

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

ОРИЩИН Юрій Михайлович

УДК 53 (07)

**ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА ВДОСКОНАЛЕННЯ КУРСУ ЗАГАЛЬНОЇ ФІЗИКИ ЗАСОБАМИ
СУЧАСНОГО НАВЧАЛЬНОГО ФІЗИЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ**

13.00.02 – теорія і методика навчання фізики

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора педагогічних наук

Київ – 2006

Дисертація є рукопис.

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

Науковий консультант: доктор педагогічних наук, професор,

дійсний член АПН України

ЛЯШЕНКО Олександр Іванович,

Президія Академії педагогічних наук України,

головний вчений секретар

Офіційні опоненти: доктор педагогічних наук, професор

ВЕЛИЧКО Степан Петрович,

Кіровоградський державний педагогічний
університет імені Володимира Винниченка,

завідувач кафедри фізики та методики її викладання;

доктор педагогічних наук, доцент

ІВАНИЦЬКИЙ Олександр Іванович,

Запорізький національний університет,

доцент кафедри фізики та методики її викладання;

доктор фізико-математичних наук, професор

ГРИЦЕНКО Микола Іванович,

Чернігівський державний педагогічний
університет імені Т.Г. Шевченка,

завідувач кафедри загальної фізики

Провідна організація: Волинський державний університет імені Л. Українки,

кафедра загальної фізики та методики викладання фізики,

Міністерство освіти і науки України, м. Луцьк

Захист відбудеться 30 червня 2006 року о 14 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д.26.053.06 в Національному педагогічному університеті імені М.П. Драгоманова, 01601, м. Київ-30, вул. Пирогова, 9.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова, 01601, м. Київ-30, вул. Пирогова, 9.

Автореферат розіслано “__11__” травня _____ 2006 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради

Є.В. Коршак

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність дослідження. Вже не одне століття фізика є однією із найважливіших дисциплін. Її світоглядні функції та роль у науково-технічному прогресі зумовлюють непересічну актуальність фізичних знань для навчального процесу та практичних потреб. Фізика забезпечує вивчення широкого кола дисциплін. Саме на її засадах відбувається систематизація у сприйнятті та відображенні явищ навколишнього світу в процесі їх пізнання, формується наукове мислення, шліфується інтуїція майбутнього фахівця.

Однак продовження зменшення ваги фізики в інженерній підготовці та втрата у суспільства інтересу до неї створюють проблему – як представляти цю природничу науку у сучасному навчальному процесі з його вимогами динаміки? У цьому сенсі вагомим є також питання – якої технології навчання слід дотримуватися, щоб сучасний курс загальної фізики забезпечував оволодіння новітніми науково-технічними та духовними здобутками цивілізації?

В Україні функціонує система навчання загальної фізики, формування якої здебільшого завершилося наприкінці 80-х років ХХ століття. Упродовж останнього десятиріччя вона постійно вдосконалюється. Провідні ідеї, погляди, засади, теорії тощо, на основі синтезу яких вибудовується сучасна концепція фізичної освіти, зароджені, розроблені та впроваджені в результаті науково-пошукової діяльності як вітчизняних (О.І. Бугайов, С.У. Гончаренко, А.М. Гуржій, В.Р. Ільченко, Є.В. Коршак, О.І. Ляшенко, М.Т. Мартинюк, А.І. Павленко, А.М. Сабо, О.В. Сергєєв, М.І. Шут та ін.), так і зарубіжних (Г.М. Голін, Ю.І. Дік, В.О. Извозчиков, С.Ю. Каменецький, В.В. Мултановський, Д.І. Пеннер, В.Г. Разумовський, А.В. Усова та ін.) дослідників. У низці докторських дисертаційних досліджень вирішувалися проблеми взаємозв'язку теоретичного й емпіричного в навчанні фізики (О.І. Ляшенко), теоретико-методологічного обґрунтування закономірностей формування науково-теоретичного мислення учнів на основі фундаментальних фізичних понять (Б.С. Будний), самостійної роботи студентів-курсантів (Б.А. Сусь); розглядалися науково-методичні засади навчання фізики в основній школі (М.Т. Мартинюк); шляхи вдосконалення навчання фізичного експерименту (С.П. Величко); висвітлювалися питання теоретико-методологічного обґрунтування та практичного втілення дидактичної системи управління навчально-пізнавальною діяльністю у навчанні фізиці (П.С. Атаманчук), взаємозв'язку радіоелектроніки з фізикою, що є прикладом закономірного контакту техніки з різними розділами фізики (А.В. Касперський).

Однак, незважаючи на певні досягнення методики навчання фізики, істотні недоліки у засвоєнні фізичних знань студентами і школярами зменшують її роль у системі освіти. Віднедавна в науково-методичній літературі обговорюються питання, що стосуються технології навчання фізики, визнається низка позитивних рис, все частіше наголошують на недоліках, які призводять до:

- порушення принципу єдності фізичного знання;
- втрати міжпредметних зв'язків між фізикою та багатьма загальноінженерними дисциплінами;
- невміння використовувати здобуті знання.

Водночас, згідно з навчальними програмами, цілі навчання вимагають:

- вивчення основних фізичних явищ та ідей, оволодіння фундаментальними поняттями, законами і теоріями класичної і сучасної фізики;
- усвідомлення перехресних логічних зв'язків між різними розділами фізики;
- ознайомлення із сучасним науковим обладнанням, формування навиків проведення фізичного експерименту, вміння оцінювати похибки вимірювань.

Аналізуючи результати досліджень у вітчизняній і зарубіжній науково-методичній літературі, зауважимо, що часто дослідженням бракує узагальнюючої цілеспрямованості, педагогічного осмислення технічних нововведень, свідомого бачення шляхів підвищення ефективності навчання. Деякі з цих досліджень стосуються окремих проблем, розв'язання яких не може істотно вплинути на якість навчального процесу. Під час розгляду інших “забувають”, що не тільки розв'язати всі навчальні проблеми, а й охопити їх неможливо. В окремих розробках теоретичні уможляди надто домінують над конкретною методикою навчання фізики, її прикладними аспектами. Спостерігається пошук авторами розробок матеріалу, придатного для показу доцільності своїх теоретичних підходів. Це завершується демонструванням усім відомих і багаторазово використовуваних прикладів, що і без їх теоретичних умовиводів добре зрозумілі студентам.

Такі дослідження і надалі створюватимуть умови для суб'єктивізму та призведуть до нерозуміння проблеми, до фіксації емпіричного ходу навчання, його зовнішніх характеристик, до наївно-емпіричного захоплення нововведеннями.

Нині бракує досліджень, спрямованих на розвиток сучасного фізичного навчального експерименту, на підтримку у ньому зародків інноваційних тенденцій. Він залишається дещо архаїчним з обмеженістю тематики досліджень, яка не охоплює висвітлення вузлових фізичних понять і закономірностей як класичної, так і сучасної фізики. Це не сприяє усвідомленню студентами перехресних логічних зв'язків між різними розділами фізики.

Все це не забезпечує реалізації одного із основних пріоритетних напрямів розвитку вищої освіти у світі – фундаменталізації професійної підготовки, що, крім традиційної вимоги щодо збільшення в ній частки фізики та математики, означає зведення великого обсягу інформації до певних стрижневих ідей, на яких базуються знання.

Постає потреба у з'ясуванні причин такого стану та відновлення зацікавлення фізикою, що відповідала б рівню початку XXI ст. Це завдання вимагає чіткого усвідомлення неминучості

кардинальних змін у сьогоденному вивченні курсу загальної фізики.

Перше. У широкому розумінні розв'язання проблем загальної фізики вимагає розгляду і врахування тенденцій розвитку світової освіти та чіткого усвідомлення завдань фізики у ній.

Без урахування цього ми не прямуватимемо до задовільного рівня у навчанні фізики і, тим паче, не визначатимемо окремі елементи його поступу. Тому тільки комплексний системний підхід до розв'язання проблем навчання у загальному, дає змогу врахувати різноманітні чинники і розробляти засади вдосконалення і навіть одного з можливих напрямів удосконалення курсу загальної фізики.

Друге. Ми вважаємо недостатнім обмежитись лише розробкою засад удосконалення курсу загальної фізики. Необхідно перейти до їх реалізації у навчальному процесі, зокрема у висвітленні ключових понять, законів і теорій фізики та взаємозв'язків між ними. З одного боку, це розробка нових навчальних експериментів та сучасних засобів для їх реалізації, з другого – інноваційних комплексних тем як фрагментів фізичної картини світу та відповідних їм технологій навчання. Невіддільною компонентою технологій має стати навчальний фізичний експеримент.

Впровадження результатів досліджень має призводити до зростання ефективності навчання, при якій зростають активність і самостійність студентів, контроль і самоконтроль здобутих знань, розширюються кордони інформаційного забезпечення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами. З одного боку, дисертаційне дослідження входить до тематичного плану науково-дослідних робіт кафедри методики викладання фізики Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова. Тема роботи затверджена Вченою радою університету (протокол № 10 від 22 травня 2000 р.) та узгоджена в Раді з координації наукових досліджень в галузі педагогіки та психології в Україні (протокол № 4 від 22 вересня 2003 р.).

З другого – дослідження виконувалась у рамках державних та галузевих науково-технічної програм та проектів з 1993-2005 рр.:

1. Розробка комплексу лабораторного приладдя для забезпечення навчального процесу курсу фізики. Звіт про НДР (кінцевий). Український держ. лісотехніч. ун-т. № держреєстрації 0194v0320104. – Львів, 1994. – 43 с. (Керівники Ю.М. Оришчин та В.І. Вайданич). Програма 06.08.00 “Оновлення та створення сучасної матеріально-технічної бази наукових закладів та провідних вузів України”.

2. Розробка сучасного навчального приладдя для навчального процесу курсу фізики і створення на його основі нових інформаційних технологій навчання. Звіт про НДР (кінцевий). Український держ. лісотехніч. ун-т. № держреєстрації 0194v0320104. – Львів, 1997. – 36 с. (Керівник Ю. М. Оришчин).

3. Створення нових інформаційних технологій вивчення фізики і наочного представлення фізичних явищ у сучасних фізичних приладах. Звіт про НДР (кінцевий). Український держ. лісотехніч. ун-т. № держреєстрації 0198v002979. – Львів, 2000. – 38 с. (Керівник Ю. М. Оришин).

4. “Розробка соціальної технології підвищення рівня захищеності випускників навчальних закладів лісового комплексу на сучасному ринку праці”. Звіт про НДР (кінцевий). Український держ. лісотехніч. ун-т. № держреєстрації 0100v001560. Львів, 2004. – 247 с. (Керівник М. Г. Адамовський; внесок дисертанта – 1 др. арк.).

5. “Сучасні технології підготовки фахівців для лісового комплексу”. Звіт про НДР (кінцевий). Український держ. лісотехніч. ун-т. № держреєстрації 0103v000079. Львів, 2006. – 250 с. (Керівник М. Г. Адамовський; внесок дисертанта – 1,1 др. арк.).

Об’єкт дослідження – процес навчання курсу загальної фізики у вищому технічному навчальному закладі.

Предмет дослідження становить лабораторний навчальний експеримент як невіддільна складова методики навчання курсу загальної фізики та основа проектування нових комплексних тем, зміст яких стосується ключових понять, законів і теорій фізики і реалізує вимоги фундаменталізації освіти.

Метою дисертаційного дослідження є розроблення методики навчання курсу загальної фізики на засадах вдосконалення навчального фізичного експерименту і запровадження технологій вивчення нових комплексних тем, які охоплюють ключові поняття, закони і теорії фізики.

В основу дослідження покладено **наукову гіпотезу**:

Розроблення і впровадження в курс загальної фізики вищої школи сучасних навчальних експериментів і необхідного для їх відтворення устаткування принципово вплине на якість освіти та інтелектуальний розвиток студентів за умови, якщо вони використовуватимуться не фрагментарно (лише у демонстраціях та лабораторному практикумі), а в статусі невіддільного компонента технологій навчання інноваційних комплексних тем, які:

– охоплюють ключові фізичні поняття, теорії, закони фізики і взаємозв’язки між ними та є фрагментами цілісного фізичного знання;

– сформовані відповідно до вимог нової парадигми освіти, сучасних психолого-педагогічних теорій, зокрема, принципу фундаменталізації та інтеграції знань та принципу суперечностей;

– стануть базовими елементами побудови сучасної методичної системи навчання фізики, інтегрованої у загальну освіту, в якій універсальним компонентом процесу буде не заучування тексту, а пізнання в процесі реалізації діяльнісного підходу, спрямованого на сприйняття і усвідомлення взаємозв’язків між складовими змісту теми.

Відповідно до мети і гіпотези дослідження, було поставлено три групи **завдань дослідження**.

