

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КІРОВОГРАДСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ВИННИЧЕНКА

На правах рукопису

ПОДОПРИГОРА Наталія Володимирівна

УДК 378.147.091.33:530.1

**МЕТОДИЧНА СИСТЕМА НАВЧАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ
МЕТОДІВ ФІЗИКИ У ПЕДАГОГІЧНИХ УНІВЕРСИТЕТАХ**

13.00.04 – теорія і методика професійної освіти

13.00.02 – теорія та методика навчання (фізика)

Дисертація на здобуття наукового ступеня
доктора педагогічних наук

Науковий консультант

ВОВКОТРУБ Віктор Павлович,

доктор педагогічних наук, професор

Кіровоград – 2016

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	5
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ЦІЛІ ТА ЗМІСТОВО-ДИДАКТИЧНІ НАПРЯМИ НАВЧАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ ФІЗИКИ В ПЕДАГОГІЧНИХ УНІВЕРСИТЕТАХ З ПОГЛЯДУ ЕВОЛЮЦІЇ ВИМОГ ВИЩОЇ ОСВІТИ .23	
1.1. Розвиток і еволюція вимог вищої освіти України щодо показників якості професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики	23
1.2. Компетентнісний підхід як умова переходу професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики на нові показники якості освіти.....	36
1.3. Поліпарадигмальність як методологічна система координат осмислення трансформації поглядів на навчання математичних методів фізики: передумови інтегрованого підходу	56
Висновки до розділу 1	84
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНА ОСНОВА МЕТОДИЧНОЇ СИСТЕМИ НАВЧАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ ФІЗИКИ В ПЕДАГОГІЧНИХ УНІВЕРСИТЕТАХ	87
2.1. Фундаменталізація та контекстна спрямованість навчання математичних методів фізики майбутніх учителів і викладачів фізики	88
2.2. Інтеграція та диференціація навчання математичних методів фізики майбутніх учителів і викладачів фізики	105
2.3. Міждисциплінарна інтеграція та міждисциплінарні зв'язки дисциплін циклу професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики	115
2.4. Обґрунтування можливості застосування інтегрованого підходу до навчання математичних методів фізики.....	135
Висновки до розділу 2	165

РОЗДІЛ 3. МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДИЧНОЇ СИСТЕМИ НАВЧАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ ФІЗИКИ У ПЕДАГОГІЧНИХ УНІВЕРСИТЕТАХ.....169

3.1. Методологічні засади системного підходу для розроблення методичної системи навчання математичних методів фізики.....169

3.2. Методологічні засади педагогічного моделювання для розроблення методичної системи навчання математичних методів фізики186

3.3. Функції моделювання та дидактичні лінії навчання математичних методів фізики в курсі теоретичної фізики207

3.4. Цілеспрямоване формування математичної компетентності з фізики: порівняльно-узгоджувальний підхід.....238

Висновки до розділу 3257

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДИЧНОЇ СИСТЕМИ НАВЧАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ ФІЗИКИ У ПЕДАГОГІЧНИХ УНІВЕРСИТЕТАХ262

4.1. Концепція розроблення й упровадження методичної системи навчання математичних методів фізики у педагогічних університетах.....262

4.2. Структурно-функціональна модель процесу формування й розвитку математичної компетентності з фізики288

4.3. Методична система навчання математичних методів фізики у педагогічних університетах305

Висновки до розділу 4325

РОЗДІЛ 5. УПРОВАДЖЕННЯ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДИЧНОЇ СИСТЕМИ НАВЧАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ ФІЗИКИ У ПЕДАГОГІЧНИХ УНІВЕРСИТЕТАХ329

5.1. Проектування методичної системи навчання математичних методів фізики для дисципліни «Математичні методи фізики».....329

5.1.1. Цільовий компонент методичної системи	330
5.1.2. Змістовий компонент методичної системи	334
5.1.3. Процесуальний компонент методичної системи	336
5.1.4. Результативний компонент методичної системи	344
5.2. Формування математичної компетентності з фізики під час вивчення вибраних питань теоретичної фізики	349
5.2.1. Вивчення законів збереження з погляду онтологічної моделі «симетрія– збереження–інваріантність» на засадах порівняльно-узгоджувального підходу.	349
5.2.2. Вивчення співвідношень невизначеностей на засадах циклічної моделі формування математичної компетентності з фізики.	366
5.3. Організація та проведення педагогічного експерименту	382
5.4. Аналіз результатів педагогічного експерименту	399
Висновки до розділу 5	414
ВИСНОВКИ	418
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	427
ДОДАТКИ	476

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВНЗ – вищий навчальний заклад

ІКТ – інформаційні комп’ютерні технології

КДПУ ім. В. Винниченка – Кіровоградський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка

МКФ – математична компетентність з фізики

ММФ – математичні методи фізики

МОН – Міністерство освіти і науки України

МС – методична система

МСН ММФ – методична система навчання математичних методів фізики

ОКР – освітньо-кваліфікаційний рівень

(до введення в дію Закону «Про вищу освіту» 6.09.2014 р.)

