


Український державний педагогічний університет імені
М.П.Драгоманова

На правах рукопису

БУДНИЙ Богдан Євгенович

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ В УЧНІВ СИСТЕМИ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ФІЗИЧНИХ ПОНЯТЬ

13.00.02 – теорія і методика навчання (фізики)



Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора педагогічних наук

Київ – 1997

Дисертацією є рукопис
Робота виконана в Інституті педагогіки Академії педагогічних наук України

Науковий консультант — доктор педагогічних наук, академік АПН України Гончаренко Семен Устимович

Офіційні опоненти:

- доктор педагогічних наук, професор Сергєєв Олександр Васильович
- доктор педагогічних наук Ляшенко Олександр Іванович
- доктор фізико-математичних наук, професор Пінкевич Ігор Павлович

Провідна установа: Ужгородський державний університет

Захист відбудеться 9 квітня 1997 року о 14 год 30 хв на засіданні спеціалізованої вченої ради Д.01.33.01 в Українському державному педагогічному університеті імені М.П.Драгоманова (252030, Київ-30, вул.Пирогова, 9).

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Українського державного педагогічного університету імені М.П.Драгоманова.

Автореферат розіслано "7" Березня 1997 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої
ради



Є.В.Коршак

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00752451 (0)

AB 37.153

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність дослідження. Одним з напрямків реформування фізичної освіти в школі стає посилення її методологічної спрямованості. Необхідність цього продиктована не тільки прогресом фізики як науки, але й корінними змінами в характері наукових знань, само-му процесі пізнання і співвідношення знання і пізнання. Виникає потреба, щоб наука була для учня не переліком відкриттів чи сумою формул, а способом мислення в процесі пізнання навколишнього світу. Рівень сформованості в учнів сучасного способу мислення в значній мірі визначається тим, як вони засвоїли фундаментальні фізичні поняття, закони, теорії, принципи. Завдяки широкому спектру властивостей і функцій фундаментальних понять в науці їх формування стає одним з визначальних структурних елементів процесу навчання. Фундаментальне поняття виступає тією дидактичною одиницею, досліджуючи процес формування якої можна визначити необхідні дидактичні умови підвищення якості навчання, формування науково-теоретичного способу мислення.

Вивчення основ сучасної фізики та формування в учнів науково-теоретичного способу мислення розглядалися в роботах та дисертаційних дослідженнях А.Ф.Баранова, О.І.Бугайова, С.У.Гончаренка, Ю.Е.Дурасевича, Л.Я.Зоріної, Н.М.Звереві, В.Р.Ільченко, Л.В.Косолапової, Є.В.Коршака, О.І.Ляшенка, В.Н.Маркова, В.В.Мултановського, Р.Е.Нудельмана, А.А.Пінського, В.Г.Розумовського, О.С.Руденка, О.В.Сергєєва та ін.

В результаті проведених досліджень показана доцільність підпорядкування структури і змісту системи навчальних знань сучасному способу науково-теоретичного мислення, запропоновано підходи до узагальнення і систематизації знань в природничо-наукову картину світу, доведена доступність і апробовані шляхи введення ок-

ремих понять спеціальної теорії відносності та квантової фізики, вдосконалено методику вивчення цих розділів.

Загальні принципи застосування теоретичних узагальнень в навчанні, висунуті В.В.Давидовим, полягають у переорієнтуванні з "накопичення" однорідних ознак при порівнянні на виділення суттєвої ознаки в "активному пошуку". Проте в методичних розробках, як правило, розглядають утворення понять тільки при порівнянні і сумуванні, виділення однорідних ознак при класифікації, порівнянні і т.д. Найбільш повно узагальнення на рівні понять розроблені в дидактиці і методиці фізики в працях Е.Н. Горячкіна, П.О. Знаменського, І.І. Соколова, О.В. Пьоришкіна, Ю.І. Соколовського, Н.О. Родіної, В.П.Орехова, А.В.Усової, В.В.Зав'ялова, З.А.Вологодської, Є.Ф. Єфіменка та ін.

В нині діючих програмах і підручниках достатньо повно представлені узагальнення на всіх рівнях: поняття, закони, теорії, ФКС. Всі вони належать до теоретичних узагальнень, тобто мають спільну гносеологічну природу, а мислення учня має проходити (в рамках цих форм) такі етапи циклу пізнання: а) виділення абстракції в предметно-матеріальній діяльності; б) сходження від абстрактного до конкретного — висновки; в) практичне застосування висновків. Структуру навчального матеріалу, організацію навчального процесу, які визначають у своїй сукупності послідовність мислення учнів у процесі пізнання, будують відповідно до етапів теоретичного узагальнення. Проте, хоча діючі програми, підручники та методичні посібники і побудовані на основі принципу циклічності, це не впливає суттєво на формування науково-теоретичного мислення випускників шкіл.

Ідея циклічності, напевно, потребує глибшого методичного опрацювання, проте дедалі очевиднішою стає її абсолютизація, штучне

накладання на кожну тему чи урок. Представлення фізики як лінійної послідовності понять на практиці часто замінюється лінійною послідовністю теорій (класична механіка, молекулярно-кінетична теорія, електродинаміка з елементами СТВ, квантова фізика). Досягнути очікуваної сформованості мислення учнів в такий спосіб також не вдається.

Аналіз показує, що попри свою продуктивність ідеї генералізації і циклічності не служать інструментом здобування нових знань, розв'язання конкретних фізичних задач. Виникає потреба оволодіння учнями такими засобами пізнання, які містять змістовно цілісне знання про об'єкт, уособлюють в собі розуміння об'єкту пізнання, відображають особистісний аспект пізнання. Тоді вивчення фізичних теорій постає не як проблема адаптації їх змісту (і представлення "випрямленого" шляху становлення теорій), а як проблема відшукування таких навчальних конструктів, які б забезпечували максимальну кількість зв'язків між змістовними елементами. Такими конструктами, як показує дослідження, є фундаментальні фізичні поняття. Як визначальні компоненти сучасних фізичних теорій вони несуть на собі відбиток відповідних (високих) теоретичних рівнів і, разом з тим, можуть бути покладені в основу вивчення класичних за змістом курсів. В такий спосіб вдається підвищити теоретичний рівень останніх, а в кінцевому рахунку формувати в учнів сучасний науково-теоретичний спосіб мислення протягом вивчення всього курсу фізики. Якщо спочатку систематизуючий вплив фундаментальних понять на зміст і методи навчання проявляється в основному опосередковано (через засвоєння понять-елементів і понять-комплексів), то згодом він стає безпосереднім. Засвоївши навички відшукування і використання універсальних прийомів пізнання вже на першому етапі вивчення фізики, на наступному етапі логічним є перехід до

відшукування конструктів пізнання, що відображають фундаментальні властивості природи і водночас є універсальними засобами пізнання. Тоді організація пізнавальної діяльності системного засвоєння знань на першому етапі виступає своєрідною пропедевтикою засвоєння фундаментальних понять (повсякденні уявлення як елементна база фундаментальних понять і методи системного засвоєння як універсальні конструкти пізнання).

Під *фундаментальними* будемо розуміти поняття, які визначають структуру моделі реальної дійсності. До них ми відносимо як поняття, що відображають фундаментальні властивості природи і водночас є універсальними засобами пізнання (симетрія, невизначеність, відносність, ймовірність), так і такі, що несуть інформацію про найбільш загальні, основоположні властивості матерії (фундаментальні частинки — лептони, кварки, бозони; фундаментальні константи; фізичний вакуум). Постає актуальна проблема надання фундаментальним поняттям в навчанні місця адекватного їх статусу в науці — інтегруючих, інваріантних засобів пізнання в різних фізичних теоріях.

Розв'язання проблеми формування в учнів фундаментальних природничо-наукових понять набуває зараз важливого значення, бо:

- дозволяє визначити дидактичні основи вдосконалення природничо-наукової освіти;
- результати дослідження дають ряд прямих практичних результатів і в плані оптимізації змісту навчальних предметів і вдосконалення організації навчального процесу, підвищення якості навчання учнів, і в плані визначення шляхів формування в учнів науково-теоретичного типу мислення (що необхідно як для засвоєння сучасного змісту навчальних пред-

метів в школі, так і для залучення їх до самостійного засвоєння наукової інформації сучасних природничих наук).

Високо оцінюючи проведені в цьому напрямку дослідження, необхідно, проте, відмітити, що ряд питань формування фундаментальних понять і принципів не знайшли належного розв'язку. Як показує практика і проведені нами дослідження, рівень засвоєння передбачених програмою понять ("відносність", "близькодія", "суперпозиція", "корпускулярно-хвильовий дуалізм", "стаціонарний стан", "фотон" і ін.) надзвичайно низький, учні не можуть застосовувати знання для пояснення тих або інших конкретних явищ. Не одержують завершення знання учнів про властивості мікрооб'єктів, про співвідношення між законами квантово-релятивістської та класичної фізики, немає розуміння об'єктивного характеру статистичних закономірностей та їх зв'язку з закономірностями динамічними.

Ряд фундаментальних понять сучасної фізики ("симетрія", "невизначеність", "кварки" і ін.) не знайшли свого відображення в діючій програмі, хоча вони доступні і суттєво впливають на формування науково-теоретичного мислення учнів.

Проте принципове завдання полягає не стільки в тому, щоб знайти місце для фундаментальних понять в існуючому систематичному курсі, а у вдосконаленні самого систематичного курсу на основі методології сучасної фізики. Ця задача ускладнюється тим, що методологія сучасної фізики не може бути перенесена механічно в навчальний процес, а потребує трансформації до такого виду, щоб її можна було ефективно використовувати з педагогічною метою.

Викладені вище обставини і зумовили вибір теми дисертаційного дослідження "Теоретичні основи формування в учнів системи фундаментальних фізичних понять".

Об'єктом дослідження є процес становлення і вивчення фізичних теорій; **предметом** — зміст, методи і принципи формування і розвитку в учнів системи фундаментальних фізичних понять.

Мета дослідження — науково обґрунтувати теоретичні засади та розробити методiku формування науково-теоретичного способу мислення учнів на основі обґрунтовано відібраної з науки системи фундаментальних фізичних понять.

В її досягненні ми виходили з припущення, що синтезуючими узагальненнями курсу фізики мають виступати фундаментальні фізичні поняття як логічна основа структури і змістовного базису шкільного курсу фізики, а вивчення фізики необхідно вести з врахуванням закономірностей становлення і специфіки функціонування фундаментальних фізичних понять в науці, що буде сприяти формуванню науково-теоретичного мислення учнів, озброїть їх інтегруючими, інваріантними засобами пізнання, а також підвищить ефективність вивчення курсу фізики в цілому, оскільки в навчанні будуть відтворюватися предметно-матеріальні умови походження фундаментальних понять.