Перша група завдань охоплювала аналіз тенденцій розвитку освіти, психолого-педагогічні основи формування знань студентів з фізики та ролі в цьому навчального експерименту і його тенденцій розвитку.

Друга група завдань охоплювала теоретичний та практичний аспект розробки: з одного боку, засад удосконалення курсу фізики засобами сучасного навчального експерименту – як невіддільного компонента технологій навчання спеціально сформованих комплексних тем, які охоплюють ключові поняття фізики та взаємозв'язки між ними. З другого боку – серії навчальних дослідів та необхідного навчального обладнання, яке забезпечує автоматизацію, комп'ютеризацію та візуалізацію експерименту.

Третя група охоплювала практичний аспект розробки системи комплексних тем, пов'язаних з деякими основними поняттями класичної і сучасної фізики (вимірювань і їх похибок, фізики коливань, електромагнетизму, спеціальної теорії відносності Ейнштейна та атомної фізики). Зокрема, – поданням їх змісту як об'єкту пізнання, у якому поняття постають у найрізноманітніших взаємозв'язках, розробленні відповідних технологій навчання з їх невіддільним компонентом – сучасним навчальним експериментом як реальним, так і віртуальним.

Методологічною основою дослідження є:

- концептуальні положення теорії пізнання, філософії та психології про предметний характер людської діяльності, теорія особистості та її розвитку в процесі навчання і виховання, діяльнісний підхід до розвитку особистості, системний підхід до організації навчально-виховного процесу, положення методики навчання фізики, теоретико-методичні основи підтримки навчального процесу, нова парадигма освіти в умовах глобалізації та інформатизації суспільства;
- рішення, рекомендації і положення АПН і НАН України та Міністерства освіти і науки України щодо інноваційної діяльності і розробки засобів навчання та фундаменталізації освіти;
- рішення і рекомендації міжнародних конференцій з питань освіти, які проводяться під егідою ЮНЕСКО і на яких висвітлювались освітні проблеми суспільства; аналізуються загальні напрями змін, що відбулися, і тенденції розвитку.

Для досягнення поставленої мети, виконання окреслених завдань, перевірки гіпотези використовувались різноманітні **методи дослідження** як складові комплексу філософсько-світоглядних та загальнонаукових методів і принципів аналізу. Зокрема, методи системного, історичного, структурно-функціонального та порівняльного аналізу.

Ми не обмежилися застосуванням методів наукового дослідження лише для аналізу освітнього процесу, виробленням засад удосконалення курсу фізики та рекомендаціями щодо доцільності їх використання у навчальному процесі.

У запропонованих для навчального процесу розробках тем курсу фізики методика навчання побудована так, що зобов'язує студентів застосовувати різні методи наукового дослідження як на емпіричному, так і на теоретичному рівнях. Починати треба з осмислення поставленої мети та експерименту, далі – опрацювання отриманих експериментальних результатів тощо.

Як засіб, що сприяє засвоєнню складних фізичних явищ і процесів, ми використали метод моделювання. Це забезпечило проведення віртуальних навчальних експериментів на розроблених нами модельних комп'ютерних установках, аналогах реальних навчальних установок.

Наукова новизна результатів дослідження:

1. Теоретично та експериментально обґрунтовано засади вдосконалення курсу загальної фізики засобами сучасного навчального експерименту як невіддільного компонента технологій навчання інноваційних комплексних тем, які охоплюють ключові поняття, закони, теорії фізики та взаємозв'язки між ними і є результатом системного врахування вимог дидактики і діалектики, науково-технічного прогресу, тенденцій розвитку освіти.

2. Уперше запропоновано (отримано авторське свідоцтво на винахід) новий метод дослідження руху тіл, який дає змогу демонструвати в навчальному лабораторному практикумі неінерціальність систем відліку, пов'язаних із Землею, та знаходити швидкість її обертання навколо своєї осі.

3. Доопрацьовано (отримано авторське свідоцтво на винахід) відомий класичний метод демонстрації хвильових властивостей світла – метод зон Френеля та розповсюджено його на корпускулярні властивості світла. Демонстрація квантово-механічних особливостей поведінки мікрочастинок-фотонів сприятиме усвідомленню, що причинність фізичних законів мікросвіту – не причинний зв'язок окремих подій, а потенціальна можливість їх спостереження.

4. Уперше встановлено співвідношення між величиною заряду e електрона та параметрами коливальної системи (вертикальний пружинний маятник, коливальним тілом якого є постійний магніт, що здійснює коливання у каналі електричної котушки, витки котрої закорочені):

$$e = \frac{2ml\beta}{\alpha n \gamma}. \quad (1)$$

де m – маса коливального тіла, l – довжина обмотки котушки, n – кількість електронів в обмотці, γ – коефіцієнт взаємозв'язку між електричними та механічними параметрами коливальної системи, β – коефіцієнт згасання, α – коефіцієнт взаємозв'язку між силою гальмування і сторонньою силою.

5. Розроблено засади побудови технології навчання комплексної теми “Релятивізм магнетизму”, в якій пізнання змісту теми досягається у процесі організації діяльнісного підходу, спрямованого на сприйняття та усвідомлення взаємозв’язків між поняттями, теоріями і законами електромагнетизму та спеціальної теорії відносності Ейнштейна і фізики коливань.

Це дає змогу для розв’язання проблемної ситуації, яка виникає під час аналізу результатів дослідження руху електронів вздовж провідника зі струмом, застосовувати положення спеціальної теорії відносності Ейнштейна та переконуватись у тому, що рівняння магнетизму впливають із рівнянь електростатики і цієї теорії.

6. Розроблено теоретичні і методичні засади навчання теми “Вимірювання та їх похибки”. Вони стосуються:

- подання змісту теми у вигляді системи, структурні елементи якої несуть чітко визначені пізнавальні функції;
- висвітлення структурних елементів теми, що треба проводити під час аналізу отриманих у присутності студентів результатів вимірювань величини, “істинне” значення якої добре відоме студентам;
- експерименту, який повинен бути простим, наочним і виконуватись на засобах навчання, узгоджених з комп’ютером;
- цілеспрямованого програмного варіювання умов перебігу експерименту, яке забезпечує висвітлення структурних елементів змісту теми у відповідних, штучно створених, умовах;
- пізнання змісту теми у процесі реалізації діяльнісного підходу, побудованого на наочному порівнянні результатів дослідження елементів структури змісту теми з відомим значенням шуканої величини та між собою.

Аналіз причин відхилень дає змогу поетапно підводити студентів до розуміння процесу вимірювання і суті похибок, до усвідомлення доцільності переходу від гістограми, що наочно представляє результати, до обвідної гістограми, яку можна описати певною кривою, знання аналітичного вигляду якої дає усю необхідну інформацію про вимірювану величину, її випадкові похибки.

Теоретичне значення дослідження полягає у:

- концептуальному обґрунтуванні і реалізації інноваційного напрямку вдосконалення (розвитку) методики навчання курсу загальної фізики у вищій школі, в якому сучасний навчальний експеримент – засадничий чинник технологій навчання нових комплексних тем, що охоплюють ключові поняття, закони, теорії і є результатом системного врахування вимог дидактики і діалектики, науково-технічного прогресу, тенденцій освіти, зокрема методики навчання фізики;

– розробленні змісту ряду комплексних тем як об’єктів пізнання – фрагментів цілісного фізичного знання, в якому поняття постають у найрізноманітніших взаємозв’язках та розкриваються мовою різних завдань, а пізнання досягається в процесі реалізації діяльнісного підходу, спрямованого на сприйняття і усвідомлення зв’язків між поняттями, теоріями і законами комплексної теми;

– розробленні нових навчальних експериментів та засобів їх відтворення у навчальному процесі курсу загальної фізики, зокрема, розвитку методик дослідження, які дають змогу наочно та оригінально демонструвати в навчальному процесі неінерціальність систем відліку, пов’язаних із Землею, квантово-механічні властивості мікрочастинок та, досліджуючи коливання пружинного маятника, знаходити заряд електрона.

Практичне значення отриманих результатів визначають засади інноваційного напрямку розвитку методики навчання фізики. Вони сформовані на основі комплексного розв’язання проблеми вдосконалення курсу загальної фізики і впроваджені під час проектування і створення змісту та структури комплексних тем та технологій їх висвітлення, навчального експерименту й обладнання. Це в сукупності дає можливість поліпшити ефективність засвоєння ключових понять, теорій, законів фізики та взаємозв’язків між ними. Зокрема:

1. Вперше запропоновано спосіб дослідження коливань пружинного маятника та виготовлено узгоджену з комп’ютером установку “Пружинний маятник”, яка не має аналогів у навчальній практиці (отримано авторське свідоцтво на винахід) та розроблено методику проведення на ній низки навчальних експериментів.

2. Уперше розроблений спосіб та спроектований і виготовлений навчальний прилад (захищений двома авторськими свідоцтвами на винаходи) для дослідження руху електронів уздовж пластин зарядженого плоского конденсатора та прямого провідника зі струмом. Розроблено низку інноваційних експериментальних завдань, які можна виконувати на ньому, та створено їх віртуальний аналог:

“Рух електронів в електричному та магнітному полях”;

“Високочастотні коливання напруги та швидкість руху електрона”;

“Накладання взаємно перпендикулярних гармонічних коливань”.

3. Уперше запропоновано спосіб і виготовлено узгоджену з комп’ютером установку для дослідження випадкових похибок (отримано авторське свідоцтво на винахід) та створено її віртуальний аналог. Предмет дослідження – прискорення вільного падіння тіл. Це дає змогу реалізувати розроблені засади побудови технології навчання теми “Вимірювання та їх похибки”.

Застосовуючи програмне варіювання умов перебігу експерименту кожної структурної одиниці змісту теми, будують навчання на порівнянні отриманих значень прискорення з його “істинним” ($g = 9,8 \text{ м/с}^2$) та між собою, акцентують на особливостях процесу вимірювання, його

похибках, доцільності переходу від кількісного представлення результатів вимірювань у вигляді гістограми до опису їх розподілом Гауса.

4. Вперше розроблено (і реалізовано у технології навчання інноваційної комплексної теми “Електронна хвиля та атоми аргону та криптону”) засади переходу від положень класичної фізики до сучасної як двох взаємопов’язаних складових курсу загальної фізики.

Висвітленню змісту теми сприяють навчальні експерименти, які проводять на відповідно розробленій для цього навчальній установці. Це дало змогу наочно показати і науково довести, що на результатах досліджень руху електронів у лампі, наповненій сумішшю аргону з криптоном, проявляється особливість (різкий максимум на ділянці вольт-амперній характеристики в околі напруги 1,8 В), яку, виходячи з класичних міркувань, неможливо пояснити. Її можна пояснити тільки уявивши електрони як електронні хвилі, а атоми аргону та криптону у вигляді прямокутних потенціальних ям та враховуючи інтерференційні ефекти.

Особистий внесок дисертанта в здобуття наукових результатів дослідження полягає у розробленні і впровадженні авторського підходу до розв’язання проблем удосконалення курсу загальної фізики, в якому навчальний експеримент – засадничий чинник технологій навчання інноваційних комплексних тем.

Автор розробив і запропонував п’ять комплексних тем. До проектування і створення засобів відтворення експерименту автор залучав викладачів окремих вищих навчальних закладів та співробітників науково-дослідних установ. Доробок співавторів наукових праць полягав у допомозі під час створення технічного, програмного і електронного забезпечення експерименту.

Обґрунтованість та достовірність результатів та висновків забезпечується впровадженням й апробацією у навчальній практиці інноваційних комплексних тем, технологій навчання, нових експериментів та засобів їх відтворення як реальних, так і віртуальних. Виконання розробок ґрунтується на реалізації системного підходу, врахувань тенденцій розвитку освіти та науково-технічного прогресу, принципів дидактики і діалектики, узгодженні теоретичних міркувань з практичними потребами.

Винаходи способів та приладів для дослідження фізичних процесів і явищ (авторські свідоцтва СРСР на винаходи №№ 1472940, 1536431, 1559372 та 1770972) стали засадами створення нових засобів навчання:

- приладу для дослідження руху електронів в електричному та магнітному полях;
- установки для дослідження випадкових похибок;
- багатопрофільної установки “Пружинний маятник”.

Прилад для дослідження випадкових похибок та установку “Пружинний маятник” узгоджена з комп’ютером та автоматизовано. Це дало змогу візуалізувати процес дослідження.

Розроблені засоби стали складовою технологій навчання комплексних тем: “Пружинний маятник та заряд електрона”; “Вимірювання та їх похибки”; “Релятивізм магнетизму”, “Електронна хвиля та атоми аргону та криптону”.