ОКХ – освітньо-кваліфікаційна характеристика

ОПП – освітньо-професійна програма

ОНП – освітньо-наукова програма

ПП – професійна підготовка

ТФ – теоретична фізика

ECTS – European Community Course Credit Transfer System

ВСТУП

Актуальність теми. У нових економічних і соціокультурних умовах пріоритетними завданнями державної освітньої політики є підвищення якості і конкурентоспроможності вищої освіти України, сприяння інтеграції університетської освіти й науки, прискорення процесів інтеграції в міжнародний освітній простір. Нова парадигма освіти також потребує суттєвих змін у системі вищої професійної освіти для забезпечення якісної підготовки фахівців, здатних критично мислити та діяти в складних професійних ситуаціях, приймати відповідальні і конструктивні рішення, розв'язувати проблеми в різних галузях знань, чому повинні сприяти набутий досвід навчальної та професійної діяльності, власна життєва позиція та сформований світогляд. Такі зміни вимагають модернізації вищої освіти на всіх її структурних рівнях: розроблення галузевих стандартів; навчальних програм; навчальних планів; форм і методів навчання; контролю й оцінювання навчальних досягнень студентів, що потребує прийняття європейської системи оцінювання результатів навчання – компетентностей. У професійній підготовці майбутніх учителів і викладачів фізики досягти таких результатів можна завдяки запровадженню компетентнісного підходу, що нині розглядається як один із напрямів модернізації вищої освіти й передбачає формування в студентів системи професійних компетентностей, які дають змогу ефективно діяти на різних рівнях професійної діяльності: вчителя фізики основної або старшої школи, викладача фізики.

Основні напрями реформування і модернізації професійної освіти на шляху оновлення суспільства проголошено в законах України «Про освіту» (1991), «Про вищу освіту» (2014), Національній доктрині розвитку освіти України XXI століття (2002), що визначають орієнтири для піднесення української вищої школи.

Проблема формування і розвитку професійної компетентності майбутнього вчителя і викладача фізики загалом і математичної компетентності з фізики в навчанні математичних методів теоретичної фізики зокрема, перебуває на

початковому етапі свого розв'язання. У працях вітчизняних і зарубіжних учених розглянуто різні її аспекти: загальні основи впровадження компетентнісного підходу в професійну підготовку майбутніх учителів і викладачів фізики (П. С. Атаманчук, О. І. Іваницький, В. Д. Шарко та ін.); теоретичні основи формування компетентності особистості – інтегрованої здатності розв'язувати життєві, а згодом – професійні завдання (М. С. Головань, І. Г. Єрмаков, А. І. Кузьмінський, О. І. Пометун та ін.); психологічні основи розвитку ключових компетентностей (Г. О. Балл, І. А. Зимня, О. О. Хуторський та ін.); методологічні засади формування і розвитку професійної компетентності в навчанні теоретичної фізики (О. А. Коновал, І. О. Мороз, В. В. Мултановський та ін.), формування в студентів фізико-технічних знань і вмінь (І. Т. Богданов, В. П. Вовкотруб, А. В. Касперський, О. С. Мартинюк, В. П. Сергієнко, Б. А. Сусь, Г. О. Шишкін, М. І. Шут та ін.); теоретико-методичні основи формування інформаційно-комунікаційних компетентностей (Б. Ю. Биков, С. О. Семеріков, Ю. В. Триус й ін.), інформаційно-комунікаційних компетентностей в навчанні фізики (Ю. П. Бендес, С. П. Величко, В. Ф. Заболотний та ін.). Розробленню питання формування та розвитку професійної компетентності майбутніх учителів і викладачів фізики сприяли наукові дослідження з проблем навчання фізики в загальноосвітній школі: ознайомлення учнів з методами наукового пізнання (О. І. Ляшенко, М. Т. Мартинюк, В. Г. Разумовський, М. І. Садовий та ін.); розвитку в учнів загальнонавчальних умінь (Л. Ю. Благодаренко, О. І. Бугайов, І. В. Бургун, В. Д. Сиротюк й ін.), реалізація задачного підходу в навчанні фізики (С. У. Гончаренко, Є. В. Коршак, А. І. Павленко та ін.)

Особливістю професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики є необхідність врахування міждисциплінарних зв'язків як вияву інтегративних процесів проникнення гуманітарного, соціально-економічного, природничо-математичного знання до циклу дисциплін професійної підготовки фахівців, що забезпечується не лише базовими фізико-математичними компетенціями, а й ключовими та спеціальними, методичними. Ці зв'язки

виконують важливу роль у підвищенні якості професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики. Специфіка такої підготовки полягає в оволодінні студентами узагальненим характером пізнавальної діяльності, основу якої становлять наукові уявлення про світ: поняття, основоположні закономірності – наскрізні поняття, які формуються в школі і трансформуються в вищому навчальному закладі (ВНЗ). Для професійної підготовки майбутніх учителів фізики така трансформація характерна й у зворотному напрямі – від ВНЗ до школи. З цього погляду виявляється значущою професійна спрямованість навчальної діяльності майбутніх фахівців, що вимагає комплексного науково-методичного дослідження, яке спирається на психолого-педагогічні та дидактичні основи визначення концептуальних засад розроблення та впровадження нововведень на сучасному етапі розвитку освіти.

Традиційна схема формально-логічного підходу до навчання не забезпечує виконання вимог підвищення якості освіти через те, що поза її увагою залишаються: *по-перше*, проблема індивідуального особистісного розвитку студентів щодо формування мотивації, інтересу, самостійності, творчості, соціалізації тощо, що успішно розв'язується в компетентнісній моделі освіти; *по-друге*, важливою для навчання фізики є проблема формування емпіричного і теоретичного знання з погляду врахування багатоплановості та розмаїття змісту навчання фізики в його організаційно-процесуальних аспектах, що розв'язується окремою дидактикою – теорією та методикою навчання фізики.