Для досягнення мети дослідження розв'язувалися такі **задачі**:

1. Досліджували можливість представлення фундаментальних понять як дидактичної одиниці змісту природничих дисциплін, що має властивість цілісності і дозволяє в процесі формування виявити як шляхи підвищення якості знань учнів, так і способи розвитку в них теоретичного мислення.
2. Вивчали психологічні аспекти узагальнення на основі фундаментальних фізичних понять.
3. Виявляли сучасний стан і тенденції вивчення фундаментальних понять в школі і вузі.

4. Аналізували зміст і методологію квантової механіки, спеціальної теорії відносності і сучасних фізичних теорій (квантової електродинаміки, квантової хромодинаміки і електрослабкої теорії).
5. Концептуально обґрунтовували необхідність трансформації систематичного курсу фізики на основі методології сучасної фізики.
6. Виділяли науково-методичну матрицю фундаментальних фізичних понять.
7. Розробляли методику формування системи фундаментальних фізичних понять (симетрія, невизначеність, відносність, фундаментальні частинки) на прикладі вивчення оптики і квантової фізики та пропедевтику їх формування.
8. Перевіряли в експериментальному навчанні доступність і ефективність розробленої методики.

Для розв'язання поставлених в дослідженні завдань використовувались такі методи дослідження: теоретичний аналіз фізичної, філософської, психолого-педагогічної літератури; історична реконструкція формування фундаментальних фізичних понять в науці і аналіз сучасних фізичних теорій; дидактичне моделювання процесу формування понять; вивчення і узагальнення досвіду роботи вчителів, спостереження і вивчення закономірностей формування понять в процесі навчання учнів; педагогічний експеримент (лабораторний, пошуковий, систематичний) і обробка його даних.

Наукова новизна дослідження полягає в тому, що:

а) концептуально обґрунтована і побудована методична система формування науково-теоретичного мислення учнів на основі системи фундаментальних фізичних понять;

б) на основі історико-генетичного аналізу проблеми виявлена можливість і доведена педагогічна доцільність формування фундаментальних понять через узагальнення повсякденних уявлень;

в) побудована дидактична модель процесу формування фундаментальних фізичних понять;

г) розроблена процедура відбору з науки змістовного матеріалу фундаментальних фізичних понять;

д) доведена ефективність використання методологічних знань з метою пропедевтики квантово-релятивістських уявлень учнів;

е) обгрунтовані теоретичні принципи формування фундаментальних понять "симетрія", "невизначеність", "відносність", "фундаментальні частинки".

Теоретичне значення дослідження полягає в логіко-методологічному аналізі сучасних фізичних теорій (КЕД, КАД, КХД) та концептуальному обгрунтуванні необхідності перебудови навчального систематичного курсу фізики на основі методології сучасної фізики, обгрунтуванні педагогічної доцільності формування фундаментальних фізичних понять на основі узагальнення повсякденних уявлень.

Практичне значення дослідження визначається такими результатами: відібрані конкретні предметні знання, що зумовлюють засвоєння системи фундаментальних фізичних понять і питань методології фізичного пізнання; складена програма розподілу елементів знань, спрямованих на формування системи фундаментальних понять; видано методичний посібник по реалізації загального підходу формування системи фундаментальних фізичних понять.

Результати дослідження можуть бути використані при вивченні теорій загальноосвітнього курсу фізики за новими програмами, методистами — при вдосконаленні навчальних і методичних посібників,

викладачами вузів — при підготовці майбутніх вчителів фізики; при розробленні методики вивчення фізичних теорій (в школі і вузі) відповідно до виробленої в дисертації стратегії структурування навчального матеріалу на основі фундаментальних фізичних понять.

Вірогідність одержаних результатів та їх обґрунтованість підтверджується адекватністю обраних методів дослідження меті і завданням дослідження, широкою апробацією основних положень дисертації в педагогічному експерименті, в обговоренні результатів дослідження на численних конференціях і семінарах, впровадженням методичних розробок і рекомендацій в навчальний процес школи і вузу.

Апробація і впровадження результатів дослідження. Основні результати дослідження доповідалися на науково-практичних конференціях (Москва, 1985р.; Липецьк, 1989р.; Ніжин, 1992р.; Запоріжжя, 1993р.; Рівне, 1993р.; Київ, 1994р.; Кіровоград, 1994р.; Чернігів, 1996р.), семінарах (Київ, 1984, 1986, 1993 р.р.; Луцьк, 1989р.; Чернігів, 1990, 1993р.р.), міжнародних науково-методологічних читаннях (Тернопіль, 1993, 1995р.р.), ряді міжвузівських і звітних інститутських конференціях (Інститут педагогіки АПН України, УДПУ імені М.П.Драгоманова, Тернопільський педінститут, Рівенський педінститут). Запропонована автором методика формування системи фундаментальних фізичних понять впровадження в практику роботи шкіл, ліцеїв, вузів України.

На захист виноситься:

1. Положення про визначальну роль фундаментальних фізичних понять для формування науково-теоретичного способу мислення учнів.
2. Система відбору з науки змістовного матеріалу фундаментальних фізичних понять.

3. Дидактична модель процесу формування фундаментальних фізичних понять.
4. Методика формування системи фундаментальних фізичних понять (симетрія, невизначеність, відносність, фундаментальні частинки - лептони, кварки, бозони) на прикладі вивчення оптики і квантової фізики та пропедевтика їх формування.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ І СТРУКТУРА ДИСЕРТАЦІЇ

Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку основної використаної літератури і додатків. Вона ілюстрована 28 рисунками і 19 таблицями.

У **вступі** дається обґрунтування актуальності виконаного дослідження, аналізується загальний стан розробки проблеми в науці та психолого-педагогічній практиці, визначені **мета, об'єкт, предмет і завдання** дослідження, сформульовано його методологічні засади і основні положення наукової гіпотези, охарактеризовано наукову новизну, теоретичне і практичне значення роботи, основні положення, що виносяться на захист, викладено форми апробації та впровадження результатів дослідження, їх вірогідність та обґрунтованість.

У першому розділі "**Предмет і теоретичні основи дослідження**" визначається місце фундаментальних фізичних понять в структурі навчального предмета фізики і психолого-педагогічні основи їх формування, сконструйована дидактична модель формування фундаментальних фізичних понять, проаналізовані методичні підходи та методологічні аспекти формування фундаментальних понять.

Прийняті сьогодні в методиці схема циклу пізнання і методичний принцип циклічності ґрунтуються на аналізі класичних фізичних

теорій (класична механіка, термодинаміка, електродинаміка), для яких характерний аксіоматичний метод побудови. Ретроспективно в структурі кожної фізичної теорії можна виділити одні і ті ж самі елементи (основа, ядро, висновки). Виходячи з певного розуміння логіки наукового пізнання (що відповідає гносеологічному циклу теорії пізнання) далі конструюється циклічна схема пізнання навчального: факти, моделі, наслідки, експеримент. Ми досліджували наскільки коректно ця схема відображає логіку побудови всіх (в тому числі і сучасних) фізичних теорій.

Розповсюджена думка, ніби теорія може будуватися тільки на аксіоматичній основі, спирається на розуміння фізичної теорії як гіпотетико-дедуктивної системи, яка включає вихідні гіпотези і наслідки, які з них випливають. Вже таке розуміння потребує уточнення. Адже фізична теорія є перш за все сукупністю теоретичних законів, які виражені в формі математичних рівнянь і які рідко коли можуть бути виведені з вихідних принципів і гіпотез. Тобто логіко-дедуктивна структура фізичної теорії швидше пов'язана з виведенням сукупності наслідків з основних рівнянь теорії. Стосовно одержання самих рівнянь, то, як відмічається в ряді методологічних досліджень, дана процедура є складним інтуїтивним процесом, що включає ряд стадій.

Другий бік проблеми полягає у з'ясуванні логіки побудови сучасних фізичних теорій. Проведений нами аналіз етапів становлення квантової електродинаміки (КЕД), квантової хромодинаміки (КХД), квантової ароматодинаміки (КАД) дає підстави для висновку, що для них характерний не аксіоматичний, а конструктивний (генетичний) підхід до побудови теорії.

Наприклад, побудова квантової електродинаміки — це не виведення ряду наслідків з чітко сформульованих принципів, а по-

слідовний ряд операцій, в результаті яких відбувається поступова побудова теорії. Більше того, на певних (вищих) етапах цього процесу деякі попередні етапи розглядаються як допоміжні, не суттєві, а тому на завершальній стадії побудови теорії відкидаються.

Вихідним пунктом побудови КЕД послужила максвеллівська теорія вільного електромагнітного поля. Потім ця теорія трактується таким чином, що поле розглядається як дискретна система з нескінченною кількістю ступенів свободи. Після цього проводиться процедура вторинного квантування, за допомогою якої поле зіставляється з квантами енергії (фотонами) і вводяться оператори народження і знищення частинок. Далі, спираючись на формалізм електромагнітного і електронно-позитронного квантових полів, будується теорія їх взаємодії. При цьому необхідно проводити процедуру перенормування. Видно, що така побудова теорії мало чим нагадує дедуктивні висновки.

Конструктивний підхід домінує при побудові всіх сучасних теорій "стандартної моделі" (КХД, КАД, Велике об'єднання). Суттєво, що в таких побудовах особливе місце відводиться "конструктам", які в кінцевому рахунку визначають структуру теорії, характер і спосіб взаємодії, це — калібрувальна симетрія, спонтанне порушення симетрії, фізичний вакуум, янг-міллсовське поле і т.д. Дослідження показують, що глибоке коріння цих понять сягає фундаментальних закономірностей явищ мікро- і макросвіту, що і визначає можливість використання їх як універсальних засобів пізнання. Цей принциповий висновок дає підстави для розроблення методики, в якій цим конструктам (фундаментальним поняттям) відводиться місце адекватне їх ролі в науковому пізнанні. Ми виходили з припущення, що синтезуючими узагальненнями курсу фізики можуть виступати фундаментальні фізичні поняття як логічна основа структури і

змістовного базису шкільного курсу фізики. Якщо для класичних фізичних теорій справедливе твердження, що вони "... не містять універсальних законів і величин і не ведуть до єдиної системи понять і узагальнень", то в сучасних теоріях (КАД, КХД, Велике об'єднання) такі узагальнення виступають досить зримо (наприклад, калібрувальна симетрія).