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи доповідалися на: республіканській науково-методичній конференції “Методичні основи технічних засобів навчання та обчислювальної техніки у вищій школі” (Івано-Франківськ, 1991); республіканській методичній конференції “Проблеми українізації комп’ютерів” (Львів, 1993); науково-практичному семінарі “Створення і використання електронних приладів в лабораторному практикумі з електрики і магнетизму” (Житомир, 1994); міжнародних конференціях “Комп’ютерні програми учбового призначення” (Донецьк, 1994, 1995); міжнародній науковій конференції “Вища технічна освіта – проблеми магістратури” (Київ, 1995); науково-методичній конференції “Комп’ютерні технології в організації та проведенні навчального процесу в технічному вузі” (Київ, 1995); науково-практичній конференції “Актуальні проблеми викладання фізики” (Львів, 1996); the 1st General Conference of the European Physical Society – Trend in Physics (Seville, 1996), всеукраїнській конференції “Використання персональних ЕОМ у навчальному процесі вищих та середніх навчальних закладів” (Львів, 1996); всеукраїнській конференції “Проблеми удосконалення фундаментальної і професійної підготовки вчителів фізики” (Київ, 1996); First European Conference on Physics Teaching in Engineering Education (Copenhagen, 1997); всеукраїнській конференції “Фундаментальна та професійна підготовка фахівців з фізики” (Київ, 1998); всеукраїнській науково-практичній конференції “Дидактичні проблеми фізичної освіти в Україні” (Чернігів, 1998); International Seminar “Experiments and Measurements in Engineering Physics Education” (Brno, 1998); всеукраїнській науково-методичній конференції “Використання персональних ЕОМ у навчальному процесі” (Львів, 1998); всеукраїнській науково-методичній конференції “Актуальні проблеми викладання та навчання фізики у вищих освітніх закладах” (Львів, 1999); всеукраїнській конференції “Професійна та професійна підготовка фахівців з фізики” (Чернігів, 1999); International Seminar on „Engineering Aspects in Physics Education” (Smolence, 1999); всеукраїнській науково-практичній конференції “Діяльний підхід у навчально-пошуковому процесі з фізики” (Рівне, 2002); всеукраїнській науково-практичній конференції “Методичні особливості викладання фізики на сучасному етапі” (Київ, 2002); 3rd European Conference on Physics Teaching in Engineering Education PTEE (Leuven, 2002); міжнародній науково-методичній конференції “Методологічні принципи формування фізичних знань учнів і професійних якостей майбутніх вчителів фізики і астрономії” (Кам’янець-Подільський, 2003); всеукраїнській науковій конференції “Фундаментальна та

професійна підготовка фахівців фізики” (Київ, 2004), науковій конференції “Викладання фізики, наукові дослідження: 60 років досвіду та перспективи XXI століття” (Львів, 2005).

У навчальному процесі Львівського національного університету імені Івана Франка та Національному лісотехнічному університеті України пройшли апроба-цію та впроваджені технології навчання інноваційних комплексних тем, зокрема:

- “Електронна хвиля та атоми аргону та криптону”;
- “Релятивізм магнетизму”;
- “Пружинний маятник та заряд електрона”.

Основні результати дослідження опубліковані в 62 наукових та науково-методичних працях. Серед них: 1 монографія, 19 статей у фахових журналах, 6 авторських свідоцтв на винаходи, які визнані ВАК фаховими працями (рішення ВАК України від 05.05.2003 р. № 02-81-06/1119), 13 матеріалів і 15 тез конференцій, 3 методичні рекомендації та 5 звітів про НДР.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, восьми розділів, висновків, списку використаних джерел (214 найменувань). Загальний обсяг роботи 367 сторінок. Вона містить 83 рисунки й 2 таблиці.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми. Визначено мету, об’єкт і предмет дослідження, сформовано концепцію та наукову гіпотезу, розкрито наукову новизну та практичне значення роботи, подано інформацію про апробацію результатів.

Перший розділ **“Сучасна концепція вищої професійної школи. Проблеми та досвід їх розв’язання”** присвячено розгляду окремих тенденцій розвитку освіти кінця XX століття, які необхідно знати і враховувати, висвітлюючи в навчальному процесі конкретну дисципліну.

Пріоритет безперервної освіти і до того ж масової – ключова ідея політики в освіті останніх десятиліть XX ст. Знання тепер розглядається як головний економічний ресурс, тому університети та інші вищі заклади освіти повинні пристосовуватися до вимог ринку праці суспільств, що змінюються.

Вершиною усього навчання є навчання дорослих. Навчання стає все більш індивідуальним. Тому найвищою метою будь-якої модернізації у сфері освіти повинно стати повніше пристосування його до потреб кожного студента. Визначальним є остаточний результат. Досягнення його важливе не тим, який шлях навчання пройде людина, а тим, чого вона навчилася і що вміє робити. Тому необхідно надавати перевагу здобуттю знань і вмінь перед формальною освітою, яку підтверджує документ про закінчення навчального закладу.

Важливо зорієнтувати стратегію реформ таким чином, щоб зберегти необхідне базове ядро знань і водночас забезпечити простір для актуального життєвого досвіду, експериментаторства, культурного розвитку особистості.

Важливим кроком у розв'язанні проблем безперервної освіти є дистанційне навчання. Воно допоможе скласти освітній “пакет” з курсів різних університетів. Запитання “яку освіту вони мені дали?” назавжди стане неактуальним. Його замінить питання “яку освіту я в них здобув?”. Головним у дистанційній освіті є організація викладачем самостійної когнітивної діяльності студентів у розвинутому навчальному середовищі, що ґрунтується на комп'ютерних і телекомунікаційних технологіях.

Необхідний принциповий перехід освіти від існуючої форми навчання до особистісно-орієнтованої. Для цього у вищій школі треба перенести акценти на структурно-функціональний метод пізнання як шлях сходження від конкретного до абстрактного і навпаки, що сприяє поступовому і логічному збагаченню студентів фундаментальними знаннями, необхідними для подальшого самостійного навчання.

Отже, потрібні освітні інновації, які б, з одного боку, стосувалися розв'язання проблем фундаменталізації та інтеграції знань, що пов'язано з вибором змісту навчання, його систематизацією та структуризацією, з другого – технологій навчання, які б гарантували результативність педагогічного процесу. В цих технологіях реалізація мети навчання досягається використанням певних форм, методів, способів, прийомів і засобів навчання.

У такому контексті технологія навчання – це складова конкретного навчального предмета, результат творчого пошуку як окремих викладачів, так і цілих колективів. Тому вона не може зводитися до проблемного, концентрованого, модульного, розвивального, диференційованого та ігрового навчання, бо це тільки методи, притаманні тій чи іншій технології навчання.

Формуючи ці технології, треба враховувати досвід освітніх систем зарубіжжя, зокрема, Сполучених Штатів Америки, де індивідуальному навчанню сприяє використання методу модулів. Його особливостями є:

- відсутність жорстких часових меж, що дає змогу студентові просуватися у вивченні навчального матеріалу зі швидкістю, яка відповідає його здібностям;
- строга вимога повного засвоєння матеріалу й переходу до нового тільки після засвоєння попереднього;
- складання програми навчання самим студентом за допомогою тьютора;
- використання лекцій як напрямної форми, а не основного джерела інформації;
- підвищення ролі письмових робіт;
- використання системи прокторів і інспекторів, яка допомагає проводити перевірки знань, одразу підводити підсумки роботи студентів, керувати знаннями;
- важлива роль тьютора в організації навчання студентів, для яких фігура тьютора персоніфікується з вибраним вищим навчальним закладом. Недопустимо, щоби тьютор залишав студента без нагляду навіть на тиждень.

Принцип індивідуального навчання фахівців дає змогу впроваджувати комбіновані програми навчання, котрі передбачають поєднання технічних, природничих і суспільних дисциплін і котрі можна засвоювати, відвідуючи заняття різних факультетів як одного, так і кількох закладів вищої освіти. Насамкінець, він надасть змогу вищим навчальним закладам перейти на сучасний, найбільш адекватний духові науково-технічного прогресу, принцип підготовки спеціалістів – міждисциплінарний.

У контексті поданого впадають в очі деякі недоліки вітчизняних наукових досліджень, зокрема пов'язаних з проблемами її фундаменталізації. Деякі дослідники вважають, що методиці загрожує небезпека набути вузькоутилітарного суто прагматичного характеру, звестися до розроблення рекомендацій, втратити здатність до наукового узагальнення.

Враховуючи подане, для розв'язання завдань вітчизняної освіти потрібно:

- усвідомити, що через ендогенність механізмів нагромадження знань безуспішною є спроба транслювати технологічні досягнення у слаборозвинуті країни;

- зважати, що чітка національна політика у сфері використання Інтернет-технологій і розвитку національного Інтернет-середовища, стане для нас реальною опорою у проведенні перетворень у нашій освіті у разі, коли ми створюватимемо програмні продукти, які б мали достатній рівень, щоб функціонувати в цій системі. Це – напрям поглиблення науково-технічної співпраці, що як вимога Болонського процесу вестиме до рівноправності в “європейському просторі вищої освіти”;

- розуміти, що формування нової країни – це й формування її системи освіти. Треба враховувати такі відомі моделі університетів: наполеонівську (Франція) гумбольдтівську (Німеччина), британську та “ринково настановлену” (Сполучені Штати Америки);

- враховувати вимоги і положення нової парадигми освіти, побудованої на принципі нерозривності пізнання й ситуації пізнання. Зокрема, озброїти студентів методологією творчої діяльності, яка забезпечуватиме саморозвиток і самодисципліну, сприятиме критичному і логічному осмисленню конкретних ситуацій; орієнтуватиме на розв'язання конкретних проблем, що стоять перед суспільством, людиною, та навчатиме жити тут і тепер, в умовах постійних змін, не завдаючи незручності іншим.

У другому розділі **“Психолого-педагогічні проблеми формування знань з фізики у студентів вищих технічних навчальних закладів”** розглянуто підходи і рекомендації щодо формування у студентів знань з фізики на основі тих науково-педагогічних досліджень результати яких містять удосталь раціонального, щоб бути використаними у навчанні. Це стосується:

По-перше, механізмів засвоєння і дидактичних умов формування окремого поняття (системи понять) наукової теорії як об'єктів, що підпорядковуються цілісному засвоєнню.

Підкреслюється важливість і актуальність застосування такої умови формування системності знань – навчати студентів та учнів уміти конструювати системне оповідання, тобто таке, що передає цілісність теорії як об'єкта пізнання.

По-друге, методологічних аспектів фізичних знань, які потрібно розкривати так само, як фактологічні (предметні). Зокрема, ознайомлення з історією розвитку основних фізичних понять і теорій має стати засобом для формування у студентів методологічних знань.

По-третє, розвитку творчого мислення – навчання студентів “думати так, як думає фізик”. На перше місце треба ставити розвиток якісних уявлень про фізичні процеси, тобто вміння словесно описувати їх.

По-четверте, незаперечності того, що наукові знання найповніше формуються у студентів при правильному поєднанні наочних і абстрактних компонентів навчання. Це вимагає вдосконалення навчального експерименту та засобів його реалізації.

Тому важливо знати: чи достатньо сучасних якісних засобів наочності забезпечує курс загальної фізики і чи дають можливість вони реалізувати цікаві світоглядні експерименти.

Оснovo експериментальної складової курсу загальної фізики становить навчальний лабораторний практикум. Його набір традиційних дослідів у значній мірі пов'язаний з фізикою XIX ст. Їх сутність в більшості охоплює дослідження конкретного фізичного явища чи вимірювання конкретної фізичної величини. Така вузька тематика нагадує лабораторні дослідження у сфері загальноінженерних дисциплін. І, хоч вони є інформативними, проте це недостатньо розкриває специфіку фізики, її фундаментальність та єдність понять і принципів. У поєднанні з певною архаїчністю засобів лабораторного практикуму та методик виконання робіт така ситуація сприяє зростанню ролі вербального методу вивчення фізики. Це часто призводить до надмірної теоретизації курсу фізики та до того, що експериментові відводиться лише ілюстративна роль.

Деколи при побудові предмета лабораторного дослідження допускають серйозні методологічні помилки. Це призводить до того, що в розумінні студентів сутність досліджень обмежується тільки спробою визначити якусь величину. Часто за складністю, браком простоти і наочності експерименту губиться фізична суть досліджуваного явища. Технічний прогрес ще не зовсім ефективно відображається у дидактиці фізики. Останнє досягнення науково-технічного прогресу – комп'ютер з відповідним програмно-апаратним забезпеченням – призводить до кардинальних змін як у засобах навчального експерименту, так і в процесі його проведення.