Зокрема В. Г. Разумовському вдалося відшукати достатньо універсальний інструмент для організації навчального пізнання – *принцип циклічності*, який визначає структуру змісту навчання фізики. Незважаючи на це, принцип циклічності не віддзеркалює варіативності теоретичних узагальнень теоретичної фізики. Проблему формування теоретичних узагальнень у навчанні теоретичної фізики майбутніх учителів і викладачів фізики розв'язував В. В. Мултановський шляхом проектування змісту навчання за універсальною схемою структури фізичної теорії на основі принципу генералізації. Генералізація, сприяючи розвитку теоретичного мислення студентів,

зумовлювала значне розширення змісту навчання, що потребувало пошуків механізмів балансування цього процесу. Розв'язанню цієї проблеми сприяли дослідження О. І. Ляшенка, який, досліджуючи зв'язок теоретичного й емпіричного в пізнанні, запропонував методичну модель формування фізичного знання на концептуальній основі *єдності змістового і процесуального* компонентів процесу навчання фізики.

Утім відкритим залишається питання щодо місця математичних методів фізики в цьому процесі. Диференціальні рівняння математичної фізики, віддзеркалюючи внутрішні механізми процесів природи, моделюють процеси різної природи: фізичні, хімічні, біологічні, екологічні, економічні тощо. Інформаційну ємність, або «всесилля» (за А. Д. Сахаровим) рівнянь математичної фізики зумовлено тим, що в їх основу покладено закони фізики, зв'язані із симетріями простору і часу. Обґрунтування *уніфікованості* рівнянь математичної фізики в навчально-пізнавальній діяльності студентів з теоретичної фізики уможливилює вивчення різних теоретичних схем. І все ж понятійно-категоріальна структура і методологічні аспекти взаємозв'язку математичної та теоретичної фізики потребують урахування педагогічних і зокрема дидактичних умов у процесі професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики.

Нині в педагогічних університетах України накопичено значний досвід і фактичний матеріал щодо вивчення фізико-математичних дисциплін, однак навчання ММФ не забезпечує досягнення належного рівня якості фахових знань майбутніх учителів і викладачів фізики на рівні теоретичних узагальнень у курсі теоретичної фізики щодо фундаменталізації й оптимізації навчальної діяльності, формування та розвитку математичної компетентності з фізики шляхом удосконалення: форм, прийомів і методів навчання; установлення та реалізації міждисциплінарних зв'язків; упровадження комп'ютерних технологій у поєднанні з традиційними технологіями навчання; розвитку мислення студентів тощо.

Аналіз проблеми професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів

фізики на інституційному рівні та рівні навчальних дисциплін «Математичні методи фізики» і «Теоретична фізика», теоретико-методичних праць сучасних дослідників (дисертацій, монографій, підручників, посібників, статей, інформаційних ресурсів мережі Internet і т.п.), вивчення практики роботи викладачів із запровадження курсів ММФ та теоретичної фізики, власний досвід викладацької та наукової діяльності дозволив нам виявити низку суперечностей, з-поміж яких ми, врахувавши три контекстні рівні, виокремили такі суперечності:

– у контексті потреб соціального замовлення – між об'єктивною потребою суспільства у висококваліфікованих, конкурентоспроможних фахівцях, здатних швидко адаптуватися до вимог сучасного ринку праці, та традиційною професійною освітою майбутніх учителів і викладачів фізики, неспроможною в умовах компетентнісної парадигми освіти розв'язувати актуальні завдання професійної підготовки зазначених фахівців;

– у контексті потреб педагогічної науки – між підвищеними вимогами до професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики та традиційними підходами до формування професійної компетентності зазначених фахівців, потребою подолання сформованих стереотипів, зміною поглядів на проблему їхньої професійної підготовки та традиційним формально-логічним підходом до навчання математичних методів фізики;

– у контексті потреб педагогічної практики – між доведеною потребою оновлення змісту навчання математичних методів фізики, зреалізованих у поєднанні прикладних і теоретичних досліджень із залученням сучасних комп'ютерних технологій, і рівнем їх засвоєння студентами педагогічних університетів; між значним обсягом теоретичного матеріалу з курсів математичних методів фізики та теоретичної фізики й здатністю студентів використовувати його в нестандартних ситуаціях навчальної та професійної діяльності вчителя та викладача фізики.

Отже, відсутність системного наукового дослідження щодо цілісної методологічної, теоретичної та методичної бази упровадження

компетентнісного підходу до навчання студентів математичних методів фізики, що створювало б передумови його реалізації в циклі дисциплін професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики, сприяючи адаптації в змінному соціально-економічному середовищі, недостатній рівень теоретичного вивчення та практичної розробленості зазначеної проблеми, її вагоме соціальне значення, а також виявлені суперечності зумовили вибір теми дослідження «**Методична система навчання математичних методів фізики у педагогічних університетах**».

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація виконана відповідно до плану наукових досліджень кафедри фізики та методики її викладання Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка і є складником теми «Система управління якістю підготовки майбутніх учителів математики, фізики та інформатики на основі інформаційно-комунікаційних технологій» (протокол № 5 від 08.12.2011).

Тему дисертації затверджено вченою радою Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка (протокол № 5 від 26.12.2011), узгоджено в бюро Міжвідомчої ради з координації наукових досліджень з педагогічних та психологічних наук в Україні (протокол № 6 від 18.06.2013).