Термін "фундаментальний" в науковій літературі (фізичній, методологічній, методичній) і дисертаційних дослідженнях найчастіше вживають стосовно: наук в цілому, окремих досліджень, відкриттів, експериментів (фундаментальні і прикладні); категорій, принципів, понять; фізичних констант; теорій; законів; засобів пізнання; наукових дисциплін; наукових картин світу; фізичних об'єктів.

В дослідженнях радянських методологів саме перехід від однієї фундаментальної теорії до іншої визначав механізм розвитку науки (наукової революції), при цьому пріоритет надавався соціальним факторам, як джерелу цього розвитку. Суттєві зміни в розумінні механізмів розвитку науки, розшифруванні структури наукових революцій відбулися, коли реконструкція історії науки почала здійснюватися за досить великими цілісними структурно-понятійними утвореннями. Виникла потреба визначити фундаментальну одиницю наукового знання, якою доцільно користуватися при описанні розвитку знання. Чи є такою одиницею закон, чи теорія, чи парадигма, чи фундаментальні принципи? Відповіді на ці питання можна на основі глибокого вивчення реальної історії фізики і аналізу сучасного стану її окремих наукових областей (зокрема КЕД, КХД, КАД).

В дисертації проаналізовані фальсифікаційна модель К.Поппера, модель парадигм Т.Куна, еволюційна модель С.Тулміна,

модель конкуренції науково-дослідницьких програм І.Лакотоса (та їх модифікації).

Суттєво, що в усіх цих моделях принципове місце відводиться таким конструктам, які розкривають ("висвітлюють") шлях руху до істини — фундаментальним поняттям. Крім симетрії, невизначеності, відносності, ймовірності, поля, речовини, фізичного вакууму, фундаментальних частинок, фундаментальних констант до фундаментальних можуть бути віднесені і такі поняття як енергія, імпульс, момент імпульсу, маса, заряд і ін. Проте деякі з них (енергія, імпульс, момент імпульсу) безпосередньо зв'язані з принципами симетрії, а інші (маса, заряд) вже достатньо освоєні сучасною культурою, їм присвячено багато наукових досліджень, які якщо і не зняли всіх проблем засвоєння цих понять, однак дають можливість це зробити на вже наявній базі. Ми обґрунтуємо процедуру відбору системи фундаментальних фізичних понять: необхідної з позиції фізики як науки і фізики як навчального предмета. Фундаментальні поняття розглядаються не просто як структурні елементи фізичних теорій, а в ширшому контексті — як конструкти, в яких найбільш повно відображена специфіка процесу пізнання, особистісні аспекти знання та розуміння.

Суттєво, що фундаментальні поняття, по-перше, структурно становлять систему понять і формуються на протязі тривалого часу і, по-друге, вони, як правило займають проміжний статус між фізикою і філософією.

Наші дослідження становлення і функціонування цих понять показують, що їх глибокий зміст і сьогднішній статус розкривається в фізиці, що дає підставу відносити їх саме до фундаментальних фізичних понять. Специфічні функції цих понять є відображенням інтегративних процесів в пізнанні, що може служити основою реалізації глибоких міжпредметних зв'язків. Спробу реалізувати ці мож-

ливості ми здійснили при розробці програми базового курсу фізики 8-9 класів, що вивчається після інтегрованого курсу природознавства.

Те, що фундаментальні поняття є системою понять і формується на протязі тривалого часу, сприяє відносній завершеності навчання на кожному заданому часовому відрізку (ступені навчання). Це дозволяє зблизити навчання з науковим пізнанням. Відомо, що наукове пізнання і навчання відрізняються за їх ставленням до всього наявного знання. Ця відмінність між науковим пізнанням (як дослідженням) і навчанням зумовлює невідповідність між рівнем засвоєння мови науки як цілого, адекватного всій системі знань, і поясненням частини, що обов'язково враховує ціле.

Дослідження показало, що фундаментальні поняття (симетрії, відносності, ймовірності, відповідності) можуть в значній мірі зняти це протиріччя. Використання і розвиток цих понять протягом тривалого часу дозволяє поступово усвідомити їх фундаментальними структурними елементами цілісного знання. До того ж, засоби здобування цих знань запозичені з цього єдиного знання.

Близкість фундаментальних понять до повсякденних уявлень викликає ілюзію їх простоти, а тому часто й неадекватне трактування. Цьому є об'єктивне пояснення. Так, уявлення про симетрію як щось загальновідоме, само собою зрозуміле, пов'язане з тим, що симетрія є певною мірою емпіричним узагальненням, коріння якого сягають глибини віків. Саме ця близкість фундаментальних понять до повсякденних уявлень, виявляється, може сприяти їх ефективному засвоєнню, забезпечувати усвідомлення, а не інтуїтивне розуміння матеріалу.

Ми виходимо з того, що для з'ясування фізичного змісту фундаментальних фізичних понять, виявлення їх універсальних функцій в побудові різних фізичних теорій необхідно дослідити становлення

сучасних фізичних теорій за оригінальними роботами їх творців. Виклад цих теорій у навчальних посібниках дає випрямлений шлях їх розвитку і створює хибне уявлення про кумулятивний шлях розвитку науки, а це, в свою чергу, веде до аналогічного трактування розвитку понять в методиці.

В науковій літературі і ряді дисертаційних досліджень обстоюється підхід, згідно якого логічна структура навчального предмета на довільній ступені навчання має бути проекцією вузівського підручника. Такий підхід реалізований, по-суті, в нині діючих програмах.

Показано, що кумулятивне розуміння логіки розвитку фізики, яке формують вузівські підручники, їх "проекція" на шкільні підручники веде до цілого ряду наслідків — суттєвих як для розвитку самої фізики, так і вироблення методичних стратегій і впливу на практику шкільного навчання фізики.

В школі по-суті моделюють підхід, який довів свою ефективність у підготовці професійних фізиків. Задачі в цьому разі відіграють функцію застосування теорії, а набуті знання і навички значною мірою залежать від пропонованих зразків і вправлення. Професійний фізик (студент), через характер своєї роботи проходить через етап інтуїтивного розуміння ("неявні знання"). Оскільки його діяльність потребує неодноразового використання цих знань, то з часом вони стають робочим інструментом розв'язання конкретних задач. У такий спосіб забезпечується адекватне бачення фізичних ситуацій в рамках прийнятої парадигми. Дедуктивна побудова курсу фізики в такому разі цілком виправдана.

Однак застосування такого підходу до всіх учнів (студентів) не формує в них адекватного бачення фізичних явищ і процесів, а інтуїтивне розуміння не переходить в усвідомлене. Експеримент

свідчить, що вони часто так і залишаються в полоні старих стереотипів і нових, що формуються в результаті навчання.

Вихід можна знайти, відшукавши такі навчальні конструкти, застосування яких при розгляді конкретних явищ, розв'язанні задач буде "висвітлювати" суттєві грані фізичних ситуацій і тим самим сприятиме їх адекватному баченню. Друга їх прогнозована властивість випливає із врахування психології засвоєння знань і специфіки предмета фізики - вони повинні бути близькими до повсякденних уявлень і водночас відображати основоположні властивості природи. Ці критерії задовільняють фундаментальні фізичні поняття.

В першому розділі показано також, що кумулятивне розуміння розвитку фізики веде до неадекватного трактування співвідношення між новими і старими теоріями, яке проявляється в конкретному спрощеному розумінні принципу відповідності. Цей принцип насправді має формально-математичний характер.

В методиці таке спрощене розуміння співвідношення між теоріями визначає існуючу структуру курсу фізики, коли спочатку формуються уявлення класичних теорій, а потім їх намагаються "розвинути" до уявлень сучасних. Аналіз труднощів, які породжує такий підхід, зроблений в дисертації при розгляді конкретних фізичних теорій.

Дослідження показало, що інтегруючи функцію "з'єднувального містка" теорій можуть відігравати фундаментальні поняття, природі яких ці функції потенційно притаманні. Нами запропонована методика реалізації таких можливостей при нині існуючій структурі курсу фізики.

В педагогічній літературі, розглядаючи "розвиток понять", по суті мають на увазі додавання нових ознак поняття до тих, які вже сформовані раніше. В рамках однієї фізичної теорії такий підхід не

викликає принципових заперечень (він відповідає кумулятивному накопиченню знань в рамках існуючої парадигми). Але спроба формувати в такий спосіб наскрізні поняття (енергія, поле, випромінювання, маса і т.д.) веде до труднощів принципового характеру. Адже в науці при зміні парадигми кардинально змінюється зміст як окремих понять, так і всієї понятійної сітки (бо інакше, зміна парадигми була би позбавлена сенсу). Визнання нової моделі розв'язання проблем (причому навіть проблем старих, які досліджувалися раніше) змінює не інтерпретацію окремих фактів, а їх бачення.

Такі зміни в змісті понять відбуваються при переході від ньютонівської механіки до механіки Ейнштейна, від електродинаміки Максвелла до квантової електродинаміки, від класичної до квантової механіки і т.д. Поступовий (плавний) розвиток понять за таких умов неможливий: появляються ознаки, які суперечать тим, що засвоєні раніше (наприклад, дискретність зміни енергії системи, чи локалізація енергії випромінювання і т.д.). Відтворення в навчанні шляху, що мав місце при історичній зміні фізичних теорій, також виявляється малоефективним. Адже тоді треба забезпечити умови неконструктивного переходу до нового бачення проблеми, які з психологічного боку малозрозумілі.

Вихід, в якійсь мірі, може полягати в засвоєнні учнями модельного підходу до дослідження фізичних явищ. В розробленій нами (на основі онтодидактичного аналізу етапів становлення фізичних теорій) методиці вивчення оптики, фізики атома і атомного ядра, елементарних частинок такий підхід реалізовано: поняття променя, хвилі, фотона репрезентують послідовні моделі, які з різною повнотою описують одне і те саме явище — світло; аналогічно — моделі атома Томсона, Резерфорда, Бора, квантова модель атома, моделі ядер, адронів — ідеальними моделями, що з різною повнотою описують одні

і ті самі реально існуючі мікрооб'єкти. Перехід від однієї моделі до іншої в "знятому" вигляді відбиває розвиток знань в рамках однієї парадигми і деструктивний перехід до парадигми нової — стара модель застосовується до всього кола явищ даного класу, на її основі виявляються принципові протиріччя, які далі служать основою конструювання повнішої моделі. При цьому функцію інтегруючих, інваріантних засобів пізнання для різних фізичних теорій відіграють фундаментальні фізичні поняття симетрії, відносності, ймовірності, невизначеності.