Брак органічного взаємозв'язку між різними формами занять може призвести до абстрагування фізичних знань, що значно ускладнить розуміння єдності фізики та її взаємозв'язків. Це особливо актуально при вивченні складних світоглядних тем – основи формування наукового стилю у мисленні студентів.

Ще часто важливі ключові для зрозуміння як класичної, так і сучасної фізики теми недостатньо висвітлюються засобами навчального практикуму. Це стосується:

- вступного заняття до лабораторного практичного курсу фізики;
- особливостей руху тіл в неінерціальних системах відліку, пов'язаних із Землею;
- фізики коливань у взаємозв'язках з іншими розділами курсу, зокрема – явищем електромагнітної індукції;
- теорії електромагнетизму Фарадея-Максвелла та спеціальної теорії відносності Ейнштейна;
- квантово-механічних властивостей світла;
- корпускулярно-хвильових властивостей мікрочастинок.

Отже, бракує достатнього висвітлення ключових понять фізики та взаємозв'язків між ними засобами навчального експерименту, що ускладнює глибоке засвоєння фізики.

Питання оновлення та розробки лабораторного та демонстраційного експерименту розглядалося в низці досліджень. Робляться спроби на основі сучасних експериментальних методів спостереження та вимірювання створити оригінальний лабораторний практикум, що відповідав би духу сучасних фізичних досліджень.

Водночас, аналізуючи деякі з досліджень в Україні, часто складається враження, що автори не спираються на конкретні цілі і завдання навчання. За загальними фразами нема виразно окресленого їхнього доробку. Ще часто відбувається перефразування важливості й актуальності фізичного експерименту. Забувається, що у розробці засобів навчання треба відштовхуватись від мети навчання.

Зауважимо, що до кінця 80-х років ХХ ст. обладнання для лабораторних робіт лекційних демонстрацій та інші засоби навчання поновлювались централізовано. Зараз цього немає. Роботи, які ведуться у цьому напрямі, переважно стосуються модернізації і комп'ютеризації існуючого набору засобів навчальних досліджень з фізики. Нових ідей, підходів, поліпшення тематики лабораторних досліджень у них не пропонують. У такому традиційному руслі здійснюється експериментальний курс фізики та вдосконалюється його технічне оснащення у навчальних закладах Європи.

Однак в останні роки при Президії НАН України почала функціонувати Міжвідомча рада з наукового приладобудування, яка також опікується навчальним приладобудуванням. І це дає надію, що проблема засобів навчання фізики буде розв'язана.

У третьому розділі **“Шляхи та засади вдосконалення курсу загальної фізики у вищих технічних навчальних закладах”**, на основі критичного аналізу матеріалу, викладеного вище, запропоновано один з можливих напрямів розвитку методики навчання курсу загальної фізики.

Суперечності в методиці навчання фізики. У наукових дослідженнях з методики навчання фізики гуманітарна тенденція (традиція) переважає природничо-наукову. Це призводить до певного абстрагування досліджень, що не сприяє поліпшенню висвітлення конкретного змісту курсу загальної фізики, розробці і впровадженню нових сучасних засобів навчання та, як наслідок, не сприяє формуванню наукового мислення студентів. Такий розвиток методики навчання відбувається не через ендогенні механізми, а шляхом інформаційного нарощування. Він стоїть дещо осторонь від світової освітньої системи і не може активно впливати на її розбудову.

Такі дослідження не сприяють трансляції наукової системи знань у навчальну. Залишається усталена роками побудова змісту підручників, посібників до лабораторних і практичних занять та форм, методів і засобів навчання. Зміст навчання подається у вигляді готового знання, яке необхідно зрозуміти, засвоїти. Основним засобом трансляції найчастіше служить текст. Процес засвоєння і запам'ятовування. Тому динамічною основою процесу навчання залишається процес засвоєння і запам'ятовування.

Бракує достатнього висвітлення ключових понять фізики та взаємозв'язків між ними засобами навчального експерименту.

Стає зрозуміло, що через недостатнє поєднання методикою навчання фізики принципу науковості з принципом наочності і недостатній акцент на принципи фундаменталізації і інтеграції знань та системно-діяльнісний підхід до навчання практично неможливе сприйняття студентом цілісної фізичної картини світу.

Отже, зміни у парадигмі освіти, що відбуваються останніми роками, недостатньо втілюються у зміст навчання фізики.

Інновації. Очевидно, треба формувати інноваційний напрям розвитку навчання фізики. З одного боку, зрозуміло, що потрібно:

- поруч із традиційно побудованими навчальними експериментами розробляти та впроваджувати нові, виконання яких полегшує усвідомлення навчального матеріалу;
- узгоджувати з комп'ютером лабораторне обладнання тільки там, де це доцільно.
- зробити необхідною складовою навчання віртуальний експеримент як аналог реального.

З другого боку, – висвітлення усталеними компонентами експериментального методу навчання (лабораторне дослідження, демонстраційний експеримент) важливих світоглядних понять фізики недостатнє – треба створювати спеціальне навчальне середовище, яке дасть змогу організувати педагогічну взаємодію викладача зі студентом, що гарантує досягнення поставлених дидактичних цілей.

Отже, крім засобів навчання, інновації мають стосуватися добору змісту навчання, його структурування у відповідній дидактичній формі та способів його реалізації в процесі навчання.

Вимоги до побудови системи змісту технологій навчання інноваційних комплексних тем як форм відображення змісту фізики. Насамперед, зважаючи на принцип фундаменталізації освіти, проводити відбір і формування навчального матеріалу, зміст якого насамперед спрямовано на охоплення основних світоглядних понять фізики. Це дасть можливість будувати навчання таким чином, щоб спочатку у студентів формувалася фундамент і каркас фізичних знань. Тому, поруч з фактичними відомостями, поняттями, теоріями і законами предметом пізнання мають стати фрагменти цілісного фізичного знання як комплексне системне узагальнення. Його зміст як відображення людиною матеріального навколишнього світу має враховувати і механізми його відображення. У системі змісту мають враховуватися як механізми образного (ейдетичного), так і процедурного (континуального) відображення.

Вибирати з ключових тем курсу загальної фізики матеріал, який дасть змогу об'єднати різноманітні поняття, теорії і закономірності і формувати його як об'єкт пізнання комплексних тем – фрагментів фізичної картини світу, висвітленню яких мають сприяти інноваційні навчальні експерименти.

Важливо, щоб універсальним компонентом процесу навчання стало не заучування тексту, а пізнання в процесі реалізації діяльнісного підходу, спрямованого на сприйняття і усвідомлення взаємозв'язків між поняттями, теоріями і законами комплексної теми.

У цьому аспекті важливою функцією курсу фізики має стати навчання способам розв'язку різних завдань з орієнтацією не тільки на систему знань для формування цілісної картини світу, але й систему професійних і навчальних умінь.

Розкривати конкретизовані цілі навчання теми мовою різних завдань, а мету завдання визначати зв'язками закономірного характеру руху змісту фізики. Знання цих зв'язків дає можливість науково обґрунтувати і вибрати оптимальну структуру змісту навчання фізики на етапі формування змісту теми.

Для цього треба вивчати і висвітлювати співвідношення між закономірностями розвитку змісту фізики і формами організації та проведення навчального процесу. Вони мають проявлятися в найефективніших засобах донесення змісту.

Результати цих досліджень повинні лягти в основу побудови технологій навчання відповідних комплексних тем курсу фізики, що як складові дидактичної системи навчання предмету мають призводити до ефективного досягнення навчальних цілей. Технологію навчання фізики слід розглядати як науково обґрунтований спосіб відтворення зразків організації навчальної діяльності – інваріантів навчального процесу. Такий підхід дасть можливість розв'язувати навчальні проблеми у комплексі, не розмежовуючи їх різними формами навчання.

Водночас, треба розуміти, що формування знань з фізики у студентів вищих технічних навчальних закладів і надалі залишатиметься важким і малоефективним процесом, якщо у

середній школі у них не будуть набуті як певні, відповідні до вимог вищого навчального закладу освіти, знання з фізики, так і відповідно сформовані вміння і навички самостійного навчання.

З поданого випливає, що побудова нової технології навчання певної комплексної теми має ґрунтуватися на психолого-педагогічному аналізі діяльності педагога і студента на різних стадіях повного циклу технології навчання теми. Вихідним такого аналізу повинно стати конкретне і за можливістю деталізоване задання цілей навчання, з яких треба починати формувати структуру навчального матеріалу, представляючи його як об'єкт пізнання.

Під об'єктом пізнання теми треба розуміти той мінімальний цілий елемент структури з системи наукових знань, відповідно систематизований та структурований так, що в ньому проявляються поняття та інші елементи знань у найрізноманітніших взаємозв'язках.

Структуру знань кожної комплексної теми слід представляти у вигляді ланцюга, який поступово ускладнюється. Поетапному формуванню системного мислення слугують серії завдань, кожне з яких відповідає за формування одного з видів пізнавальних дій.

Отже, нові технології навчання комплексних тем повинні бути технологіями модульного навчання. Для цього треба відповідно систематизувати і структурувати знання, організовуючи його як широкомасштабні функціональні блоки-модулі, виділяючи у кожному відповідні фізичні поняття, їх властивості та взаємозв'язки між ними.

Структурувати і систематизувати зміст матеріалу комплексної теми та спеціально скомпонувати його необхідно таким чином, щоб у процесі навчання можна було легко забезпечувати методи проблемного навчання – прийом постановки запитань, метод навчання через розв'язування проблем та винахідницький метод.

Важливо, щоб там, де це можливо, результати проведених експериментальних досліджень викликали у студентів проблемні запитання, пояснення яких приводило б до застосування винахідницького методу навчання.

Від загальних рекомендацій до втілення. Виходячи з поданого вище та використовуючи результати досліджень на предмет “чи достатньо повно висвітлюються засобами усталеного навчального експерименту ключові поняття, закони і теорії курсу фізики та взаємозв'язки між ними”, нами здійснено пошук способів введення цих результатів у навчання. В результаті розроблено нові експерименти, спроектовано і створено відповідні засоби навчання. Це, зокрема:

- прилад для демонстрації закономірностей випадкових похибок;
- прилад для дослідження швидкості обертання Землі навколо своєї осі;
- установка для дослідження механічних коливань (фізичний маятник);
- прилад для демонстрації коливань пружинного маятника;
- спосіб та прилад для дослідження руху електронів в електричному та магнітному полях;
- спосіб дослідження властивостей світла;

– установка для дослідження корпускулярних та хвильових властивостей електронів.

Зауважимо, що більшість із них не має аналогів у вітчизняному та зарубіжному навчальному практикумі курсу загальної фізики. Їх новизна та актуальність підтверджена авторськими свідоцтвами на винаходи.

З іншого боку, зважаючи на наведені вимоги до побудови системи змісту технологій навчання інноваційних комплексних тем, систематизовано і структуровано навчальний матеріал, що стосується ключових понять, законів і теорій курсу фізики, та введення його як об'єкт пізнання інноваційних комплексних тем. Для введення їх у навчальний процес сформовано відповідні технології навчання, основою яких стали п'ять із семи запропонованих засобів і способів реалізації нових експериментів.

Розробки “Прилад для дослідження швидкості обертання Землі навколо своєї осі” та “Спосіб дослідження властивостей світла;” використовують у вербальному викладі як оригінальні і наочні та необхідні зразки інноваційного підходу висвітлення ключових понять класичної і сучасної фізики і формування у студентів наукового мислення.

У четвертому розділі **“Проектування та створення технології навчання теми “Вимірювання та їх похибки”**, висвітлюючи непрості для студентів-першокурсників поняття теорії ймовірності, закладено підвалини для розвитку професійних умінь та формування у студентів наукового світогляду – імовірісного, стохастичного за своїм внутрішнім змістом.

Перше. Вказано на деякі недоліки навчання цієї теми та сформовано засади її вдосконалення, що, зокрема, стосується:

а) подання змісту теми у вигляді концептуально ейдетичної та емпірично-теоретичної системи, структурні елементи якої несуть чітко визначені пізнавальні функції;

б) висвітлення структурних елементів системи, що проводиться під час аналізу одержаних у присутності студентів результатів вимірювань величини, “істинне” значення якої добре відоме студентам;

в) експерименту, який має бути простим та наочним, керуватись з клавіатури комп'ютера. Наочного представлення результатів експерименту на дисплеї та використання їх для побудови педагогічного програмного продукту теми;

г) програмного варіювання умов перебігу дослідження. Це дає можливість проводити експеримент у штучно створених умовах, забезпечуючи наочне, якісне висвітлення конкретних особливостей процесу вимірювання кожного структурного елементу змісту теми;

г) порівняння результатів дослідження елементів структури змісту теми з відомим, “істинним” значенням шуканої величини та між собою. Це полегшує виявленню похибок, сприяє пошуку й аналізу причин відхилень та дає змогу поетапно підводити студентів до розуміння процесу вимірювань і суті похибок;

д) “еволюційного” переходу від наочного подання результатів експерименту у вигляді гістограми до усвідомлення, що обвідну гістограми можна описати певною кривою, знання аналітичного вигляду якої дає усю необхідну інформацію про шукану величину похибки вимірювань.