Мета дослідження – наукове обґрунтування, концептуалізація, розроблення й упровадження методичної системи навчання математичних методів фізики в процесі професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики.

Концепція дослідження. Фізико-математична підготовка майбутніх учителів і викладачів фізики є складником їхньої професійної підготовки в педагогічному університеті, у якому формуються особистісно та професійно важливі якості майбутнього фахівця, готовність до конкретного виду фахової діяльності. Кожна з дисциплін циклу професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики: «Загальна фізика», «Математичні методи фізики»,

«Теоретична фізика», «Фізика твердого тіла», «Методика навчання фізики» тощо, впливає на формування і розвиток у майбутніх фахівців професійної компетентності.

Провідна ідея дослідження полягає в твердженні, що формування і розвиток математичної компетентності з фізики майбутніх учителів і викладачів фізики в навчанні математичних методів фізики (ММФ) та теоретичної фізики – це багатокomпонентний процес, який на засадах фундаменталізації, міждисциплінарної інтеграції, контекстного (теоретичного, прикладного, професійно зорієнтованого), інформаційного (предметно-інформаційного, інформаційно-комунікаційного контекстів) і провідного компетентнісного підходів у своїй єдності забезпечують готовність і здатність фахівців розв’язувати навчальні, а згодом професійні завдання.

Концепція дослідження містить три взаємозв’язані концепти, що сприяють реалізації провідної ідеї:

– *методологічний концепт* віддзеркалює взаємозв’язок і взаємодію різних підходів до розв’язання проблеми формування і розвитку в студентів математичної компетентності з фізики: фундаменталізації змісту навчання ММФ; міждисциплінарної інтеграції дисциплін циклу професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики; контекстного; інформаційного; компетентнісного, які орієнтують процес навчання ММФ на формування і розвиток студента як суб’єкта навчальної діяльності;

– *теоретичний концепт* визначає систему основних положень, понять, дефініцій, покладених в основу розуміння сутності професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики, процесу формування і розвитку в студентів математичної компетентності з фізики в навчанні ММФ та теоретичної фізики, з-поміж яких уявлення про професійну підготовку майбутніх фахівців з погляду компетентнісної моделі освіти; особливості навчально-пізнавальної діяльності студентів в умовах компетентнісного підходу до навчання ММФ; професійні кваліфікації, ключові професійні компетенції, професійну компетентність та її структуру; педагогічні й

організаційно-методичні умови цілісного процесу формування і розвитку математичної компетентності з фізики майбутніх учителів і викладачів фізики; формування і розвиток математичної компетентності з фізики студентів як цілісної системи і педагогічного процесу;

– *методичний концепт* передбачає розроблення й опис програми організації комплексного дослідження проблеми формування і розвитку математичної компетентності з фізики в майбутніх учителів і викладачів фізики, методичної системи навчання математичних методів фізики в педагогічних університетах, етапів її реалізації в практиці навчання циклу дисциплін професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики.

Відповідно до мети і концепції дослідження визначено його основні **завдання**:

1. Проаналізувати еволюцію вимог вищої освіти України щодо показників якості професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики та визначити місце математичної компетентності з фізики в структурі професійної компетентності майбутнього вчителя і викладача фізики, виявити передумови інтегрованого підходу до її формування і розвитку.

2. Дослідити розвиток принципу фундаменталізації й розробити концептуальні засади фундаменталізації змісту навчання математичних методів фізики, виявити можливості поєднання змісту навчання із процесуальною основою з позицій реалізації принципу професійної спрямованості для забезпечення контексту навчальної діяльності, значущої для курсу теоретичної фізики та професійної діяльності майбутніх учителів і викладачів фізики.

3. Дослідити проблему інтеграції та диференціації навчання математичних методів фізики майбутніх учителів і викладачів фізики й визначити інтегративні чинники, що сприяють процесу формування математичної компетентності з фізики.

4. Обґрунтувати вибір теоретичної основи методичної системи навчання математичних методів фізики – інтегрованого підходу, який передбачає комплексну реалізацію принципів фундаменталізації, професійної

спрямованості, міждисциплінарної інтеграції та інформатизації щодо добору несуперечливих, сумісних й узгоджених дидактичних способів і умов у досягненні цілей і результатів компетентісно зорієнтованого навчання.

5. Дослідити процес формування і розвитку математичної компетентності з фізики як системний об'єкт, визначити його компоненти, структуру, функції, що забезпечують його дієздатність в умовах освітньо-наукового середовища ВНЗ. Виявити дидактичні можливості для цілеспрямованого формування математичної компетентності з фізики та дидактичні лінії навчання математичних методів фізики в змісті курсу теоретичної фізики.

6. Створити загальну концепцію розроблення й упровадження методичної системи навчання математичних методів фізики в педагогічних університетах на засадах інтегрованого підходу (фундаменталізації, міждисциплінарного, контекстного, інформаційного, компетентісного підходів).

7. Розробити структурно-функціональну модель процесу формування і розвитку математичної компетентності з фізики в навчанні математичних методів фізики та теоретичної фізики і відповідну методичну систему навчання математичних методів фізики, рекомендації та навчально-методичні матеріали для забезпечення професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики.

8. Упровадити методичну систему навчання математичних методів фізики в педагогічних університетах для реалізації базового етапу формування математичної компетентності з фізики майбутніх учителів і викладачів фізики, дослідити її ефективність.

Об'єкт дослідження – професійна підготовка майбутніх учителів і викладачів фізики.