Доведено, що усвідомлення визначального місця фундаментальних фізичних понять не досягається декларативним визнанням за ними таких функцій, чи демонструванням ефективності їх застосування для розв'язання конкретних задач з різних розділів фізики. Необхідна робота спрямована на вироблення навичок: а) аналізувати склад виучуваного матеріалу, виділяти його елементи (домінуючі і зв'язуючі), встановлювати логічні зв'язки між ними, функціональне призначення кожного нового елемента знань, що вводиться на даному уроці (все це в сукупності забезпечує розуміння матеріалу); б) спеціальної роботи, спрямованої на запам'ятовування навчального матеріалу; в) навчання правилам і методам системного засвоєння знань. Така робота сприяє виробленню навиків відшукування і застосування універсальних засобів вивчення різного змістового матеріалу. Вона важлива сама по собі, оскільки сприяє якісному засвоєнню традиційного матеріалу, а в плані нашого дослідження є своєрідною пропедевтикою засвоєння фундаментальних фізичних понять — універсальних закономірностей природи і засобів пізнання.

В першому розділі дисертації приведено також аналіз психологічних досліджень витоків наукового пізнання, механізмів виникнен-

ня і розвитку в суб'єкта нового знання (понять, образів, розумових дій), інтелектуального розвитку в цілому.

Показано, що складовими інструментарію формування операціонального мислення дитини (на рівні "розумової хімії") виступають симетрія, збереження, ймовірність, релятивність. Тому конкретна методика вивчення всіх предметів, а фізики особливо, має враховувати виявлене специфічне місце цих категорій у формуванні мислення учнів. Показово також, що фундаментальні поняття виступають як один з важливих параметрів розуміння. Специфічне місце фундаментальних фізичних понять в структурі розуміння пов'язане з тим, що своїм корінням вони сягають, з одного боку, глибинної суті фізичних явищ, а з другого — пов'язані з безпосереднім людським досвідом, і з найзагальнішими засобами досягнення розуміння та навчання розумінню. Перспективним виявилось таке конструювання навчального процесу, коли вивчення нового є поступовим осягненням змісту відповідного фундаментального поняття (симетрія, відносність, ймовірність, невизначеність і т.д.).

У другому ("Науково-методичний аналіз квантово-релятивістських уявлень") і третьому ("Науково-методичний аналіз принципу симетрії") розділах проведено аналіз методології квантової механіки, спеціальної теорії відносності, квантової електродинаміки, квантової хромодинаміки та електрослабкої теорії. Дано концептуальне обґрунтування необхідності перебудови навчального систематичного курсу фізики на основі методології сучасної фізики.

Принциповою ідеєю нашого підходу дослідження проблеми формування фундаментальних фізичних понять є ідея історичної реконструкції становлення сучасних фізичних теорій (за оригінальними роботами їх творців) з метою пошуку основи для структурування навчального матеріалу (в рамках як окремих розділів, так і фізики в

цілому), та основи для вироблення раціональної методики навчання — необхідної з позиції фізики як науки і фізики як навчальної дисципліни.

Оскільки сучасні фізичні теорії за своєю природою є квантово-релятивістськими, то їх аналізу передують дослідження етапів становлення квантової механіки і спеціальної теорії відносності. В полі аналізу є також науково-дослідницькі програми, домінуючі на певному історичному етапі розвитку фізики: квантово-теоретична програма і програма єдиної теорії поля. І хоч ці програми багато в чому протилежні (концептуально), проте саме їх взаємовплив породив продуктивну нині програму калібрувального поля. Суттєво також, що в розрізі цих науково-дослідницьких програм чітко проявляється фундаментальний характер ряду фізичних понять. Якщо в сучасних фізичних теоріях (квантова ароматодинаміка (КАД), квантова хромодинаміка (КХД) фундаментальні поняття симетрії, невизначеності, ймовірності виступають вихідним інструментом, що визначає стратегію дослідницької програми, то квантова механіка підвела до такого розуміння ("породила" його). Цьому ж сприяла ідея геометризації фізичних взаємодій (єдина геометрична теорія поля).

Спираючись на праці основоположників квантової механіки і теорії відносності (Н.Бора, Луї де Бройля, В.Гейзенберга, Г.Лоренца, М.Планка, А.Пуанкаре, Е.Шредінгера, А.Ейнштейна), квантової електродинаміки і КАД, КХД (С.Вайнберга, Г.Вейля, Ш.Глешоу, М.Гелл-Мана, А.Салама, Р.Фейнмана, Г.'Т Хоофта), істориків науки (М.Джеммера, М.Єльяшевича, Д.Хунда), досліджені джерела і рушійні сили виникнення квантових і релятивістських ідей, а також суть тих принципово нових положень, які привнесли в фізику сучасні фізичні теорії. На цій основі сконструйовані схеми теоретичного пізнання з виділеними логічними зв'язками, що ведуть до побудови

конкретних теорій (квантової механіки, теорії відносності, квантової електродинаміки, електрослабкої теорії), а також виділена система фундаментальних фізичних понять (необхідна з позиції фізики як науки).

На рис.1.1 показана така схема для квантової механіки.

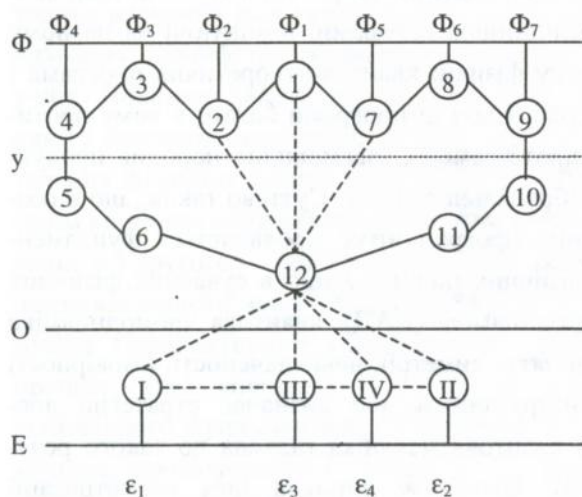


Рис. 1.1.

Квантовий шлях: 1 — принципи квантування Бора-Зоммерфельда; 2 — поняття про "спостережувані"; 3 — поняття про зв'язок спектроскопічних величин з законами механіки; 4 — принцип відповідності в формулюванні Бора; 5 — матричне представлення фізичних величин; 6 — рівняння Гамільтона для матриць.

Шлях оптико-механічної аналогії: 7 — оптико-механічна аналогія; 8 — гіпотеза де Бройля; 9 — поняття про частинку як групу хвиль; 10 — хвильове рівняння для частинок речовини; 11 — поняття про власні функції і власні значення (у зв'язку з квантуванням); 12 — формулювання квантової механіки.

Провідні філософські ідеї: Φ_1 — ідея симетрії; Φ_2 — ідея необхідності поєднання перервності і неперервності; Φ_3 — ідея зв'язку спостережуваних величин з законами природи; Φ_4 — ідея відпо-

відності між новими і старими законами; Φ_5 — ідея єдності законів природи; Φ_6 — ідея єдності форм руху; Φ_7 — ідея єдності матерії.

Основні емпіричні передумови квантової механіки: E_1 — експериментальне вивчення рентгенівського випромінювання; E_2 — досліди Франка і Герца; E_3 — дослідні дані про мультиплетний характер атомних спектрів; E_4 — дослідні дані про інтенсивності спектральних ліній. I — емпіричні закономірності рентгенівських спектрів; II — періодичність потенціалів іонізації встановлена в дослідах Франка і Герца; III — серіальні формули; IV — емпіричні правила для інтенсивності спектральних ліній.

Видно, що біля витоків обох напрямків розвитку квантової механіки стоїть класична механіка Ньютона. Використання оптико-механічної аналогії привело в кінцевому рахунку до хвильового рівняння Шредінгера. Власне квантовий шлях був відродженням на новому рівні корпускулярної теорії світла Ньютона. Квантова механіка — теорія квантових явищ, що встановлює спосіб опису і закони руху мікрочастинок — стала результатом завершального акту синтезу оптико-механічної аналогії і квантового шляху. Доведено, що за зовнішньою (оптико-механічною) аналогією математичного описання різних процесів приховані глибокі фізичні закономірності, в основі яких лежать певні види симетрії.

Дослідження закономірностей розвитку фізичних теорій дало можливість не тільки виділити сукупність понять, необхідну для засвоєння в школі, але і розробити методичний підхід до їх вивчення. Доведена педагогічна доцільність формування сучасних квантово-польових уявлень на основі послідовного узагальнення уявлень класичної фізики.

Показано, що принцип відносності, принцип відповідності, оптико-механічна аналогія, гіпотези Планка, Ейнштейна, де Бройля, по-

стулати Бора тісно зв'язані з фундаментальними поняттями і уявленнями квантово-польової картини світу (КПКС). В методичному плані суттєво, що КПКС виступає загальнішим знанням ніж конкретна теорія (квантова механіка, СТВ, КАД, КХД) і разом з тим вона більш наочна і менш абстрактна. Це пов'язано з тим, що теорія дає строге в логічному відношенні знання, тоді як ФКС завжди містить деякий чисто якісний, абстрактний зміст, який не піддається строгому визначенню. Абстрактні поняття теорії (наприклад, хвильова функція) віддалені від досвіду рядом проміжних етапів у вигляді абстракцій. Кожен новий крок абстрагування збільшує їх формальність. Що ж стосується уявлень КПКС (наприклад, уявлення про симетрію, відносність, квантування і т.д.), то вони виникають шляхом єдиного мисленого стрибка безпосередньо від даних наукового (повсякденного) досвіду. Зрозуміло, що такі узагальнення зберігають тісний зв'язок з чуттєвим досвідом і наочними образами. Все це вказує на доцільність включення елементів КПКС в шкільний курс фізики.

Виходячи з цілей навчання фізики і дидактичних принципів, а також слідуючи виявленій внутрішній логіці формування понять, можна виділити їх сукупність, необхідну з позицій фізики як навчального предмета і фізики як науки. Стосовно понять квантової механіки такими є: співвідношення невизначеностей, ймовірнісна поведінка мікрооб'єктів, корпускулярно-хвильовий дуалізм мікрочастинок, квантування енергії і моменту імпульсу мікрочастинок, стаціонарний (квантовий) стан, квантовий перехід, електронна хмара, спіні. Досліджено їх ієрархічний зв'язок між собою, а також з іншими фундаментальними поняттями. При розробленні конкретної методики вивчення цих понять враховувались виявлені закономірності їх розвитку в науці і роль методологічних знань у їх формуванні.