Друге. Встановлено, що зміст матеріалу теми “Вимірювання та їх похибки” доцільно структурувати п’ятьма блоками-модулями. Їх послідовне введення у процес навчання повинно забезпечити формування у студентів понять теми та їх основних ознак.

У першому блоці-модулі треба ввести поняття “систематична похибка”. У другому – поряд з систематичними похибками ввести випадкові. Подальші три блоки-модулі повинні розкривати основні ознаки випадкових похибок, зокрема: третій – що середнє арифметичне значення вимірюваної величини є функцією кількості спостережень; четвертий, що середнє арифметичне не вказує на величини похибок, і тільки ширина інтервалу розкиду окремих спостережень свідчить про це; п’ятий – що гістограма, а у випадку великої кількості спостережень її огинаюча, яку описує формула Гауса, несе всю інформацію про результати вимірювань.

Третє. Розроблено, виготовлено та узгоджено з комп’ютером установку для дослідження випадкових похибок (рис. 1) та створено її віртуальний аналог (рис.2).

Установка автоматично забезпечує знаходження і висвітлення на екрані монітора значення часу t падіння кульок із заданої висоти h та відповідну експериментально визначену величину прискорення вільного падіння g (рис. 2 б).

Вибір прискорення g як предмета дослідження є важливим для забезпечення наочності. Його числове значення в даній місцевості відоме з великою точністю, тому може бути взяте за “істинне”.

Відповідно до кількості блоків, запропоновано п’ять експериментів, кожний з яких проводять за певних, “технічних”, штучно створених умов, що дає змогу наочно відобразити конкретну особливість процесу вимірювань та властиві йому похибки.

Типові результати п’яти експериментів наведені на рис. 3, а на рис. 4 та 5 – фрагмент обробки спостережень експерименту, відповідно 5.1 і 5.2.

Як видно з рис. 5, вершини прямокутників гістограми лягають на плавну криву, яку можна описати формулою Гауса “Закону нормального розподілу похибок”. Отже, це дає змогу використовувати теоретичні висновки, що випливають з цього закону, для аналізу результатів експериментальних досліджень.

Рис. 1. (а) Установка для дослідження випадкових похибок. (б) Функціональна схема установки: де 1 – контейнер для кульок; 2 – кульки; 3 – циліндричний патрубок; 4,5 –

засувки; 6,7 – соленоїди; 8 – перетворювач сигналів; 9, 10 – джерела світла; 11, 12 – фотоприймачі; 13 – комп'ютер

(a)

(б)

Рис. 2. (а) Комп'ютерна модельна установка: 1 – кульки; 2 – соленоїди; 3 засувки; 4 – джерела світла; 5 – фотоприймачі. (б) Представлення результатів спостережень

Рис. 3. Типові результати п'яти експериментів

Рис. 4. Гістограма спостережень досліду 5.1

Рис. 5. Гістограма результатів вимірювання прискорення вільного падіння g експерименту 5.2

Розділ п'ятий **“Вільні механічні коливання: недоліки, засади вдосконалення та технологія навчання”**. У даному розділі, по-перше, подано деякі з виявлених недоліків традиційної методики навчання цієї теми. Це, зокрема, брак:

- а) наступності при переході у змісті навчання від кінематики до фізики коливань;
- б) експериментального підтвердження, що вільні коливальні рухи маятника здійснюються за гармонічним законом;
- в) сучасних технічних засобів навчання.

По-друге, розроблено технологію навчання комплексної теми **“Рівномірний рух точки по колу та гармонічні коливання”**. У ній, насамперед, з метою поліпшення наступності врахована доцільність внесення певних змін у навчальні програми курсу фізики середньої та вищої школи та подано навчальний матеріал, який демонструє взаємозв'язок рівномірного руху точки по колу з простим гармонічним рухом. Такі корективи дають змогу ліквідувати рознесення в часі вивчення матеріалу, усвідомлення якого в подальшому полегшить розуміння фізики коливань і сприяє формуванню асоціативних зв'язків між різними поняттями фізики.

По-третє, розроблено та виготовлено узгоджену з комп'ютером навчальну установку **“Фізичний маятник”** (рис.6) та розроблено навчальні експерименти, які можна здійснювати на ній.

Рис. 6. (а) Функціональна схема установки **“Фізичний маятник”**. (б) Фізичний маятник. (в) Оборотний маятник. (г) Маятник для дослідження затухаючих коливань. (г) Математичний маятник. Де: 1 – стержень; 2 – вантажі; 3 – гальмівна пластинка; 4 – опорна призма; 5 –

металева куля; 6 – нерозтяжна нитка; 7 – опорна площадка; 8 – електромагніт; 9 – джерело світла; 10 – фотоприймач; 11 – тринадцять джерел світла; 12 – тринадцять фотоприймачів; 13 – блок спряження; 14 – комп’ютер

По-четверте, у підрозділах (“Кінематика”, “Динаміка” та “Енергетика коливальних рухів”) комплексної теми акцентується на тих ключових закономірностях, які виділяють цей об’єкт серед інших і дають можливість об’єднати їх з подібними під спільною назвою “гармонічні рухи”.

Концепція навчання ґрунтується на послідовному усвідомленні та виконанні низки взаємопов’язаних експериментальних завдань, котрі дають змогу:

- переконатися в ізохронності коливальних рухів маятника;
- уперше експериментально отримати і подати на дисплеї зміщення кута відхилення маятника від часу та знаходити кінематичне рівняння руху;
- уперше демонструючи енергетичні закономірності коливальних процесів знаходити прискорення сили земного тяжіння.

По-п’яте, основою комп’ютерної технології навчання став модельний аналог установки, що дало змогу реалізувати числові віртуальні експерименти.

Шостий розділ **“Розвиток інтеграційної структури знань на прикладі розробки технології навчання комплексної теми “Пружинний маятник та заряд електрона”** демонструє один з можливих підходів до висвітлення “єдності” фізики як вимоги фундаменталізації та інтеграції знань. У розробленій темі інформацію щодо фізики коливань та електромагнетизму систематизована та структурована і взаємопов’язана та подана як об’єкт пізнання, який висвітлюється наочно та проблемно.

З одного боку, описано розроблену, виготовлену та узгоджену з комп’ютером навчальну установку “Пружинний маятник” (рис. 7).

Рис. 7. (а) Багатопрофільна навчальна установка “Пружинний маятник”. (б) Функціональна схема установки: де 1 – пружини; 2 – коливальне тіло, що може мати різні магнітні властивості; 3 – електричний динамометр; 4 – електрична котушка; 5 – блок навантажувальних опорів; 6 – аналого-цифровий перетворювач; 7 – комп’ютер. Гальмівної пластинки та в’язкого середовища на рис. 7 не показано (див. рис. 8 з)

З другого – методика проведення низки навчальних експериментів на даній установці (рис.8), які у технології навчання комплексної теми “Пружинний маятник та заряд електрона” стали структурними елементами шести взаємопов’язаних навчальних блоків-модулів.

Навчання ґрунтується на пошуку відповіді на дещо незвичне, на перший погляд, проблемне запитання; “яким чином можна знайти заряд електрона, досліджуючи коливання вертикального пружинного маятника?”

Перше, переконуються, що механічні коливальні рухи пружинних маятників, поданих на рис. 8 *а*, *б* та *в*, не залежать від магнітних властивостей коливального тіла. Вони – майже гармонічні і тому дають підставу наближено вважати, що сил гальмування механічного походження коливальна система не має.

Крім того, важливо, що виникнення гармонічних коливань електрорушійної сили індукції на кінцях обмотки витків котушки, в каналі якої коливається феромагнетик (рис.8 *в*), ніяк не впливає на механічні властивості такої системи.

Узагальнює подане структурна схема досліджень на рис. 9.

Друге. У випадку коливальної системи, яка подана на рис.8 *г*, згасання коливань спричинено виникненням сили опору механічного походження. Вона зумовлена в'язкістю води.

Рис. 8. Фрагменти установок для шести експериментів з пружинним маятником, де: m – маса коливального тіла; t – час; R – опір, яким з'єднують витки котушки; ω – циклічна частота; Φ_m – магнітний потік; \mathbf{B} – вектор магнітної індукції; \mathbf{E} – напруженість вихрового електричного поля; R_k – опір витків котушки; F_e – стороння сила; F_r – гальмівна сила; e – заряд електрона; ϵ_i – е.р.с.; Q – теплота; ϕ_0 – початкова фаза; γ – коефіцієнт взаємозв'язку; k – жорсткість пружин; r – коефіцієнт опору; β – коефіцієнт згасання; n – кількість електронів; v – швидкість руху магніта; x – зміщення; x_0 – амплітуда коливань; U – напруга; N – кількість витків котушки.

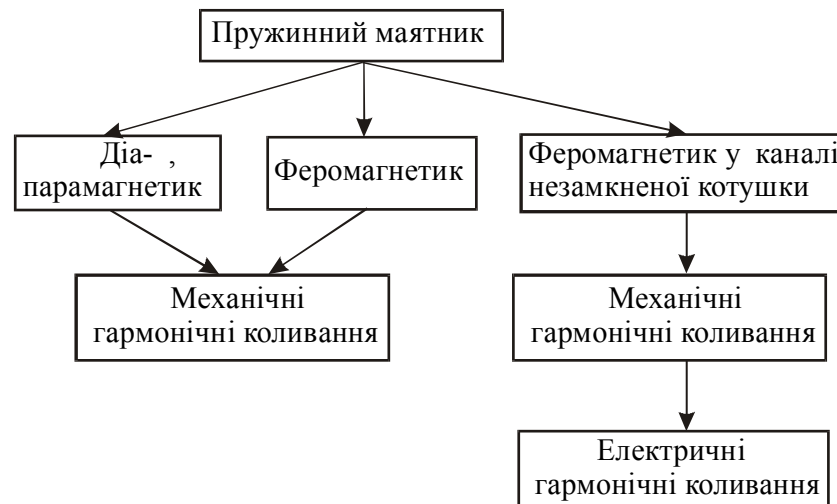


Рис. 9. Структурна схема досліджень гармонічних коливань

Крім того, до згасання коливань призводить з'єднання опором R (або “на коротко”) витків обмотки електричної котушки, в каналі якої здійснює коливання постійний магніт (рис. 8 *г* та *д*).

Але, таке з'єднання витків не може призводити до зміни механічних властивостей коливальної системи. Отже, причиною згасання коливань не можуть бути сили механічного походження.

То, що ж є причиною гальмування?

Водночас, з позицій закону збереження енергії, зрозуміло, що замикання опором витків котушки, у яких індукується електрорушійна сила, призводить до виникнення в ній струму I , а це, в свою чергу, призводить до виділення у ній теплоти Q . Унаслідок цього система втрачає механічну енергію, яка під час коливань не поповнюється, що призводить до згасання коливань.

Підсумувати результати досліджень цих блоків допомагає структурна схема на рис. 10. Залишається осмислити причин згасання коливань з позицій динаміки.

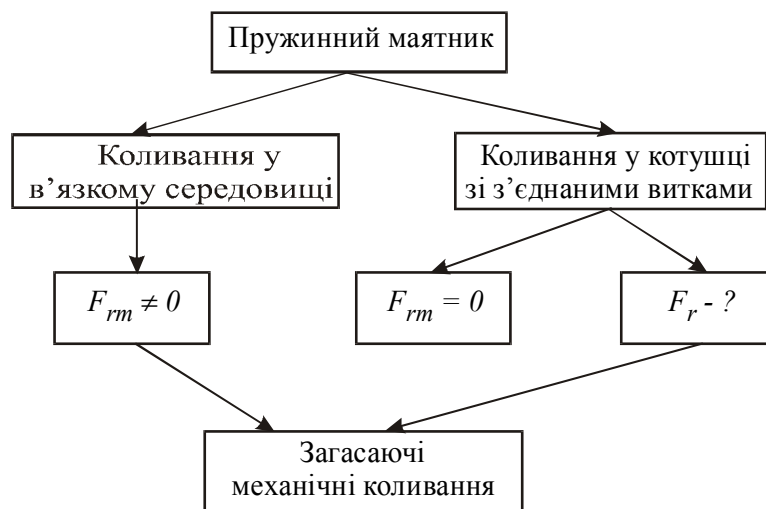


Рис. 10. Структурна схема дослідження затухаючих коливань

Третє. При аналізі причини виникнення як гальмівної сили F_r , так і електричної сили F_e , що заставляє рухатися електрони провідності мідної обмотки електричної котушки, можна дійти висновку, що сила F_r пов'язана з силою F_e : поява одної спричиняє появу другої. Тоді, пов'язавши між собою ці сили через параметри коливальної системи, стає можливим знайти величину заряду електрона (1)

У цьому розділі “Діяльнісний підхід до навчання як чинник трансляції з наукової системи в навчальну знань електромагнетизму та спеціальної теорії відносності” зроблено спробу за допомогою створеної експериментальної установки та її модельного комп'ютерного аналогу у технології навчання розробленої теми “Релятивізм магнетизму” показати глибинний взаємозв'язок між уявленнями і поняттями електромагнітної теорії Максвелла, спеціальної теорії відносності Ейнштейна та фізики коливань.