Предмет дослідження – методична система навчання математичних методів фізики в педагогічних університетах.

Дослідження здійснено на засадах провідних положень філософії освіти, наукового пізнання, законів інтеграції знань, концепції фундаменталізації освіти, теорії контекстного навчання, концепції розвивального навчання,

принципів системності, неперервності, диференційованості, прогностичності.

Методологічною основою дослідження є системний підхід до аналізу педагогічного процесу (З. А. Абасов, С. У. Гончаренко, В. А. Кушнір, І. П. Підласий та ін.), педагогічне моделювання (О. О. Веденов, О. М. Кочегрін, Ю. З. Кушнер, А. А. Киверялг, Є. О. Лодатко, В. В. Ягупов та ін.), інтеграційний підхід (В. О. Сластьонін, О. І. Субетто та ін.), поліпарадигмальний підхід (І. А. Зязюн, Н. Г. Ничкало, В. А. Шершньова та ін.) комплексна реалізація різних підходів: фундаменталізації та професіоналізації (С. А. Баляєва, Г. П. Бахтіна, С. О. Семеріков та ін.), особистісно зорієнтованого (А. І. Кузьмінський, К. К. Платонов, З. І. Слєпкань та ін.), діяльнісного (П. М. Горносталь, М. В. Кларін, О. М. Леонтьєв та ін.), компетентнісного (М. С. Головань, В. Ф. Заболотний, І. О. Зимня, Дж. Равен, А. В. Хуторський, В. Д. Шарко та ін.), семіотичного (Ю. М. Лотман), герменевтичного (А. Ф. Закірова); методологічні та методичні основи навчання математичних методів фізики (В. І. Арнольд, О. А. Самарський, А. М. Тіхонов, Є. І. Несис, А. В. Свізинський, В. І. Семянїстий, В. В. Цукерман, Г. М. Фіхтенгольц та ін.) щодо здійснення обчислювального експерименту (В. О. Ільїна, О. С. Ільїнський, О. Г. Свешніков, П. К. Сілаєв, Р. П. Федоренко та ін.), комп'ютерного моделювання у фаховій підготовці майбутніх учителів і викладачів фізики (Р. В. Майєр); задачний підхід до навчання теоретичної фізики (О. А. Коновал); принцип циклічності навчання фізики (В. Г. Разумовський); методичні основи навчального фізичного експерименту (О. І. Бугайов, С. П. Величко, В. П. Вовкотруб, М. І. Садовий та ін.).

Теоретичну основу дослідження становлять наукові постулати загальної теорії систем (П. К. Анохін, Л. Берталанфрі, І. В. Блауберг, В. М. Садовський, Е. Г. Юдін та ін.); положення теорії контекстного навчання (А. О. Вербицький); психолого-педагогічні основи пізнавальних процесів (Л. С. Виготський, І. Л. Лойфман, С. Л. Рубінштейн та ін.); основи теорій підвищення якості знань (В. В. Красвський, І. Я. Лернер, М. М. Скаткін), розвивального навчання (В. В. Давидов, Б. Д. Ельконін), концептуальні засади системи узгоджувального

навчання (Б. О. Комаров); положення теорії інтеграції освіти (Т. Г. Браже, І. М. Козловська) та міждисциплінарних зв'язків (О. Ю. Афансьєв, В. К. Сидоренко, Л. А. Шестакова); принципи фундаменталізації (Л. С. Йолгіна, В. В. Кондратьєв, В. В. Краєвський, В. О. Тестов та ін.) та інформатизації освіти (М. І. Жалдак, Ю. В. Триус); теорія змісту та методів навчання (М. М. Скаткін, В. О. Сластьонін, А. В. Хуторський та ін.); закономірності функціонування методичних систем навчання (В. П. Беспалько, О. І. Іваницький, Н. В. Кузьміна, О. М. Новіков, О. М. Пехота та ін.); теорія розв'язування задач (В. П. Беспалько).

Для досягнення поставленої мети, перевірки сформульованої гіпотези та розв'язання завдань використано комплекс **методів дослідження**. До них належать *теоретичні методи*: *аналіз* психолого-педагогічної, науково-методичної літератури, державних стандартів освіти, освітньо-кваліфікаційних характеристик та освітньо-професійних програм педагогічних напрямів (спеціальностей), навчальних планів підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики, навчальних програм, підручників, навчальних посібників, нормативних документів, змісту навчальних дисциплін професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики для з'ясування проблем фізичної освіти в умовах організації навчального процесу з погляду компетентнісного підходу до визначення цілей і результатів навчання; виявлення можливостей інтегрованого підходу до навчання ММФ шляхом комплексного використання фундаменталізації, міждисциплінарної інтеграції, контекстного, інформаційного та компетентнісного підходів; *синтез* – для визначення найбільш доцільної побудови курсу ММФ, який забезпечить реалізацію інтегрованого підходу; обґрунтування висновків на різних етапах дослідження; *системний підхід* – для дослідження педагогічного об'єкта «процес навчання математичних методів фізики майбутніх учителів і викладачів фізики» з погляду методичної системи; *моделювання* – для побудови структурно-функціональної моделі формування і розвитку математичної компетентності з фізики студентів з позицій інтеграційного підходу до навчання ММФ у