Операційний аналіз понять і величин КЕД, КХД, КАД показує, що на ранніх стадіях їх формування принципове значення мають наочні фізичні уявлення. На завершальному етапі формування математичного апарату теорії наочні уявлення не є визначальними, а тому в раціональних дедуктивних побудовах (в тому числі і вузівських курсах) від них відмовляються зовсім. Так виникає проблема фізичної інтерпретації математичного апарату готової фізичної теорії, найпростішим розв'язанням якої є математична інтерпретація.

"Проекуючи" далі вузівські курси на шкільні підручники "ненаочність" сучасних термів дублюється і множитья. Подальші методичні спроби "адаптувати", "трансформувати" ці теорії виявляються малоефективними. На цій основі створюється спрощене розуміння фізичної теорії як такої, що складається з двох частин: математичної, що оперує символами (числами, операторами і т.д.) і вимірювань, що зв'язують ці символи з об'єктами природи. Насправді ж наочні (фізичні) уявлення про матеріальний об'єкт теорії є такою ж необхідною складовою частиною як і математичний апарат, чи операції вимірювання.

І хоч на передньому краї наукового пізнання наочність пояснення може відходити на задній план, в пізнанні навчальному вона має провідне значення, оскільки тільки на цій основі можна досягнути усвідомленого розуміння.

Проведений аналіз показує, що симетрія в КАД, КХД, КЕД виступає не тільки як теоретична ідея, але і як важливий робочий інструмент пізнання, розв'язання конкретних задач. Так, вже на етапі класифікації адронів симетрії належить принципова роль, вона в кінцевому рахунку продукувала гіпотезу кварків. Видно також, що побудова кваркової моделі (КХД в цілому) не слідує класичній схемі циклу пізнання. Принциповими ідеями електрослабкої взаємодії вия-

вилися: ідея внутрішньої симетрії, локальної калібрувальної симетрії, спонтанного порушення (прихованої) симетрії, новий статус перенормування. Вирішальний прогрес був досягнутий завдяки синтезу цих ідей, переходу від ізольованого їх розгляду до використання в системі, що привело до кардинальної зміни всього фізичного мислення. Суттєво, що нині всі види взаємодій описуються теоріями, які ідентичні за своєю структурою — неабелеві теорії з локальною симетрією.

В другому розділі проаналізовані онтологічний, гносеологічний і методологічний аспекти симетрії. Схематично процес розвитку уявлень про симетрію в фізичній науці можна окреслити так: від початкових уявлень про симетрію як гармонію до осмислення симетрії як глибокої закономірності матеріального світу і далі до принципів симетрії, що лежать в основі побудови конкретної теорії і є вихідною вимогою для побудови кожної теорії.

Показано, що симетрія в науковому пізнанні і дослідженні виступає упорядковуючим, організуючим принципом, який розкриває в явищах єдине начало. Вона також є структуроутворюючим і системоутворюючим принципом і формує явища як цілісні системи. Тому розв'язання проблеми підвищення наукового рівня вивчення фізики, що вимагає приведення трактування основних понять, законів, теорій у відповідність з їх розумінням в сучасній фізичній науці, та формування в учнів науково-теоретичного стилю мислення неможливе без формування поняття симетрії.

У четвертому розділі "Методика формування в учнів системи фундаментальних фізичних понять" представлена процедура виділення з науки змістовного матеріалу фундаментальних фізичних понять для школи, розроблено дидактичну модель їх формування, запропонована методика формування системи фундаментальних фізич-

них понять на прикладі вивчення оптики і квантової фізики та пропедвтика їх формування.

Якби мета навчання фізики співпадала з ціллю фізичних досліджень, то включення системи понять, виділеної при аналізі сучасних фізичних теорій, в навчальну систему понять було б очевидним. Але реально таке співпадання неможливе. Тому виникає потреба конструювання навчальної системи фундаментальних понять, виділеної за критерієм одержання кінцевого корисного навчального результату, а саме цілей навчання фізики і освіти в цілому (табл. 4.1).

На основі виділеної з науки системи фундаментальних понять (процедура виділення спирається на розкриття закономірностей логіки розвитку науки, онтодидактичний аналіз понять, експертизу і т.д.) конструюється матриця навчальної системи фундаментальних понять. Вона включає такі поняття: симетрія, відносність, ймовірність, невизначеність, фундаментальні частинки (лептони, кварки, бозони), фізичний вакуум, фундаментальні взаємодії, поле, речовина. Виходячи з реальних можливостей діючих програм, матриця проектується на виділений в програмах зміст. Виділяється лінія трансформації повсякденних уявлень, через поняття-елементи і поняття-комплекси, до фундаментальних понять (знизу вверх) і друга лінія використання фундаментальних фізичних принципів для дослідження широкого кола явищ різної природи (зверху вниз). Кожна з цих ліній включає ряд розгалужень.

У запропонованому нами варіанті фундаментальні поняття формуються як теоретичні узагальнення при збереженні їх емпіричної основи — повсякденні уявлення.

Систему фундаментальних понять і зв'язків з їх структурними елементами можна зобразити у вигляді орієнтованого графа з впорядкованим розміщенням його вершин типу матриці

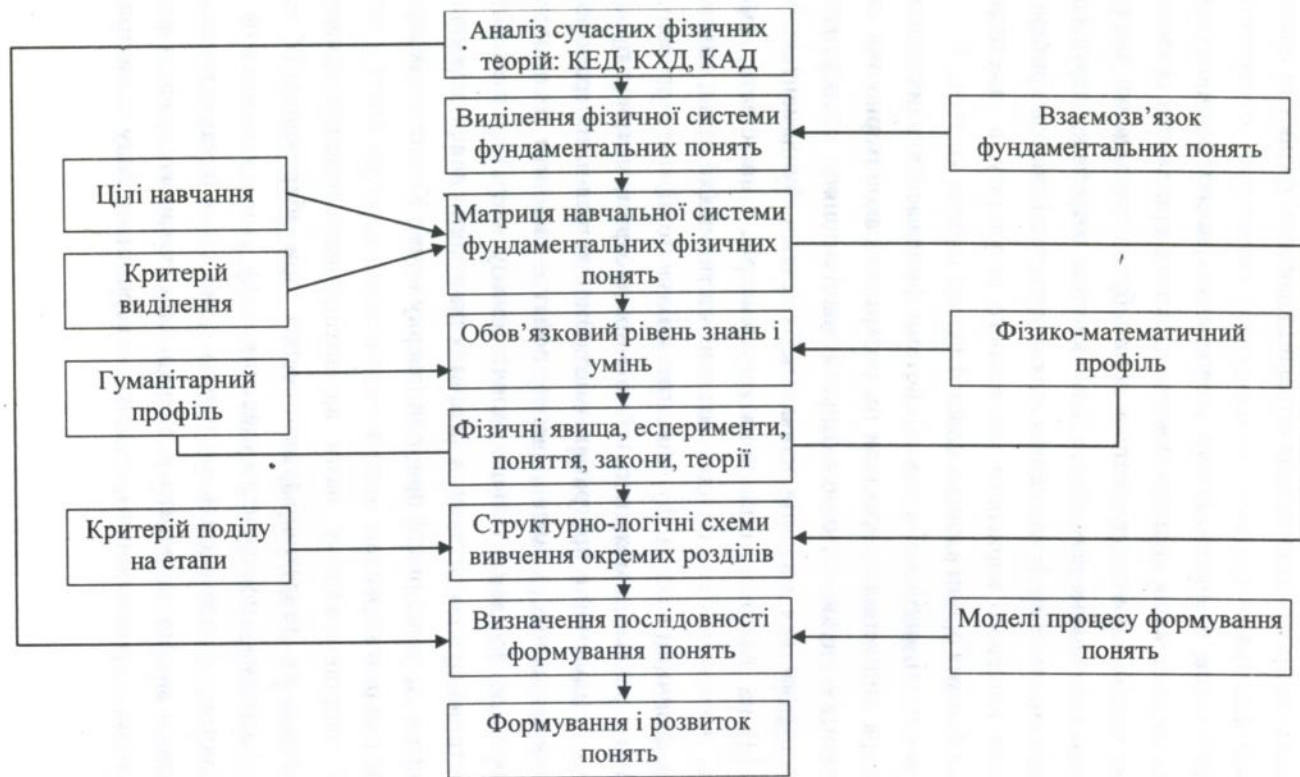


Табл. 4.1.

(вершини m_j — фундаментальні поняття, а вершини p_{ji} — структурні елементи фундаментальних понять). Фундаментальні поняття, функціональні і логічні зв'язки між ними є макроскопічним інваріантом моделі фізики, а схема зв'язків і логічних відношень між структурними елементами фундаментальних понять — мікроструктурний інваріант моделі (рис. 4.2).

В процесі поетапного розкриття структурної моделі науки, її макроструктурний інваріант (фундаментальні поняття), "обростає" від етапу до етапу все новими і новими структурними елементами, функціонально-структурними зв'язками і логічними відношеннями між ними, в кінцевому рахунку формується у певну цілісність, що системно відображає зміст окремих розділів та всього курсу фізики.

Для повноцінного формування системних знань учнів розроблено комплекс спеціальних завдань як репродуктивного, так і творчого характеру, спрямованих на засвоєння навчально-предметних знань, методологічних знань, системної структури предметного знання.

Потреба обґрунтування знань на основі фундаментальних фізичних понять вимагає внесення певних змін до програм предметів природничо-наукового циклу, які б орієнтували навчальний процес на формування цілісності знань і становлення науково-теоретичного способу мислення учнів. Так, розділ програми "Основні вимоги до знань і умінь учнів" має включати такі вимоги:

а) до знань учнів — понятійне ядро природничо-наукового знання; зміст фундаментальних фізичних понять: симетрії, відносності, невизначеності, ймовірності, фундаментальних частинок речовини і фізичних взаємодій, фундаментальних констант; фундаментальні фізичні закони; ієрархія законів природи.

б) до умінь учнів — розрізняти поняття за ступенем їх загальності; володіти методами системного засвоєння знань (аналіз складу

знань, виявлення знання та їх функцій, правила системного засвоєння знань); розрізняти закони за ступенем їх загальності і зв'язком з фундаментальними поняттями; використовувати фізичні поняття як універсальний засіб пізнання явищ різної природи.

Розгортання мікроструктурного інваріанта структурної моделі науки



Рис. 4.2.

Матриця фундаментальних понять, а також інваріантні зв'язки і відношення між її елементами в сукупності утворюють структуру навчальної системи знань з фізики на рівні фундаментальних понять. Вона є визначальною для всіх інших структур (теорії, закони, явища, поняття) і взаємозв'язана з ними.

Аналіз фізичних знань на основі понять симетрії, невизначеності, відносності, ймовірності дає можливість глибше зрозуміти

єдність фізичної науки з одного боку і структурованість фізичного знання з другого.