Описано засади побудови і розробки технології навчання інноваційної комплексної теми “Релятивізм магнетизму” та запропоновано відповідні засоби навчання для дослідження руху електронів у електричному та магнітному полях – навчальний прилад (рис. 11) та його

віртуальний аналог (рис.12). Для приладу була розроблена та створена спеціальна електронно-променева трубка (рис. 11 б), яка забезпечує виконання цікавих і оригінальних завдань.

Навчальний процес перебігає наступним чином:

По-перше, на лекціях з проблемним викладом на прикладі аналізу руху електрона вздовж провідника зі струмом показують, що закони магнетизму випливають з рівнянь електростатики і спеціальної теорії відносності.

По-друге, на практичних заняттях закладають фундамент розуміння суті експерименту – акцентують на розв'язанні завдань, які можна надалі реально досліджувати за допомогою лабораторної установки. Таким чином, практичні заняття органічно поєднуються з експериментальними дослідженнями.

По-третє, найефективніше цілі навчання досягаються поєднанням виконання досліджень на реальних та віртуальних засобах експерименту.

Рис. 11. (а) Зовнішній вигляд приладу для дослідження руху електронів в електричному та магнітному полях. (б) 1 – спеціальна електронно-променева трубка; 2 – типова електронна гармата; 3 – горизонтальні плоско паралельні пластини; 4 – пластини вертикального та горизонтального відхилення; 5 – система магнітного відхилення

Аналіз результатів дослідження руху електронів вздовж прямого провідника зі струмом та в поперечному електричному полі, створеному плоско паралельними пластинами, (розташовані паралельно провіднику (рис. 11 б)), можна проводити, з одного боку, у системі координат, зв'язаній з електронно-променевою трубкою, з другого – з рухомим електроном.

Рис.12. Модельні комп'ютерні установки, які забезпечують: (а) дослідження руху електронів в електричному та магнітному полях; (б) знаходження швидкості руху електронів; (в) дослідження додавання взаємно перпендикулярних гармонічних коливань

У другому випадку виникає проблема – на нерухомий електрон магнітна сила не діятиме.

Але, що тоді діятиме зі сторони провідника на нерухомий електрон у зв'язаній з ним системі координат?

Важливо, що необхідною умовою для пояснення результатів експерименту і розв'язання проблеми є усвідомлення взаємозв'язку магнетизму з релятивізмом.

Методика дослідження побудована таким чином, що дає можливість вимірювати кількома способами швидкість руху електронів та використовувати її у подальших дослідженнях для

знаходження або питомого заряду електрона, або швидкості розповсюдження електромагнітної взаємодії. Це дає змогу переконатися, що отримана величина швидкості збігається із відомою у літературі величиною швидкості світла у вакуумі.

По-четверте, розроблено віртуальні експерименти, які проводять з допомогою комп'ютерних модельних установок, представлених на рис. 12. Вони стали основою для створення структурних елементів педагогічного програмного продукту – технології навчання теми “Релятивізм магнетизму”:

а) “Рух електронів в електричному та магнітному полях” (рис. 12 *а*). Це – аналог реального дослідження руху електронів у полі плоско паралельних пластин та вздовж прямого провідника зі струмом;

б) “Коливання та швидкість руху електрона” (рис. 12 *б*). Це теж аналог реального дослідження, яке дає змогу знаходити швидкість руху електронів, досліджуючи їх рух крізь взаємно перпендикулярні високочастотні електричні поля створені двома системами послідовно розміщених відхиляючих пластин.

в) “Додавання взаємно перпендикулярних електричних гармонічних коливань” (рис. 12 *в*). Цей структурний елемент сприяє засвоєнню явища додавання взаємно перпендикулярних гармонічних коливань, зокрема, зрозуміло: як величина зсуву фази коливань впливає на результат додавання.

Восьмий розділ – **“Науковість, наочність, наступність та проблемний підхід – засади переходу від концепцій класичної фізики до сучасної”**.

У даному розділі подано засади створення технології навчання інноваційної комплексної теми “Електронна хвиля та атоми аргону і криптону”. Це зразок того, як можна непрості як для викладання, так і для засвоєння поняття атомної фізики “еволюційно”, науково та наочно, проблемно та доступно вводити у навчання, використовуючи неспроможність класичної фізики пояснити результати експериментального дослідження, у яких проявляється взаємодія низькоенергетичних електронів з атомами аргону та криптону.

Експеримент проводять на спеціально виготовленій установці (рис. 13 *а, б*), досліджуючи вольт-амперні характеристики вакуумної лампи та лампи, наповненої сумішшю аргону з криптоном (рис. 13 *в, г*).

Показано, що різкий максимум на вольт-амперній характеристиці лампи, наповненої сумішшю аргону з криптоном в околі значень напруги 1,8 В (рис. 13 *г*), не можна пояснити з класичних міркувань. Якщо врахувати контактну різницю потенціалів між електродами лампи, то максимум кривої повинен був би відповідати напрузі 1 В.

Рис. 13. Фрагменти технології навчання “Електронна хвиля та атоми аргону і криптону”

Очевидно, він пов’язаний з надзвичайною прозорістю для електронів атомів аргону та криптону, яку спостерігав Рамзауер (рис. 13 д), Аналізуючи дані, подані в таблиці на рис.13 е, видно, що суто геометричний переріз атомів Ag і Kг у 10 разів перевищує ефективний поперечний переріз зіткнення у у мінімумі кривих, отриманих Рамзауером.

Отже, якщо електрони мають енергією 1 В, то вони проходять крізь атоми аргону і криптону, не відбиваючись. Як це може бути?

Очевидно, крім корпускулярних властивостей, електронам притаманні ще інші, про які на початку 20-х років ХХ ст. ще не знали. Це – хвильові властивості. Н. Бор припустив, що зважаючи на них, стають можливими явища, аналогічні тим інтерференційним ефектам, які можна спостерігати при проходженні світлових хвиль через тонкі шари речовини, зокрема, які підвищують прозорість оптичних об’єктів (рис. 13 ж).

Якщо наближено уявимо атоми Ag і Kг як потенціальні ями прямокутної форми з плоским дном, ширина яких відповідає розмірам атома L , та стінками висотою U_0 (рис. 13 з), то у випадку, коли довжина електронної хвилі дорівнює подвоєній ширині потенціальної ями:

$$\lambda = 2L = 0,8 \cdot 10^{-9} \text{ м},$$

відбиті при $x = \pm x_0$ такі хвилі будуть однакові по амплітуді, але відрізнятимуться на 180° за фазою; тобто вони гаситимуть одна одну (рис.13 з) відбитої хвилі не буде: електрони проходять так, якби ями не було зовсім.

Однак, енергії електронів 1 еВ у мінімумі прозорості відповідає довжина хвилі

$$\lambda_e = 1,2 \cdot 10^{-9} \text{ м},$$

яка є сумірною з подвоєною шириною потенціальної ями, але все ж таки дещо меншою за неї. Чому?

Це результат силової дії поля атома на електронну хвилю. За величиною різниці значень довжини електронної хвилі поза потенціальною ямою (вільний електрон) і у ній можна підрахувати її глибину.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

Унаслідок реалізації системного підходу до врахування взаємозв’язку суспільства з освітою, освіти з фізикою, фізики з методикою навчання та методики навчання з об’єктом пізнання, його пізнавально-навчальними властивостями, виявлено певні закономірності і зроблено відповідні висновки. Це було враховано під час розробок нових навчальних експериментів як невіддільних компонентів технологій навчання комплексних тем курсу фізики, що охоплюють ключові поняття, закони, теорії та взаємозв’язки між ними.

1. Суперечності між вимогами і реальним рівнем знань з фізики у студентів закладено усталеною методикою навчання фізики. Вона не дає змоги реалізувати концепцію фізичної освіти, основою якої є зростання фундаментального, гуманітарного і технічного потенціалу. Ці протиріччя спричинені, зокрема:

- тим, що у наукових дослідженнях з методики навчання фізики її гуманітарна складова переважає природничо-наукову, що призводить до певного абстрагування досліджень та не сприяє висвітленню конкретного змісту курсу фізики;

- недоліками висвітлення ключових понять фізики та взаємозв'язків між ними засобами сучасного навчального експерименту;

- недостатнім врахуванням вимог сучасної освітньої парадигми.

2. Розроблено і реалізовано засади інноваційного напрямку вдосконалення курсу загальної фізики, в якому експеримент – засадничий чинник технологій навчання нових комплексних тем, що охоплюють ключові поняття, закони, теорії і є результатом системного врахування вимог дидактики і діалектики, науково-технічного прогресу, тенденцій освіти, зокрема, методики та фізики як науки.

Висвітленню змісту тем повинні сприяти навчальні експериментальні дослідження, у яких:

- розв'язується завдання знаходження числового значення основних фізичних сталих;
- пошук розв'язку поставленого завдання стосується навчального матеріалу різних розділів фізики та охоплює взаємозв'язки між ними;
- розв'язок досягається у процесі послідовного виконання низки взаємопов'язаних експериментів.

3. Розкрито передумови впровадження технологій навчання інноваційних комплексних тем курсу загальної фізики, які полягають в тому, що технології сприяють підвищенню наочності та науковості викладання, висвітленню взаємозв'язків між матеріалом різних розділів фізики й усвідомленню єдності фізики, наступності у навчанні фізики від середньої до вищої школи, переходу від особистісно орієнтованого навчання до самостійного і дають змогу підвищити рівень організації навчального процесу, системність і цілісність керування ним.

4. Встановлено і реалізовано засади побудови технології навчання теми “Вимірювання та їх похибки“, у якій розкриваються деякі поняття теорії ймовірності та закладаються підвалини як для подальшого навчання фізики і розвитку професійних умінь та навичок, так і формування у студентів наукового світогляду (імовірнісного, стохастичного).

Зміст навчання теми представлено як концептуально ейдетичну та емпірично-теоретичну систему, структурні елементи якої мають чітко визначене навчальне призначення. Їх висвітлення здійснюється під час виконання навчальних експериментів.

Уперше розроблено, виготовлено й узгоджено з комп'ютером навчальну установку для дослідження випадкових похибок та її модельний комп'ютерний аналог (предмет дослідження – прискорення сили земного тяжіння).

Процес пізнання відбувається шляхом реалізації діяльнісного підходу, спрямованого на усвідомлення змісту структурних елементів теми та взаємозв'язків між ними.

5. Встановлено засади покращення наступності переходу від підрозділу “Кінематика” до підрозділу “Гармонічні коливання”.

Навчальний матеріал систематизовано і структуровано навколо основних понять фізики коливань. Цей матеріал подано як об'єкт пізнання комплексної теми “Рівномірний рух точки по колу та гармонічні коливання”.

Висвітленню змісту теми сприяють навчальні експерименти, які здійснюються за допомогою розробленої, виготовленої та узгодженої з комп'ютером навчальної установки “Фізичний маятник”. Це дало можливість вперше у навчальному процесі досліджувати кінематичне рівняння руху фізичного маятника та демонструвати взаємоперетворення енергії, на основі яких знаходити числове значення прискорення сили земного тяжіння.

6. Розроблено комплексну тему “Пружинний маятник та заряд електрона” та її технологію навчання. Це – приклад розкриття і побудови інтегративної системи знань, яка пов'язує поняття і закономірності фізики коливань і електромагнетизму.

По-перше, розроблено, виготовлено та узгоджено з комп'ютером установку “Пружинний маятник”, яка не має аналогів у навчальній практиці. Створено її комп'ютерний модельний аналог. Розроблено методикку проведення навчальних експериментів як реальних, так і віртуальних.

По-друге, встановлено співвідношення між параметрами коливальної системи (вертикальний пружинний маятник, коливальним тілом якого є постійний магніт, що здійснює коливання у каналі електричної котушки, витки якої закорочені) і параметрами коливань.