взаємодії зі змістом дисциплін професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики; *емпіричні методи: спостереження* за процесом навчання фізики професійно зорієнтованих дисциплін для визначення інтеграційного змісту навчання ММФ; *анкетування* – з метою виявлення проблем підготовки студентів до фахової діяльності та напрямів реалізації інтегрованого підходу до формування і розвитку математичної компетентності з фізики в навчанні ММФ та теоретичної фізики; *тестування* – на етапі діагностики навчальних досягнень студентів перед початком запровадження нововведень і на етапі визначення педагогічної ефективності методичної системи навчання математичних методів фізики в педагогічних (МСН ММФ) університетах і запропонованої моделі компетентнісно зорієнтованого навчального процесу щодо формування і розвитку математичної компетентності з фізики; *педагогічний експеримент* – для перевірки ефективності МСН ММФ через зміст навчальної дисципліни «Математичні методи фізики»; *статистичні методи* – на етапі математичного опрацювання даних і презентації результатів педагогічного дослідження, що уможливило здійснення кількісного та якісного аналізу сукупності емпіричних показників.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що:

– *уперше* в вітчизняній педагогічній науці *розроблено* відкриту, динамічну й диверсифіковану методичну систему та структурно-функціональну модель процесу формування й розвитку математичної компетентності з фізики майбутніх учителів і викладачів фізики в навчанні математичних методів фізики та теоретичної фізики в педагогічних університетах, що ґрунтуються на комплексному застосуванні фундаменталізації, міждисциплінарного, контекстного, інформаційного і компетентнісного підходів; *створено* загальну концепцію розроблення й упровадження методичної системи навчання математичних методів фізики в педагогічних університетах, що передбачає формування та розвиток у майбутніх учителів і викладачів фізики математичної компетентності з фізики і містить такі розділи: актуальність і доцільність, мета і завдання, концептуальні положення, умови і вимоги, забезпечення,

перспективи розвитку; методична система складається з концептуальної основи, цільового, змістового, процесуального й результативного компонентів, взаємозв'язок і функціонування яких забезпечується шляхом виконання комплексу педагогічних і організаційно-методичних умов та передбачає реалізацію методологічної, професійно орієнтувальної, інтегративної, розвивальної та прогностичної функцій; теоретично *обґрунтовано* можливість застосування порівняльно-узгоджувального підходу до цілеспрямованого формування в студентів математичної компетентності з фізики, який передбачає виокремлення інтегративного компонента (фізичний закон або принцип – математичне співвідношення або рівняння), порівняння його зі змістом навчання математичних методів фізики та теоретичної фізики й узгодження з процесуальною основою навчання теоретичної фізики в структурі навчально-пізнавальної діяльності студентів;

– *уточнено* поняття математичної компетентності з фізики як інтегрованої динамічної характеристики особистісних якостей майбутнього вчителя і викладача фізики, що характеризує його готовність і здатність застосовувати в навчальній та професійній діяльності методи математичного моделювання фізичних систем, явища або процесу у фізичній системі з погляду законів або принципів фізики в прийнятих теоретичних схемах;

– *удосконалено* методичні прийоми щодо розвитку творчих здібностей студентів у процесі навчання теоретичної фізики з погляду «принципу циклічності»; зміст, структуру й методику організації та проведення занять з навчальної дисципліни «Математичні методи фізики», зорієнтованої на формування математичної компетентності з фізики за структурою визначених компонентів: когнітивного (знання фахової наукової дисципліни – математичної фізики), діяльнісного (уміння в змісті курсу математичних методів фізики розв'язувати навчальні проблеми, задачі, ситуації), особистісного (мотивація, ціннісно-рефлексивні, емоційно-вольові особистісні якості тощо);

– *подальшого розвитку набули* принципи добору професійно

зорієнтованого навчального матеріалу з фізики щодо навчання математичних методів фізики; методичні засади проведення лекційних занять в умовах реалізації міждисциплінарних зв'язків курсів математичних методів фізики та теоретичної фізики; методичні підходи до розв'язування задач з математичних методів фізики прикладного змісту.

Практичне значення одержаних результатів: *обґрунтовано* методичні підходи до формування математичної компетентності з фізики (МКФ), що забезпечують практичне спрямування процесу навчання ММФ на реалізацію контекстного та інформаційного підходів, зокрема із залученням навчального фізичного експерименту, математичних інформаційних пакетів тощо; *упроваджено* в навчальний процес методичні розробки щодо вивчення студентами вибраних питань теоретичної фізики з погляду різних теоретичних схем (принципу симетрій [292], принципу відповідності [305], законів збереження [298; 299], співвідношень невизначеностей [293; 303; 320] ефекту квантування магнітного потоку [493]), навчальні посібники: «Математичні методи фізики» (гриф МОНмолодьспорту, лист № 1/11-3130 від 06.03.2012) [309], «Термодинаміка і статистична фізика» (гриф МОНмолодьспорту, лист № 1/11-12975 від 08.08.2012) [77], «Фізика твердого тіла» (рекомендовано вченою радою КДПУ ім. В. Винниченка, протокол № 1 від 29.08.2014) [331].

Результати дисертації впроваджено в навчальний процес ВНЗ України: Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького (довідка від 19.06.2014 № 258/03), Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка (довідка від 17.04.2015 № 24), Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини (довідка від 14.05.2015 № 1259/01), ДВНЗ «Запорізький національний університет» (довідка від 19.05.2015 № 01-15/90), Чернігівського національного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка (довідка від 28.05.2015 № 14), Херсонського державного університету (довідка від 10.06.2015 № 01-28/1299), Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова (довідка від 18.06.2015 № 07-10/1308), Рівненського державного гуманітарного університету (довідка

від 23.06.2015 № 103), Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка (довідка від 10.07.2015 № 874).