В дисертації показано, що фундаментальні поняття служать основою для систематизації і обґрунтування внутріпредметних і міжпредметних зв'язків. В таблиці 4.3. приведено фрагмент програми з фізики, де показані ці зв'язки. В першій колонці перелічені питання, інтерпретація яких передбачає використання елементної бази відповідних фундаментальних понять. У другій колонці таблиці розкрита логіка зв'язку конкретного змістового матеріалу з відповідним фундаментальним поняттям. В такий спосіб, не збільшуючи передбачений програмою бюджет часу на вивчення фізики, вдається глибше розкривати зміст традиційного матеріалу фізики і самих фундаментальних понять.

Проведені експериментальні дослідження показали доцільність такого методичного підходу, в якому б поєднувалися дві взаємозв'язані лінії структурування навчального матеріалу на основі фундаментальних фізичних принципів і фундаментальних фізичних понять. Перша з них передбачає цілісний розгляд об'єктів і явищ як стосовно їх внутрішньої природи, так і методів пізнання. Друга — цілеспрямоване формування на основі повсякденних уявлень таких понять-елементів і понять-комплексів, які визначають індуктивні основи фізичних теорій. Їх поєднання важливе з огляду на те, що, по-перше, в такий спосіб вдається досягнути усвідомленого розуміння матеріалу на кожному навчальному відрізьку, по-друге, учні дістають дієвий інструмент пізнання, застосовний в кожній конкретній ситуації (а не просто філософську ідею збереження, єдності і т.д.). Сконструйовані на основі фундаментальних понять елементи індуктивної частини теорії служать "направляючими" для загальних фізичних принципів, "заземлюють" їх.

В дисертації розкрито як реалізуються ці дві лінії при вивченні оптики, атома, атомного ядра, адронів, елементарних частинок.

Так ідея оптико-механічної аналогії (тісно зв'язана з принципами симетрії і відповідності) визначає структуру розділу оптики. Геометрична симетрія в поведінці променів (поширення в однорідному середовищі, на межі двох середовищ, зображення в оптичних системах), хвиль (інтерференція, дифракція, поляризація), фотонів (інтерференція, дифракція) підтверджує внутрішню симетрію самого досліджуваного об'єкта — світла. Це дає можливість використовувати симетрію (зокрема принцип Кюрі) для проектування результатів експериментів, розв'язування задач, постановки проблем.

Спираючись на повсякденні уявлення (світловий пучок, накладання хвиль, корпускули) конструюють для виділених меж послідовні моделі променя, хвилі, фотона, які з різною повнотою описують один і той самий об'єкт — світло.

Поняття електромагнітного поля деталізується з мікроскопічної точки зору. Введенням віртуальних фотонів поряд з реальними вдається якісно пояснити зв'язок електромагнітного поля і зарядів. Стосовно самого процесу випромінювання і поглинання віртуальних квантів, то за своєю природою він має ймовірнісний характер, тобто кожний окремий акт випадковий і можна говорити тільки про певну ймовірність його настання. З цих міркувань випливає фундаментальне для всієї квантової фізики співвідношення невизначеностей.

В загальних рисах з'ясований механізм електромагнітної взаємодії переноситься на інші його види.

Програма з фізики (фрагмент)

<i>XI кл. Зміст програмового матеріалу</i>	<i>Логіка зв'язку з відповідним фундаментальним поняттям</i>
1. Електромагнітна індукція. Індукційне електричне поле. Закон електромагнітної індукції. Правило Ленца. Енергія магнітного поля струму. Перетворення енергії в коливальному контурі.	Проблема існування взаємозв'язку магнітного і електричного полів. Симетрія законів електродинаміки. Симетрія. Збереження. Взаємобумовленість явищ. Симетрія математичних рівнянь і фізична суть явищ.
2. Електромагнітне поле. Електромагнітні хвилі і швидкість їх поширення. Енергія електромагнітної хвилі. Густина потоку випромінювання.	Зв'язок: симетрія — явище; симетрія поля; принцип відносності; с — фундаментальна стала; спосіб передачі взаємодії; фундаментальні взаємодії.
3. Когерентність. Інтерференція світла і її застосування в техніці. Дифракція світла. Принцип Гюйгенса-Френеля. Поляризація. Геометрична оптика. Закони геометричної оптики. (Принцип Ферма).	Суть фізичного явища — модель; симетрія — явище; геометричні і внутрішні симетрії; принцип симетрії Кюрі; введення хвильової моделі на основі виявленої симетрії.

<p>4. Елементи теорії відносності. Швидкість світла у вакуумі як гранична швидкість передачі сигналу. Релятивістський закон додавання швидкостей. Закон взаємозв'язку маси і енергії.</p>	<p>Принцип відносності Галілея і Ейнштейна; c — фундаментальна константа; межі застосування класичної механіки; маса і енергія спокою; взаємозв'язок маси і енергії; закон збереження маси речовини (хімія); фізичні закони і симетрія простору-часу.</p>
<p>5. Фотоефект і його закони. Кванти світла. Рівняння фотоефекту. Фотон. Корпускулярно-хвильовий дуалізм. Хімічна дія світла. Тиск світла. (Ефект Комптона).</p>	<p>Симетрія рівнянь — гіпотеза квантування; симетрія — збереження; фундаментальна частинка — фотон; спосіб квантової взаємодії і симетрія поля; невизначеність; віртуальні частинки; корпускулярно-хвильовий дуалізм і ймовірнісна поведінка мікроб'єктів; принцип відповідності.</p>

Навики пізнавальної діяльності, здобуті на основі фундаментальних понять симетрії, відносності, невизначеності, ймовірності, розвиваються при вивченні атомної фізики. Матеріал розгортається так, що планетарна модель атома, модель атома Бора і квантова модель виступають необхідними і закономірними етапами в пізнанні явищ мікросвіту. Стратегія оптико-механічної аналогії визначає пе-

рехід від планетарної моделі до моделі Бора і далі до квантової моделі, а принцип відповідності дає можливість з'ясувати співвідношення між ними. Симетрія диктує логіку введення хвиль де Бройля і їх ймовірнісну інтерпретацію, причому хвильові властивості поширюються на всі мікрочастинки. Ідея зондування складних мікрооб'єктів і дискретний характер зміни їх енергії дають інструмент дослідження ядер і адронів. Співвідношення невизначеностей визначає межі застосування класичної механіки, а також використовується для розв'язання ряду практичних задач (оцінка енергії основного стану атома, положення електрона в атомі і т.д.). Періодичний характер зміни електронних структур атомів пояснює періодичний закон Д.І.Менделєєва.

Спираючись на фундаментальні поняття симетрії, ймовірності, невизначеності, відносності вдається встановити інваріантні зв'язки в змісті матеріалу різних розділів (оптика, будова атома і атомного ядра, елементарні частинки) і на цій основі розробити методіку єдиного підходу до вивчення різних видів взаємодій. Вона передбачає: а) однаковий спосіб дослідження структури мікрооб'єктів; б) однаковий механізм передачі взаємодії; в) однаковий інструментарій дослідження явищ різної природи (таким інструментом служать фундаментальні поняття, зміст яких від розділу до розділу розширюється і поглиблюється).

Система понять складає кістяк кожного навчального предмета, а фундаментальні поняття, які узагальнюють значну частину цієї системи, виражають те ядро, той основний понятійний матеріал, який і є інваріантом навчального предмета.

В основу відбору змісту фундаментальних понять лягли такі положення:

1) Аналіз наукового матеріалу дає можливість визначити зміст фундаментального поняття в сучасному природознавстві та з'ясувати логіку його формування. Відомо, що фундаментальні поняття, як правило, є такими не тільки для однієї конкретної науки, а належать цілому циклу наук. Ця загальність багатьох фундаментальних понять є відображенням єдності природи і взаємозв'язку наук, що досліджують природу. Результат цього аналізу можна виразити у різній формі. На наш погляд, найбільш зручною є схема понятійного апарату, побудована таким чином, що основною лінією схеми вибирається лінія структури об'єкта, елементи якої розгортаються шляхом введення понять-явищ, понять-властивостей, понять-величин і т.д.

2) З схеми понятійного апарату фундаментального поняття в природничих науках у відповідності до предмета дослідження конкретних наук виділяється схема понятійного апарату, що описує фундаментальне поняття в фізиці, в хімії, в біології.

3) Черговим завданням є виділення із схеми понятійного апарату фундаментального поняття в фізиці (хімії, біології) того змісту поняття, який має бути засвоєний учнями в школі ("верхній" рівень змісту поняття в школі). Для цього треба вибрати критерії виділення, узгоджені з вимогами суспільства і метою навчання. Такими критеріями, поряд із загальновідомими дидактичними принципами, є критерій значимості, критерій доступності, критерій міжпредметних зв'язків.

4) Далі в одержаній схемі понятійного апарату необхідно виділити етапи і встановити фіксований рівень для кожного етапу. Визначення останнього безпосередньо впливає із схеми понятійного апарату і її опису. В табл. 4.4 приведені для прикладу основні етапи розвитку поняття мікрооб'єкт.

5) На основі схеми понятійного апарату можна визначити по-

слідовність формування поняття шляхом виявлення ліній зв'язку між елементами схеми.

б) Схема понятійного апарату дає можливість знайти лінії міжпредметних зв'язків і шляхи їх реалізації.

Так відбувається відбір змісту фундаментальних понять. Далі, в процесі навчання здійснюється формування понять у відповідності до моделі процесу і аналіз успішності засвоєння за допомогою критеріїв успішності.

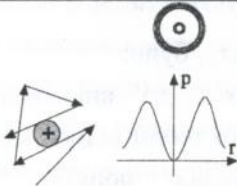
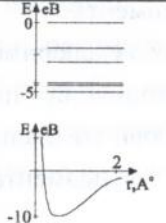
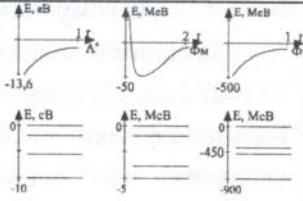
У п'ятому розділі "Організація, методика проведення і результати педагогічного експерименту" наводяться результати констатуючого експерименту, на підставі яких робляться висновки щодо основних недоліків у засвоєнні понять, рівня сформованості науково-теоретичного мислення учнів. Розкриваються особливості організації пошукового та формуючого експерименту, формулюються робочі гіпотези та наводяться дані їх статистичної перевірки.