Воно полягає у тому, що коефіцієнт згасання β прямо пропорційний заряду електрона e , кількості витків n в обмотці електричної котушки і обернено пропорційний масі m коливального тіла та довжині l дроту обмотки електричної котушки.

По-третє, створено методологію знаходження заряду електрона. Це дало можливість у комплексній темі “Пружинний маятник та заряд електрона” об'єднати низку навчальних досліджень, які стосуються вільних механічних та вимушених гармонічних коливань, згасаючих механічних та електричних коливань, явища електромагнітної індукції та закону збереження і перетворення енергії. У процесі їх виконання демонструються взаємозв'язки між ключовими фізичними поняттями і закономірностями різних розділів фізики. За результатами експериментальних досліджень знаходиться числове значення заряду електрона.

7. На основі інтеграції, систематизації, структуризації понять, теорій і законів електромагнетизму, спеціальної теорії відносності Ейнштейна та фізики коливань сформовано комплексну тему “Релятивізм магнетизму”.

У її технології навчання існуючі взаємозв'язки між елементами структури знань теми постають у конкретизованих навчальних цілях та розкриваються в єдиному навчальному руслі у різних формах навчання (лекція, практичні та лабораторні заняття).

Експериментальні завдання виконуються на спеціально розробленому і виготовленому навчальному приладі для дослідження руху електронів в електричному та магнітному полях та його комп'ютерному модельному аналогу.

Зокрема, з одного боку, досліджується рух електронів крізь взаємно перпендикулярні високочастотні електричні поля рознесених у просторі двох систем відхиляючих пластин та за результатами експерименту знаходять швидкість їх руху, значення якої використовують у подальших дослідженнях.

З іншого – рух електронів вздовж пластин зарядженого плоского конденсатора та вздовж прямого провідника зі струмом, який симетрично розташований над ними. Це дає можливість для аналізу результатів експерименту і розв'язання проблемної ситуації, яка виникає, якщо аналізувати рух електрона у системі координат, що пов'язана з ним (і в якій він – нерухомий), застосовувати положення спеціальної теорії відносності Ейнштейна. Це дає можливість, переконатись, що рівняння магнетизму впливають із рівнянь електростатики і теорії відносності, знайти швидкість розповсюдження електромагнітної взаємодії – швидкість світла у вакуумі.

8. Науковість і наочність, наступність та проблемний підхід як засади переходу від концепцій класичної фізики до сучасної реалізовано під час побудови змісту та структури комплексної теми “Електронна хвиля та атоми аргону і криптону”.

Основою технології навчання теми, її засадничим чинником, є розв'язання проблемної ситуації, яка виникає як результат неспроможності класичної фізики пояснити результати простого експериментального дослідження руху електронів у поздовжньому електричному полі в атмосфері суміші аргону з криптоном.

Це, з одного боку, відкриває шлях для введення у навчальний процес курсу загальної фізики важливих понять атомної фізики (де'Бройлівська хвиля, як характеристика вільного електрона, силова дія на яку описується рівнянням Шредінгера, та потенціальна яма, яка описує атом).

З другого – сприяє висвітленню взаємозв'язку оптики (зокрема, просвітлення оптики, яке описує відома формула О. Смакули) з атомною фізикою.

9. Розроблено новий метод дослідження руху тіл, який дає змогу демонструвати в навчальному лабораторному практикумі неінерціальність систем відліку, пов'язаних із Землею, та знаходити швидкість обертання Землі навколо своєї осі.

10. Доопрацьовано відомий класичний метод демонстрації хвильових властивостей світла – метод зон Френеля, та розповсюджено його на демонстрацію квантово-механічних особливостей поведінки мікрочастинок. Це сприяє усвідомленню, що причинність фізичних законів мікросвіту – не причинний зв'язок окремих подій, а потенціальна можливість їх спостереження.

Основний зміст дисертації висвітлено в таких публікаціях автора:

Монографія

1. Орищин Ю.М. Теорія і практика вдосконалення курсу загальної фізики (сучасний навчальний експеримент). Монографія. – Львів: Видавничий дім “Панорама”, 2003. – 264 с.

Статті у фахових журналах

2. Орищин Ю.М. Про традиційну технологію навчання курсу фізики в контексті сучасності // Науково-методичний збірник “Проблеми освіти”. – К.: ІЗМН, 1999. – Вип. 16. – С. 190-196.

3. Орищин Ю.М. Сучасні навчальні технології в курсі загальної фізики // Наука і сучасність. Збірник наукових праць. Національний пед. ун-т ім. М.П. Драгоманова. – К.: Логос, 1999. – Вип. 2. – Ч.4. – С. 92-98.

4. Орищин Ю.М. Оновлення змісту курсу загальної фізики // Наукові записки. Збірник наукових статей національного пед. ун-ту ім. М.П. Драгоманова. – К.: НПУ, 2001. – Вип. 39. – С. 111-116.

5. Орищин Ю.М. Про принципи побудови нової технології навчання фізики // Нові технології навчання: Наук-метод. зб. – К.: НМЦВО, 2000. – Вип. 27. – С. 159-166.

6. Орищин Ю.М. Проблеми формування знань з фізики у студентів // Наукові записки: Збірник наукових статей національного пед. ун-ту ім. М.П. Драгоманова. – К.: НПУ, 2002. – Вип. 48. – С. 135-140.

7. Орищин Ю.М. Про розробку нових технологій навчання фізики // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного ун-ту. Серія педагогічна. – 2003. – Вип. 9. – С. 37-39.

8. Орищин Ю.М. Окремі тенденції розвитку освіти. Проблеми та шляхи розв'язку // Науково-методичний збірник “Проблеми освіти”. – К.: ІЗМН, 2003. – Вип. 33. – С. 139-146.

9. Орищин Ю.М., Пірко І.Б. Дослідження швидкості обертання Землі навколо своєї осі в навчальному практикумі // Проблеми методики викладання фізики на сучасному етапі. Збірник статей. – Кіровоград, 2000. – С. 196-199 (внесок дисертанта – ідея, постановка завдання; 0,4 др. арк.).

10. Орищин Ю.М. Виявлення хвильових та корпускулярних властивостей електронів в навчальному експерименті. Наукові записки // Збірник наукових статей національного пед. ун-ту ім. М.П. Драгоманова. – К.: НПУ, 2001. – Вип. 18. – С. 258-266.

11. Орищин Ю.М. Технологія навчання теми “Вимірювання та їх похибки. Розробка та впровадження” // Збірник науково-методичних праць Рівненського пед. ун-ту “Теорія і практика вивчення природничо-математичних і технічних дисциплін”. – Рівне: РДГУ, 2003. – Вип. 5. – С. 82-84.

12. Орищин Ю.М., Войтко М. В. Деякі аспекти побудови нової технології навчання “Пружинний маятник та заряд електрона” // Наукові записки. Збірник наукових статей національного пед. ун-ту ім. М.П. Драгоманова. – К.: НПУ, 2003. – Вип. 49. – С. 101-106 (внесок дисертанта – ідея, постановка завдання; 0,4 др. арк.).

13. Орищин Ю.М. Про релятивізм магнетизму в лабораторному практикумі з фізики // Фізичний збірник Наукового товариства ім. Шевченка. – Львів, 1993. – Т.1. – С. 360-370.

14. Орищин Ю.М. Про фундаментальний принцип відносності та спеціальну теорію відносності // Методичні особливості викладання фізики на сучасному етапі. Науково-методичний збірник. – Кіровоград, 1998. – Р.2. – С. 147-49.

15. Орищин Ю.М., Пірко І.Б. До питання про комп'ютерно орієнтоване навчальне дослідження з електромагнетизму // Збірник наукових праць “Комп'ютерно орієнтовані технології навчання”. – К.: НПУ ім. Драгоманова, 2001. – Вип. 3. – С. 218-227 (внесок дисертанта – ідея, постановка завдання; 0,4 др. арк.).

16. Орищин Ю.М. Тема “Релятивізм магнетизму” в курсі загальної фізики. Фрагмент розробки // Збірник науково-методичних праць Рівненського пед. ун-ту “Теорія і практика вивчення природничо-математичних і технічних дисциплін”. – Рівне: РДГУ, 2000. – Вип. 2. – С. 109-116.

17. Орищин Ю.М. Методика навчання кінематичних динамічних та енергетичних закономірностей коливальних рухів маятника // Наукові записки. – Вип.55. – Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград: КДПУ ім. В. Винниченка, 2004. –С. 82–89.

18. Орищин Ю.М. Реальний та модельний комп'ютерний експеримент – основа нової технології навчання “Вимірювання. Елементарні оцінки похибок вимірювання” // Вісник Чернігівського держ. пед. ун-ту, 2004. – Вип.23. – С. 272–279.

19. Орищин Ю.М. Про розробку методики навчання теми “Вимірювання. Елементарні оцінки похибок вимірювання” // Вісник Чернівецького ун-ту. Педагогіка і психологія. – 2004. – Вип. 208. – С. 137-143.

20. Орищин Ю.М. Розробка та впровадження нової технології навчання теми “Релятивізм магнетизму” // Збірник наукових праць Кам’янець-Подільського державного ун-ту. Серія педагогічна. Дидактика фізики в контексті орієнтирів Болонського процесу. – 2005. – Вип. 11. – С. 50-54.

Авторські свідоцтва (визнані ВАК фаховими публікаціями)

21. Учебный прибор по физике А.С. 1559372 СССР, МКИ G 09 23/18./ Орищин Ю.М., Савчин В.П., Злобин Г.Г., Ижнин И.И. (СССР). – № 43964222/31 – 12; заявлено 17. 03. 88, опубл. 23.04.90. Бюл. № 15. – 3 с. (внесок дисертанта – ідея, розробка вузлів; 0,1 др. арк.).

22. Способ исследования движения тел. А.С. 1818629 СССР, МКИ G 09 В 23/08./ Орищин Ю.М., Савчин В.П., Вайданич В.И. – № 4842005/12; заявлено 09. 04. 90; опубл. 30. 05. 93. Бюл. № 20. – 4 с. (внесок дисертанта – ідея, розробка вузлів; 0,1 др. арк.).

23. Учебный прибор по физике для демонстрации колебаний пружинного маятника. А.С. 1770972 СССР, МКИ G 09 В 23/18./ Орищин Ю.М., Савчин В.П., Стахира Й.М., Злобин Г.Г., Ижнин И.И. (СССР). – 4899813/12; заявлено 08.01. 91; опубл. 23. 10.92 92. Бюл. № 39. – 5 с. (внесок дисертанта – ідея, розробка вузлів; 0,12 др. арк.).

24. Способ исследования движения электронов в электрическом и магнитном полях. А. С. 1472940 СССР, МКИ G 09 В 23/18./ Орищин Ю.М., Савчин В.П., Вайданич В.И., Стахира Й.М. (СССР). – № 4220782/3112, заявлено 01.04.87, опубл. 15.04.89. Бюл.14. – 3 с. (внесок дисертанта – ідея, розробка вузлів; 0,1 др. арк.).

25. Учебный прибор для исследования движения электронов в электрическом и магнитных полях. А. С. 1536431 СССР, МКИ G 09 В 23/18./ Орищин Ю.М., Савчин В.П., Вайданич В.И., Стахира Й.М. (СССР). – № 4267325/3112. заявлено 24.06.87, опубл. 15.01.90. Бюл. 2. – 3 с. (внесок дисертанта – ідея, розробка вузлів; 01 др. арк.).

26. Способ исследования свойств света. А.С. 1805490 СССР, МКИ G 09 В 23/22./ Орищин Ю.М., Савчин В.П. (СССР). – № 4842006/12.; заявлено 09.04. 90; опубл. 30.03.93. Бюл. № 12. – 3 с. (внесок дисертанта – ідея, розробка вузлів; 01 др. арк.).

Матеріали конференцій

27. Oryshchyn Yu. M., Savchin V.P. New demonstrational physics experiments // Proc. Contributed Paper International Conference Physics in Ukraine. – К., 1993. – Р. 177-180 (внесок дисертанта – ідея, постановка завдання; 0,15 др. арк.).

28. Орищин Ю.М. Про нову технологію вивчення теми “Елементарні похибки вимірювання” // Матеріали науково-практичної конф. “Актуальні проблеми викладання фізики”. – Львів, 1996. – С. 23-24.

29. Орищин Ю.М. Шляхи покращення наочності при викладанні теми “Вільні механічні коливання” // Матер. науково-практичної конф. “Актуальні проблеми викладання фізики”. – Львів, 1996. – С. 35-36.

30. Орищин Ю.М. Про впровадження елементів нової технології навчання в лабораторному практикумі з електромагнетизму // Науково-практ. семінар “Створення і використання електронних приладів в лабораторному практикумі з електрики і магнетизму”. Збірник наук. праць. – Житомир, 1994. – С. 30-33.