Експериментальну перевірку авторської МСН ММФ здійснено у 2005–2015 рр. на фізико-математичному факультеті Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка та окремих її складників – на експериментальних майданчиках у вищевказаних ВНЗ. У експерименті брали участь 976 студентів і 68 викладачів.

Особистий внесок здобувача викладено в працях, написаних разом із співавторами, у яких здобувачеві належать такі результати дослідження: підібрано зміст задач і завдань зі шкільного курсу фізики [69; 74; 357] та експериментальних завдань з курсу загальної фізики [208; 209] для реалізації професійної спрямованості навчання математичних методів фізики, обґрунтовано доцільність таких упроваджень [312], зокрема підібрано навчально-методичне забезпечення для організації самостійної роботи студентів [322; 493]; обґрунтовано доцільність структурованого тестування в курсі теоретичної фізики [301]; визначено особливості реалізації дидактичних принципів навчання фізики в умовах реформування фізичної освіти [317]; спроектовано зміст навчальних посібників з погляду інтегрованого навчання ММФ [309] і теоретичної фізики [77; 331]; запропоновано варіант комплексного вивчення співвідношень невизначеностей [293; 320]; розроблено методику вивчення майбутніми вчителями і викладачами фізики принципу симетрії як принципу теоретичної фізики [310], обґрунтовано доцільність вивчення законів збереження з погляду онтологічної системи принципів симетрії-інваріантності-збереження в процесі вивчення вибраних питань теоретичної фізики [292]; обґрунтовано доцільність вивчення характеристичних функцій в термодинаміці на засадах ейдотехнологій [295].

Апробація результатів дослідження. Основні положення й результати дослідження викладено й обговорено на науково-методичних і науково-практичних конференціях, з-поміж яких *міжнародні*: «Стратегія розвитку образования» (Москва, 2007), «Иновационные технологии обучения в условиях

глобализации рынка образовательных услуг» (Москва, 2008), «Актуальні проблеми методології та методики навчання фізико-математичних дисциплін» (Київ, 2013), «Проблеми професійного становлення майбутнього фахівця в умовах сучасного освітнього простору» (Кіровоград, 2013), «Засоби і технології сучасного навчального середовища» (Кіровоград, 2013 – 2015), «Інноваційні технології управління якістю підготовки майбутніх учителів фізико-технологічного профілю» (Кам'янець-Подільський, 2013), «Сучасні тенденції навчання фізики в загальноосвітній та вищій школі : присвячена 100-річчю від дня народження І. В. Попова» (Кіровоград, 2014), «Проблеми професійного становлення майбутнього фахівця в умовах сучасного освітнього простору» (Кіровоград, 2014), «Управління якістю підготовки майбутнього вчителя фізико-технологічного профілю» (Кам'янець-Подільський, 2014), «Актуальні проблеми природничо-математичної освіти в середній і вищій школі» (Херсон, 2014), «Pedagogy of the 21 st century : teaching in a world of constant information flow» : (Budapest, 2014), «Педагогіка вищої школи: методологія, теорія, технології» (Київ–Кіровоград, 2014), «Проблеми професійного становлення майбутнього фахівця в умовах інтеграції до європейського освітнього простору» (Кіровоград, 2015), «Проблеми математичної освіти ПМО–2015» (Черкаси, 2015), «Дидактика фізики як концептуальна основа формування компетентнісних і світоглядних якостей майбутнього фахівця фізико-технологічного профілю» (Кам'янець-Подільський, 2015), «Сучасні тенденції навчання фізики в загальноосвітній та вищій школі» (Кіровоград, 2015); *всеукраїнські*: «Рішельєвські читання : проблеми та перспективи фізико-математичної освіти в контексті сучасних тенденцій розвитку освітнього простору та педагогічних технологій» (Одеса, 2009), «Актуальні проблеми підготовки вчителів природничо-наукових дисциплін для сучасної загальноосвітньої школи» (Умань, 2012), «Чернігівські методичні читання з фізики 2013. Підвищення ефективності навчання фізики через поєднання різних форм і методів» (Чернігів, 2013), «Проблеми сучасного підручника» (Київ, 2013, 2014), «Інноваційно-комунікаційні технології навчання» (Умань, 2014), «Навчання фізики і астрономії у загальноосвітніх

школах України : традиції й інновації» (Умань, 2015), «Особливості підвищення якості природничої освіти в технологізованому суспільстві» (Миколаїв, 2015); всеукраїнський науково-практичний семінар «Актуальні питання методики навчання фізики та астрономії у середній і вищій школах» Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова (Київ, 2014); науково-методичні семінари «Сучасні проблеми дидактики фізики» кафедри фізики та методики її викладання Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка (Кіровоград, 2008–2015).

Результати дослідження опубліковано в 67 наукових працях, із яких 49 написано без співавторів. Основні наукові результати дисертації представлено: 1 монографією; 3 навчальними посібниками; 45 статтями, з них 32 опубліковано в наукових фахових виданнях України, 6 – в іноземних періодичних виданнях, 7 – у виданнях України, які входять до міжнародних наукометричних баз. Публікації, що додатково розкривають результати дослідження, представлено: 5 навчально-методичними посібниками, 13 тезами.

Кандидатську дисертацію «Використання автоматичних пристроїв і функціональних вузлів ЕОТ у системі шкільного фізичного експерименту» (спеціальність 13.00.02 – теорія та методика навчання (фізика) захищено в 1999 році в Національному педагогічному університеті імені М. П. Драгоманова. Її матеріали в тексті докторської дисертації не використано.