В констатуючому експерименті розв'язувалися такі завдання: а) виявити рівень засвоєння окремих понять і фактори, які впливають на їх формування; б) виділити елементи знань, які сприяють пропедевтиці фундаментальних понять і з'ясувати стан їх засвоєння в 7-9 класах; в) виявити рівень сформованості в учнів методів системного засвоєння знань; г) дослідити динаміку розвитку уявлень учнів про природу електромагнітного випромінювання.

Експериментом було охоплено 687 випускників шкіл та 895 учнів 7-10 класів. Учням пропонувалися як тестові завдання з вибором відповіді, так і питання і задачі, які вимагали розгорнутих пояснень. Ми розробили систему завдань, які дозволяють не тільки виявляти вміння розпізнавати і класифікувати предметні знання, а й визначати рівень сформованості методів системного засвоєння знань, прослідкувати хід міркувань учнів в процесі виконання завдань.

План-карта
розвитку поняття мікрооб'єкт (фрагмент)
 Основні етапи розвитку поняття мікрооб'єкт

	III – 9 кл. Хімія. Фізика	IV – 10 кл. Фізика	V – 11 кл. Фізика
Вид мікрооб'єкта	молекула, атом, іон, електрон, протон	(молекула, атом, іон, електрон, нейтрон, протон) елементарна частинка	(молекула, атом), фотон, елементарна частинка, нуклони, адрони (баріони, мезони), кварки, лептони, глюони, проміжні бозони, фотони
Характеристики мікрооб'єкта: маса, заряд і т.д.	заряд ядра; зміна заряду ядра і хімічні властивості елементів	елемент. ел. заряд, сила взаємодії ел. зарядів; закон збереження електричного заряду	енергія зв'язку; зв'язок між масою і енергією; перетворення елементарних частинок; колір, аромат
Структурні компоненти, їх рух і взаємодія	електронна оболонка атома (хімічні властивості елементів і будова електронної оболонки); електронний шар; специфі-	характер електромагнітної взаємодії; специфіка руху атомів при низьких тем-	корпускулярно-хвильовий дуалізм мікрооб'єктів; ймовірнісна поведінка мікрооб'єктів; сильна і слабка взаємодії; співвідношення невизначенос-

	ка руху електронів в атомі — дискретний характер локалізації; спарені і неспарені електрони; хімічний зв'язок; пружне зіткнення мікрочастинок	пературах; квантування енергії атомів газу; особливості руху електронів в металі (спін електрона)	тей; квантові стани. 18 фунд. частинок: 6 лептонів ($e, \mu, \tau, \nu_e, \nu_\mu, \nu_\tau$), 6 кварків (d, S, b, u, c, t), 5 вект. бозонів (фотон, глюон, калібр. бозони W^\pm, Z^0), 1 гравітон
Моделі мікрооб'єкта	електронна хмарка; s- і p-хмарки; відображення в моделі якісної специфіки мікрооб'єкта	точковий заряд; енергетичні рівні молекул; потенціальні криві	енергетичні рівні мікросистеми у зв'язаному стані; модель атома Бора; потенціальні криві; модель ядерних оболонок; діаграма Фейнмана
Базові фундамент. поняття	Ймовірність, відносність, симетрія, фундаментальні константи	фундаментальні взаємодії, симетрія, ймовірність, відносність	Невизначеність, фундаментальні частинки, симетрія, ймовірність, фундаментальні константи
Наочний образ			

Узагальнення результатів констатуючого експерименту дозволило зробити такі висновки відносно основних недоліків у засвоєнні понять: а) уявлення про фундаментальні поняття "симетрія", "відносність", "відповідність", "поле", "речовина" носять фрагментарний характер: в кращому випадку учні намагаються розкрити зміст цих термінів, тоді як про можливість використання їх як інструменту пізнання чи основоположних закономірностей природи не йдеться; б) відсутнє розуміння ієрархічності зв'язків між закономірностями природи та відповідної структурованості знань; в) учні не можуть дати якісне пояснення специфіки різних видів взаємодій, виявити спільні ознаки механізмів їх здійснення; г) низький рівень засвоєння поняття корпускулярно-хвильового дуалізму, ідеї квантування електромагнітного випромінювання; д) відсутні робочі інтегруючі поняття, покладені в основу вивчення окремих тем, розділів, теорій, курсу фізики в цілому. Так, немає наступності у вивченні геометричної, хвильової і квантової оптики, а також оптики і фізики атома і атомного ядра. Дані констатуючого експерименту вказують також на те, що знання про методи наукового пізнання суттєво впливають на сформованість елементної бази фундаментальних понять.

Результати констатуючого експерименту були враховані при визначенні фіксованого рівня змісту фундаментальних понять в школі, коректуванні програми розподілу елементів знань, які сприяють формуванню фундаментальних понять, а також використовувалися в пошуковому експерименті.

Завданням пошукового експерименту, було:

а) апробувати методичний підхід до вивчення розділів "Квантова фізика" та "Основи спеціальної теорії відносності", структурованих на основі фундаментальних понять "симетрія",

"відносність", "невизначеність", "ймовірність"; відібрати і апробувати зміст матеріалу з пропедевтики квантових уявлень;

б) апробувати методичні розробки уроків, в яких реалізується єдиний підхід до вивчення оптики і атомної фізики;

в) перевірити доступність засвоєння учнями понять: співвідношення невизначеностей, принцип Паулі, хвилі ймовірності, тунельний ефект, фізичний вакуум, віртуальні частинки, кварки, ентропія.

Експеримент проводився на базі шкіл м.Києва і Тернопільської області. Всього експериментом було охоплено 320 учнів. Було виявлено, що введення нових понять викликає інтерес учнів, сприяє узагальненню вивченого матеріалу і встановленню меж застосування класичних теорій. Показником доступності нових понять служило засвоєння матеріалу на рівні відтворення і застосування знань в знайомій ситуації 2/3 учнів. Рівні засвоєння встановлювалися за результатами виконання учнями письмових завдань і усного опитування.

Результати виконання більшості завдань (69%–85% вірних відповідей) засвідчують про доступність введення нових понять. Разом з тим, враховуючи необхідність забезпечення розвиваючого ефекту для всіх учнів, ми змушені були відмовитися від введення деяких понять, а саме: хвильова функція, суперпозиція станів, ентропія, тунельний ефект. Їх засвоєння вимагало великих затрат часу і було зв'язано з рядом труднощів методичного характеру.

Одержані в пошуковому експерименті матеріали використовувалися при складанні методичних рекомендацій для вчителів, послужили базою для узагальнення і розробки вихідних позицій формуючого експерименту, мета якого — перевірити ефективність розробленої методики загального підходу до формування в учнів фундаментальних понять.

В ході експерименту розв'язувалися такі завдання: а) перевірити доступність для засвоєння системи фундаментальних понять; б) виявити рівень засвоєння фундаментальних понять при реалізації в навчанні запропонованої методики; в) перевірити ефективність методики розвитку квантових уявлень про природу електромагнітного випромінювання і вплив її на формування квантових понять. Формуючий експеримент проводився під безпосереднім керівництвом і при участі автора. Всього експериментом було охоплено 804 учні.

Оцінка результатів експериментального навчання проводилася на основі: а) кількісного і якісного аналізу результатів виконання учнями контрольних робіт, які послідовно охоплюють зміст навчальних розділів; б) систематичних спостережень за процесом навчання, бесід з учителями, відгуків учителів-експериментаторів про наслідки експериментального навчання і доцільності запропонованої методики формування системи фундаментальних понять.

Одинадцятикласники успішно засвоїли поняття симетрії і співвідношення невизначеностей. Успішність виконання завдань, де використання їх як робочого інструменту було обов'язковим ($k=0,69-0,81$), свідчить про доступність запропонованого підходу до їх вивчення.

На основі одержаних результатів можна зробити висновок, що структурування навчального матеріалу розділу "Квантова фізика" на основі фундаментальних понять симетрії, невизначеності, ймовірності, відносності, фундаментальні частинки є ефективним, а засвоєння цих понять доступне для учнів.

На основі узагальнення результатів дослідження в дисертації сформульовані загальні висновки.

1. Доведена продуктивність історичної реконструкції сучасних фізичних теорій в методичних цілях: пошук основи для структуру-

вання навчального матеріалу (в рамках як окремих розділів, так і фізики в цілому), та основи для вироблення раціональної методики навчання — необхідної з позиції фізики як науки і фізики як навчальної дисципліни.

2. Розроблена процедура відбору з науки змістовного матеріалу фундаментальних фізичних понять.

3. Показано, що формування фундаментальних понять, які органічно входять в сучасні фізичні уявлення про природу, не тільки є необхідним елементом формування ФКС, але сприяє такій організації навчального матеріалу, при якій найбільш повно розкривається структура і логіка сучасної фізичної науки, статус понять і законів, формування наукового світогляду. Широкий спектр характеристик окремих властивостей фундаментальних понять виділяє їх формування в один з основних визначальних структурних елементів процесу навчання.

4. Концептуально обґрунтована і побудована методична система формування науково-теоретичного мислення учнів на основі системи фундаментальних фізичних понять.

5. Доведено, що фундаментальні поняття служать тією дидактичною одиницею, досліджуючи процес формування якої можна визначити необхідні дидактичні умови підвищення якості навчання. Завдяки зв'язку фундаментальних понять з повсякденними уявленнями вдається так організувати навчальний процес, щоб їх формування йшло паралельно з розширенням досвіду учнів.

6. Розроблена методика формування системи фундаментальних фізичних понять (симетрія, невизначеність, відносність, фундаментальні частинки) на прикладі вивчення оптики і квантової фізики та пропедевтика їх формування.

7. Доведено в експериментальному навчанні доступність і ефективність розробленої методики.

Дослідження варто продовжити в таких напрямках:

- а) методика структурування навчальних курсів механіки, молекулярної фізики, електродинаміки на основі системи фундаментальних фізичних понять;
- б) психологічні проблеми формування фундаментальних фізичних понять як системи динамічних об'єктів;
- в) моделі процесу формування фундаментальних фізичних понять як основи для проектування діяльності вчителя і учнів.

Список публікацій автора з теми дослідження

Монографії, підручники, посібники

1. Будний Б.Є. Вивчення квантової фізики в школі. Посібник для вчителів і учнів.– К.: Ін-т пед., 1995.– 160с.
2. Будний Б.Є. Формування фундаментальних фізичних понять. Монографія.– К.: А.С.К., 1996.– 128с.
3. Лютко І.Ф., Будний Б.Є. Зошит для лабораторних робіт з фізики. 7 клас. Тернопіль: Мандрівець, 1996.– 80с. (співавт.; 2,5 друк. арк.)
4. Лютко І.Ф., Будний Б.Є. Зошит для лабораторних робіт з фізики. 8 клас. Тернопіль: Мандрівець, 1996.– 80с. (співавт.; 2,5 друк. арк.)
5. Будний Б.Є. Пропедевтика квантових уявлень учнів при вивченні фізики в 6-8 класах.– К.: Ін-т пед., 1984.– 48с.
6. Будний Б.Є. Методичні рекомендації по пропедевтиці квантових уявлень учнів при вивченні фізики в 9-10 класах.– К.: Ін-т пед., 1985.– 46с.
7. Будний Б.Є., Левінська М.Г. Методичні рекомендації по обчисленню похибок вимірювання фізичних величин.– Тернопіль, 1981.– 36с. (співавт.; 1,25 друк.арк.)