31. Орищин Ю.М. Окремі аспекти побудови нових технологій навчання з фізики // Матеріали 2-ої Всеукр. конф. “Проблеми удосконалення фундаментальної і професійної підготовки вчителів фізики”. – К., 1996. – С. 68-71.

32. Орищин Ю.М., Теличин І.М. Підвищення професійного рівня вчителів на основі застосування сучасних навчальних приладів // Матер. 2-ої Всеукр. конф. “Проблеми удосконалення фундаментальної і професійної підготовки вчителів з фізики”. – К., 1996. – С. 101-104 (внесок дисертанта – ідея, постановка завдання; 0,15 др. арк.).

33. Вайданич В.І., Орищин Ю.М., Волошин Л.І. Елементи нових інформаційних технологій навчання при вивченні фізики // Нові інформаційні технології навчання в учбових закладах України. Статті за матер. науково-методичної конф. – Одеса, 1997. – С. 112-114 (внесок дисертанта – ідея, постановка завдання; 0,2 др. арк.).

34. Орищин Ю.М. Про проблеми в навчальному процесі курсу загальної фізики та пошук їх розв’язку // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції “Дидактичні проблеми дидактичної освіти в Україні”. – Чернігів, 1998. – С. 120-121.

35. Ляшенко О.І., Орищин Ю.М. Шляхи вдосконалення вивчення вільних механічних коливань // Матеріали 3-ої Всеукраїнської конференції “Фундаментальна та професійна підготовка фахівців з фізики”. – К., 1998. – С. 23-27 (внесок дисертанта – 0,15 др. арк.).

36. Орищин Ю.М., Пірко І.Б. Нові навчальні дослідження при вивченні вільних механічних коливань // Науковий вісник Миколаївського державного пед. ун-ту. – 1999. – Вип.1 – С. 78-84 (внесок дисертанта – ідея, постановка завдання; 0,35 др. арк.).

37. Orishchin Ou. M. Development of new laboratory experiments the basis of modern educational technologies // 4-th Intern. Seminar “Experiments and measurements in engineering physics education”. – Brno (Czech Republic), 1998. – P.12-15.

38. Orishchin Ou. M., Yaremyk R. Experiment investigation of electron motion as basis teaching in quantum mechanics // Intern. Seminar on “Engineering aspects in physics education”. – Smolenice (Slovak Republic), 1999. – P. 92-96 (внесок дисертанта – ідея, постановка завдання; 0,25 др. арк.).

39. Ляшенко О.І., Орищин Ю.М., Пірко І.Б. Нові навчальні дослідження при вивченні вільних механічних коливань // Збірник наукових праць Кам’янець-Подільського державного

ун-ту. Дидактика природничо-математичних дисциплін. – 1999. – Вип. 5. – С. 163-167 (внесок дисертанта – ідея, постановка завдання; 0,2 др. арк.).

АНОТАЦІЯ

Орищин Ю.М. Теорія і практика вдосконалення курсу загальної фізики засобами сучасного навчального експерименту. Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук за спеціальністю 13.00.02 – теорія і методика навчання фізики. Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова, Київ, 2006.

Розглянуто тенденції розвитку вищої професійної школи, психолого-педагогічні проблеми формування знань з фізики у студентів та досвід їх розв'язання.

Розроблено засади інноваційного напрямку вдосконалення курсу загальної фізики, в якому інновації в методиці навчання є засобами його розвитку, а експеримент – засадничим чинником технологій навчання нових комплексних тем, що охоплюють ключові поняття, закони, теорії і є результатом системного врахування вимог дидактики і діалектики, науково-технічного прогресу, тенденцій освіти, зокрема, методики та фізики як науки.

У контексті поданого, з одного боку, для ефективного вивчення ключових понять, законів і теорій курсу фізики та взаємозв'язків між ними розроблено нові експерименти і способи їх реалізації та спроектовано і створено відповідні засоби навчання: “Прилад для демонстрації закономірностей випадкових похибок”, “Прилад для дослідження швидкості обертання Землі навколо своєї осі”; “Установка для дослідження механічних коливань (фізичний маятник)”, “Прилад для демонстрації коливань пружинного маятника”, “Спосіб та прилад для дослідження руху електронів в електричному та магнітному полях”, “Спосіб дослідження властивостей світла” та “Установка для дослідження корпускулярних та хвильових властивостей електронів”. Більшість із них не мають аналогів у вітчизняному та зарубіжному навчальному практикумі курсу загальної фізики. Їх новизна та актуальність підтверджена авторськими свідоцтвами на винаходи.

З другого боку, зважаючи на принципи і методи дидактики та принципи діалектики, систематизовано і структуровано навчальний матеріал, що стосується ключових понять, законів і теорій курсу фізики, та подано його як об'єкт пізнання інноваційних комплексних тем “Вимірювання та їх похибки”, “Рівномірний рух точки по колу та гармонічні коливання”, “Пружинний маятник та заряд електрона”, “Релятивізм магнетизму”, “Електронна хвиля та атом аргону і криптону”.

Для впровадження тем у навчальний процес, сформовано відповідні технології навчання, основою яких є розроблений навчальний експеримент.

Ключові слова: освіта, вдосконалення, інновації, загальна фізика, експеримент, навчальні прилади, технологія навчання, комплексна тема, вимірювання та їх похибки, коливання,

електромагнітна індукція, заряд електрона, релятивізм магнетизму, швидкість світла, інтерференція електронних хвиль.

АННОТАЦІЯ

Оришин Ю.М. Теория и практика усовершенствования курса общей физики средствами современного учебного эксперимента. Рукопись.

Диссертация на соискания ученой степени доктора педагогических наук по специальности 13.00.02 – теория и методика обучения физики. Национальный педагогический университет имени М. П. Драгоманова, Киев, 2006.

Рассмотрены отдельные аспекты теории и практики усовершенствования курса общей физики средствами современного учебного эксперимента как неотъемлемого компонента разработанных технологий изучения инновационных комплексных тем, которые охватывают ключевые понятия, законы, теории и есть результатом системного учета требований дидактики и диалектики, научно-технического прогресса, тенденций образования и методики физики как науки. Раскрыты предпосылки внедрения их в курс общей физики, состоящие в повышении уровня организации учебного процесса, системности и целостности управления. Результатом внедрения есть улучшение раскрытия взаимосвязей между материалом различных разделов, наглядности, последовательности обучения, перехода к личностно-ориентированному и самостоятельному обучению.

С одной стороны, для эффективного освещения ключевых понятий, законов и теорий курса физики и взаимосвязей между ними разработаны новые эксперименты и способы их реализации, спроектированы и созданы соответствующие средства обучения: “Прибор для демонстрации закономерностей случайных ошибок”, “Прибор для исследования скорости вращения Земли вокруг своей оси”, “Установка для исследований механических колебаний”, “Прибор для демонстрации колебаний пружинного маятника”, “Способ и прибор для исследования движения электронов в электрическом и магнитном полях”, “Способ исследования свойств света” и “Установка для исследования корпускулярных и волновых свойств электронов”. Большинство из них не имеют аналогов в учебной практике, их новизна и актуальность подтверждена авторскими свидетельствами на изобретения.

С другой, учитывая принципы и методы дидактики и принципы диалектики, систематизировано и структурировано учебный материал, касающийся ключевых понятий, законов и теорий курса физики и представлено как объект познания инновационных комплексных тем. Разработаны и сформированы соответствующие технологии обучения, основой которых являются пять из семи предложенных средств и способов реализации новых экспериментов.

Впервые предложено и реализовано программное варьирование условий протекания эксперимента по измерению ускорения свободного падения тел g на специально изготовленной для этого и согласованной с компьютером установке и ее виртуальном аналоге. Оно внедрено в технологии обучения темы “Измерения и их ошибки“, в которой содержание обучения представлено как система, структурные элементы которой имеют четко определенные учебные цели. Обучение строится на сравнении результатов измерения ускорения g с “истинным” значением измеряемой величины, хорошо известной студентам. Это дает возможность акцентировать внимание на особенностях процесса измерения и его ошибках, целесообразности перехода от количественного представления результатов измерений в виде гистограммы к описанию их распределением Гаусса.

Технология изучения комплексной темы “Равномерное движение точки по окружности и гармонические колебания” позволяет улучшить последовательность обучения, его структуризацию и систематизацию вокруг основных понятий физики колебаний. На созданной компьютеризированной установке “Физический маятник” и ее виртуальном аналоге можно исследовать изохронность колебаний физического маятника и кинематическое уравнение движения, определять ускорение силы земного тяготения, используя закон сохранения и превращения энергии.

Впервые установлено соотношение между параметрами колебательной системы (вертикальным пружинным маятником, колебательным телом которого является постоянный магнит, колеблющийся в канале электрической катушки, и зарядом электрона). Это дало возможность в технологии обучения комплексной темы “Пружинный маятник и заряд электрона” объединить ряд учебных исследований: свободных и вынужденных механических и электрических колебаний, явления электромагнитной индукции и закона сохранения и превращения энергии. В процессе их выполнения демонстрируются ключевые физические понятия разных разделов физики и взаимосвязи между ними и, по результатам экспериментальных исследований, находят заряд электрона.

Предложено технологию изучения комплексной темы “Релятивизм магнетизма”. На основании интеграции, систематизации и структуризации элементов знаний по теории электромагнетизма, специальной теории относительности и физике колебаний оригинально представлены взаимосвязи между ними, конкретизированы учебные цели, которые предстают в едином учебном русле на лекциях и практических занятиях. На основании результатов экспериментального исследования движения электрона во взаимно перпендикулярных электрическом и магнитном полях, и воспользовавшись явлением сложения взаимно перпендикулярных колебаний как инструментом для нахождения скорости движения электрона, определяют или отношение величины заряда электрона к его массе, или величину скорости света.

Технология изучения комплексной темы “Электронная волна и атомы аргона и криптона” построена так, что проблемная ситуация возникает как следствие неспособности классической физики пояснить результаты простого экспериментального исследования движения электронов в продольном электрическом поле в атмосфере смеси аргона с криптоном. Это, с одной стороны, открывает путь для введения и изучения важных понятий атомной физики (свободный электрон – де’Бройлевская волна, силовое действие на которую описывает уравнение Шредингера, и потенциальный ящик, который описывает атом). С другой – показывает взаимосвязь с оптикой (просветление оптики, которое описывает известная формула О. Смакулы).

Предложенный подход содействует возрастанию фундаментализации и интеграции курса физики, реализации деятельностного метода обучения и облегчает формирование знания физики студентами.

Ключевые слова: образование, совершенствование, инновация, общая физика, эксперимент, учебные приборы, технология обучения, комплексная тема, измерения и их ошибки, колебания, электромагнитная индукция, заряд электрона, релятивизм магнетизма, скорость света, интерференция электронных волн.

SUMMARY

Oryshchyn Yu.M. Theory and practice of the course of general physics improvement by means modern educational experiment. Manuscript.

Dissertation for scientific degree doctor degree of pedagogical sciences. Specialty 13.00.02 – theory and methods of physics education. – National Dragomanov pedagogical university, Kyiv, 2006.

Same aspects of theory and practice of the course of general physics improvement by means of modern educational experiment, as an integral component of new technologies of teaching innovational complex themes – scientifically substantiated means of reflection specimens of educational activity, invariants of educational process, have been considered.

On the one hand, for effective learning key notions, laws and theories of the course of physics and relationships among them, new experiments and means of their realization have been worked out and corresponding means of teaching have been designed and produced: “Appliance for demonstration of the occasional errors' law”, “Appliance for investigation of the Earth rotation velocity around its axes”, “Appliance for demonstration of the spring pendulum swings”, “Appliance for investigation of mechanical swings (physical pendulum)”, “Method and appliance for the study of electron motion in electric and magnet fields”, “Method of light properties' study”, and “Appliance for the study of corpuscular and wave properties of electrons”.

Most of them don't have analogues in teaching practicum of the course of general physics in this country and abroad. Their novelty and actuality have been confirmed by certificates of recognition.

On the other hand, considering principles and methods of didactics and principles of dialectics, we systemized and structured educational material, as to key notions, laws and theories the course of physics and have given it as the object of knowledge of innovational complex themes of “Measurements and their errors”, “Uniform motion of a point around the circle and harmonic oscillations”, “Spring pendulum and electron charge”, “Relativity of magnetism”, “Electron-wave and atoms of argon and krypton”.

To enlighten them in the educational process, there have been formed corresponding technologies of teaching, the basis of which is the worked out teaching experiment.

Key words: education, improvement, innovations, teaching appliances, general physics, experiment, technology of teaching, complex theme of measurement and its errors, oscillations, electromagnetic induction, electron charge, relativity of magnetism, light velocity, interference of electron waves.