сложились в физике, и в частности в квантовой физике, возникновение принципиально новых средств и методов изучения этих явлений.

Доказано, что формирование современного физического мышления в учащихся в значительной степени зависит от логики построения познавательного процесса: структуры и содержания учебных пособий, социального заказа уровня знаний выпускников средних школ, государственного стандарта физического образования, преодоления исторической замкнутости школьного курса физики на уровне классических представлений физической картины мира, учета психологических, педагогических, методологических и философских исследований. В работе развивается новое направление исследований в методике изучения физики, в основу которого положен подход, основывающийся на теории графов, матричный, системный и сетевой анализ учебного материала и знаний учащихся. Предложены конструктивные системные и численные методы отбора критериев государственного стандарта знаний. Разработана и внедрена методика формирования в учащихся системы сквозных понятий квантовой физики, соотношения классических и квантовых представлений о макро- и микромире. Разработана методика изучения в курсе физики средней школы электромагнитной теории Дж. Максвелла на основании системы уравнений, определенной в интегральной форме. Предложен новый отличный от традиционного подход изучения шкалы излучений и электромагнитных волн в школе. Он основывается на введении понятия вибратора излучения.

Осуществлен научно-методический анализ классических и квантово-релятивистских представлений фундаментальности физических констант. Предложено в качестве фундаментальных констант использовать в школьном курсе физики универсальную гравитационную постоянную, постоянную тонкой структуры, скорость света, планковский квант действия, элементарный заряд.

В исследовании определена система понятий физики атома, ядра атома, элементарных частиц, оптики, которые составляют основу явлений, физических процессов, суждений, действий, теорий современного курса квантовой физики и современного уровня среднего образования, предложена методика их изучения.

Основные результаты работы нашли отражение в пособии для учителей и студентов педагогических вузов, методических разработках, монографиях, статьях и других материалах. Практическое внедрение предложенной методики осуществлялось в ходе экспериментальной и педагогической работы.

**Ключевые слова:** квантовая физика, общенаучные понятия, дискретность, дуализм, физическая картина мира, фундаментальные константы, графовый подход, матричный анализ, фундаментальные обобщающие теории, сквозное усвоение фундаментальных понятий, взаимодополняемость классического и квантового.



## ANNOTATION

*Sadoviyi M.I.* Theoretical and methodical bases of intermittence and continuity's fundamental ideas formation and development in course of physics in secondary school. — Manuscript.

The thesis in a form of a manuscript for the competition of the academic degree of a Doctor of Sciences Pedagogics (in the speciality 13.00.02 — the methods of teaching physics). — M.P.Dragomanov National Pedagogical University, Kyiv, 2001.

The theoretic-methodical substantiation of forming generalized theoretical mentality of school students is offered.

With the help of historic-genetic, systemic and logics-methodological analysis, the problem of construction of methodical system, which ensures learning of physics on the generalized physical theories and fundamental notions is grounded.

It has been proved that the formation of modern physical mentality of school students is depend on logics of construction of cognitive activity, structure and contents of training textbooks, social order, state standard of physical education, getting over historical reticence of school course of physics on the level of classical views of physical picture of the world, calculation of psychological, pedagogical, methodological and philosophical researches.

**Key words:** quantum physics, general scientific notions, gap, dualism, physical picture of the world, fundamental constants, graph approach, matrix analysis.

Підписано до друку 26.06.2001 р. Формат 60x90/16  
Авт. арк. 1,9. Обл. вид. арк. 2,1. Умовн. друк. арк. 2,2.  
Зам. № 146. Наклад 100.

Редакційно-видавничий центр Кіровоградського державного  
педагогічного університету ім. Володимира Винниченка  
25006 м. Кіровоград, вул Шевченка, 1.