Статті, програми, методичні розробки, тези доповідей

8. Будний Б.Є. Вивчення властивостей мікрооб'єктів в курсі фізики 10 класу//Радянська шк.– 1986.– №4.– С. 38-44.

9. Будний Б.Є. Квантування енергії атомів газу//Вивчення фізики в школі. Респ. наук.-метод. зб.– К.: Рад. шк., 1986.– С. 35-42.
10. Будний Б.Є., Гончаренко С.У., Вознюк С.Ю. Розвиток уявлень про природу оптичного випромінювання в курсі фізики середньої школи//Методика викладання математики і фізики. Респ. наук.-метод. зб.– К.:Рад. шк., 1985. Вип.2.– С.116-124.
11. Будний Б.Є., Гончаренко С.У., Вознюк С.Ю. Розвиток квантових уявлень про природу електромагнітного випромінювання//Методика викладання математики і фізики. Респ. наук.-метод. зб.– К.: Рад. шк., 1986.– Вип.3:С. 74–81.
12. Будний Б.Є. Формування квантових уявлень в процесі вивчення атомної фізики//Методика викладання математики і фізики. Респ. наук.-метод. зб.– К.: Рад. шк., 1988.– Вип.5:С. 124-132.
13. Будний Б.Є. Формування квантових уявлень учнів при вивченні атомного ядра//Методика викладання математики і фізики. Респ. наук.-метод. зб.– К.: Рад. шк., 1991.– С. 115-121.
14. Будний Б.Є. Розв'язування задач як засіб розвитку уявлень про досліджувані явища//Розв'язування задач з фізики. Збірник статей, ред. Є.В.Коршак.– К.: Рад. шк., 1989.– С. 36-43.
15. Будний Б.Є. Принцип відносності як закономірність природи і засіб пізнання//Фізика конденсованих систем: наукові записки Рівенського педінституту. т.1. Збірник наукових праць.– Рівне, Рівн. пед., 1993.– С. 213-217.
16. Будний Б.Є. Формування сучасного способу мислення учнів//Мандрівець. Освітнянський журнал.– Тернопіль, Лілея, 1993.– №1:С.91-97.
17. Будний Б.Є. Теоретичні і експериментальні методи дослідження при формуванні фундаментальних фізичних понять//Методологія наукового пізнання. Наук. зб.– Тернопіль: ТДП,

1993.– С.187-195.

18. Будный Б.Е. Этапы построения квантовых моделей атома и электромагнитного излучения//Совершенствование преподавания естественно-математических дисциплин. Сб. ст.– М.:НИИ СИМО, 1985.– С. 120-125.

19. Андриєвський В.В., Будний Б.Є., Кульчицький В.І. Демонстраційний експеримент по реєстрації індукції змінного магнітного поля//Розвиток творчих здібностей у процесі навчання фізики: Збірник статей. У 2-х частинах.– Чернівці, ОІПК ППО, 1996.– С. 3-5.

20. Будний Б.Є. Формування професійних навиків майбутніх вчителів фізики//Розвиток творчих здібностей студентів і учнів у процесі вивчення предметів фізичного циклу. Метод. рекомендації.– Луцьк, 1989.– С. 44-46.

21. Гушулей Й.М., Будний Б.Є. Міжпредметні зв'язки викладання загально-технічних дисциплін і фізики//Методичні рекомендації по вдосконаленню навчально-виховної роботи на факультетах підготовки вчителів загальнотехнічних дисциплін.– К., 1988.– С. 17-20.

22. Будний Б.Є. Мислений експеримент при розв'язанні технічних проблем//Наукові записки Рівенського педінституту. Розвиток технічної і прикладної творчості молоді та фізико-технічного експерименту.– Рівне, 1993.– С. 104-106.

23. Будний Б.Є. Квантові явища в макросвіті//Методичні особливості викладання фізики на сучасному етапі.– Кіровоград, 1994.– С. 101-103.

24. Будний Б.Є. Інтеграція природничих дисциплін на основі фундаментальних фізичних принципів//Проблеми інтеграції природничих знань в умовах сучасної школи.– Тернопіль, 1993.– С. 25-28.

25. Будний Б.Є. Формування науково-теоретичного способу мислення при вивченні фізики//Розвиток мислення студентів та учнів

у процесі вивчення фізики.– Чернігів, 1990.– С. 5-7.

26. Будний Б.Є. Організація самостійної дослідницької діяльності студентів у школі//Зміст, форми і методи самостійної роботи студентів. Збірник.– Тернопіль, 1990.– С. 138-140.

27. Будний Б.Є., Грюк І.Б., Воловик В.П. У пошуках абітурієнта//Формування і становлення сучасного вчителя.– Рівне, 1990.– С. 144-146.

28. Будний Б.Є. Професійна орієнтація школярів//Тези міжвузівської науково-практичної конференції.– Рівне, 1989.– С. 91-93.

29. Будний Б.Є. Квантовий характер взаємодії оптичного випромінювання з молекулами флуоресцеїну//Навчальний демонстраційний есперимент.– Бердянськ, 1991.– С. 5-7.

30. Програма з фізики у фізико-математичному ліцеї//Тези республіканської конференції. Зб. статей.– Тернопіль, 1992.– С. 98-101.

31. Будний Б.Є. Фундаментальні фізичні принципи при розв'язуванні задач//Проблеми використання задач у процесі викладання природничо-математичних дисциплін.– Чернігів, 1993.– С.45-47.

32. Будний Б.Є. Використання принципу симетрії при вивченні фізики//Шляхи підготовки вчителя фізики до розв'язання професійних задач.– Запоріжжя, 1993.– С. 93-95.

33. Бовсунівський Л.Й., Будний Б.Є. Іконічна модель телевізійного зв'язку//Розвиток технічної і прикладної творчості молоді та фізико-технічного експерименту.– Рівне, 1993.– С. 153-155.

34. Будний Б.Є., Бовсунівський Л.Й. Саморобний демонстраційний омметр на уроці фізики//Сучасні проблеми організації науково-технічної творчості молоді.– Ніжин, 1992.– С.29-31.

35. Будний Б.Є. Фундаментальні поняття в змісті шкільної освіти. Програма//Інтеграція елементів змісту освіти. Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції.– Полтава, 1994.– С. 17-19.

36. Будний Б.Є. Фундаментальні поняття в структурі шкільного курсу фізики//Педагогіка і психологія. Науково-теоретичний та інформаційний журнал АПН України,– К., 1995.– №1(6).– С. 72-81.

37. Будний Б.Є. Перші кроки до вивчення сучасних фізичних теорій: наочність//Мандрівець. Освітнянський журнал.– Тернопіль: Лілея, 1994.– №2.– С. 72-81.

38. Будний Б.Є. Суб'єктивний чинник в дослідженні явищ мікросвіту//Суб'єкт пізнання: Онтологічні та методологічні аспекти проблеми. Збірник статей.– Тернопіль, 1995.– С. 31-40.

39. Будний Б.Є. Методичний підхід до вивчення квантових закономірностей// Педагогіка і психологія. Науково-теоретичний та інформаційний журнал АПН України.– К., 1995.– №3(8).– С. 40-51.

40. Бовсунівський Л.Й., Будний Б.Є. Секундомір на базі гальванометра//Рідна школа. К., 1995.– №4.– С. 76-78.

41. Будний Б.Є. Методологічні аспекти формування фундаментальних фізичних понять//Стандарти фізичної освіти в середній школі України.– Чернігів, 1996.– С.14-17.

42. Будний Б.Є., Андрієвський В.В., Кульчицький В.І. Дослідження характеристик навантаженого трансформатора//Діяльнісний підхід у навчально-пошуковому процесі з фізики і математики. ч.1. Фізика.– Рівне, 1996.– С. 168-170.

43. Будний Б.Є., Андрієвський В.В., Кульчицький В.І. Вивчення роботи навантаженого трансформатора//Методичні особливості викладання фізики на сучасному етапі. ч.1.– Кіровоград, 1996.– С. 50-52.

44. Лісняк П.Г., Будний Б.Є. Методика розв'язування задач на розрахунок електричних кіл з комбінованими з'єднаннями провідників//Методичні особливості викладання фізики на сучасному етапі. ч.1.– Кіровоград, 1996.– С. 56-58.

Budnyi B.Ye. Theoretical foundations of forming a system of fundamental physical notions in school students.

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. Dragomanov Ukrainian Pedagogical University.— Kyiv, 1997.

The theoretic-methodical substantiation of regularities of forming scientific-theoretical mentality of school students on the basis of the system of fundamental physical notions is offered. The productivity of the historical reconstruction of modern physical theories with methodical purposes, as the foundation for the structuring of educational material (within separate themes, chapters, physics as a whole) and the basis for the elaboration of the rational teaching methods — necessary from the point of view of physics as a science and physics as school subject has been proved.

Будный Б.Е. Теоретические основы формирования в учащихся системы фундаментальных физических понятий.

Диссертация в виде рукописи на соискание ученой степени доктора педагогических наук по специальности 13.00.02 — теория и методика обучения (физике).— Украинский государственный педагогический университет имени М.П.Драгоманова.— Киев, 1997.

В диссертационном исследовании дано теоретико-методическое обоснование закономерностей формирования научно-теоретического мышления учащихся на основе системы фундаментальных физических понятий. Доказана продуктивность исторической реконструкции современных физических теорий в методических целях, как основы для структурирования учебного материала (в рамках как отдельных тем и разделов, так и физики в целом) и основы для разработки рациональной методики обучения — необходимой с позиции физики как науки и физики как учебной дисциплины.

Ключові слова: фундаментальні поняття, симетрія, відносність, невизначеність, навчання фізики, квантова фізика.

Будний

43552.9

АВ 37.153
АВ 37.153

Підписано до друку 4.03.97. Формат 60x841/16. Ум. друк. арк. 2,96.
Тираж 100 прим. Зам. №745.

282000, м. Тернопіль, вул. Довга, 21.
Товариство з обмеженою відповідальністю "Поліграфіст"