Структура дисертації. Робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків до кожного розділу, загальних висновків, списку використаних джерел (493 найменування), 10 додатків. Повний обсяг дисертації – 589 сторінок, основний текст становить 413 сторінок. У роботі подано 39 таблиць, 41 рисунок.

РОЗДІЛ 1

ЦІЛІ ТА ЗМІСТОВО-ДИДАКТИЧНІ НАПРЯМИ НАВЧАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ ФІЗИКИ В ПЕДАГОГІЧНИХ УНІВЕРСИТЕТАХ З ПОГЛЯДУ ЕВОЛЮЦІЇ ВИМОГ ВИЩОЇ ОСВІТИ

1.1. Розвиток і еволюція вимог вищої освіти України щодо показників якості професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики

На початку XXI ст. модернізація вищої освіти в Україні стала об'єктивною потребою, тому ми є очевидцями зростання уваги держави до її проблем, розширення функцій і ролі в суспільстві. Нині вища освіта у цивілізованому суспільстві розглядається не лише як інституція задоволення соціальних і фахових потреб особистості, а й як життєва необхідність.

Вищу освіту України розбудовано відповідно до структури освіти розвинених країн світу, визначеною ЮНЕСКО, ООН та іншими міжнародними організаціями. Від початку створення в 1991 р. МОН України на основі зазначених міжнародних документів з питань демократії й гуманізації в галузі освіти та прав людини здійснило низку масштабних заходів щодо створення нової нормативно-правової бази вищої освіти. Зокрема, прийнято закони України «Про освіту» (1991) [136], «Про вищу освіту» (2002) [134] і (2014) [135], постанови Кабінету Міністрів України «Про Державну національну програму «Освіта» («Україна XXI століття»)» (1993) [338], переліки напрямів та спеціальностей, за якими здійснюється підготовка фахівців у ВНЗ за відповідними ОКР (молодшого спеціаліста, бакалавра, спеціаліста, магістра) (Перелік–1997) [342], бакалавра (Перелік–2006) [343], спеціаліста і магістра (Перелік–2010) [341], Національна рамка кваліфікацій (2011) [254], перелік галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти (Перелік–2015) [340]. Зазначений комплекс нормативно-правових документів визначив ідеологію реформування всієї освітньої галузі, яка обстоює демократичні права особистості.

Дотепер систему вищої освіти України було побудовано такий, що вона не відповідальна за кінцевий результат своєї освітньої діяльності. Нині починають

формуватися механізми участі працедавців, професійних товариств та й звичайних громадян у розв'язанні проблем освітньої політики. Протягом 2014 р. держава зробила декілька доленосних кроків для забезпечення реальної автономії вищих навчальних закладів, посилення їх відповідальності за якість освітніх послуг, стимулювання наукової діяльності: прийнятий новий Закон «Про вищу освіту» (2014) [135], здійснено низку заходів з його імплементації; скасовано процедуру надання МОН України грифів навчальній літературі для вищих навчальних закладів (наказ від 18.04.2014 № 486); розроблено проект концепції розвитку освіти України на період 2015–2025 рр. та ін.

Розвиток такого стратегічного завдання, як підвищення якості освіти ми вбачаємо в реалізації програмних заходів, спрямованих на впровадження інноваційних технологій діагностики освітнього процесу у вищій школі, прийняття неупереджених рішень і висновків у забезпеченні якості освіти, довіру суспільства щодо оцінювання якості освіти – важливої умови для ефективного проведення освітніх реформ з поглядів європейських вимірів: *прозорість*, яка забезпечує зрозумілість і передбачуваність процесів забезпечення якості освіти в оперативному режимі для всіх зацікавлених сторін; *об'єктивність* – віддзеркалює вимогу незалежності від волі або бажання людини й забезпечує неупередженість використовуваної інформації та результатів прийнятих на її основі рішень; *достовірність* – характеризує безсумнівне, обґрунтоване й доказове знання [409].

Організацію навчально-виховного процесу у вищих навчальних закладах України регламентовано Державними стандартами освіти, у яких передбачено три компонента: державний, галузевий та компонент навчального закладу. Державний компонент визначає структуру переліку напрямів і спеціальностей, за якими здійснюється освіта і професійна підготовка фахівців. До її складу входять класифікатор галузей освіти, напрямів підготовки і спеціальностей. Галузевий компонент представляє особливості організації навчально-виховного процесу у ВНЗ згідно з переліком напрямів підготовки фахівців. базується на Державний компонент є підґрунтям галузевого стандарту вищої освіти, у якому

узагальнено нормативний зміст освіти й навчання за певними напрямками підготовки та спеціальностями, поданими в «Переліку напрямів та спеціальностей». Цей документ складається з освітньо-кваліфікаційної характеристики (ОКХ) й освітньо-професійної програми (ОПП).

Освітньо-кваліфікаційна характеристика віддзеркалює цілі вищої освіти та професійної підготовки, визначає місце фахівця в структурі галузей економіки держави, вимоги до його компетентності та інших соціально-важливих якостей, систему виробничих функцій і типових завдань діяльності й умінь для їх реалізації, представлених кваліфікацією фахівця. Поняття «кваліфікація» у педагогічній галузі тлумачать по-різному, зокрема її визначають як: «ступінь придатності, підготовленості до якого-небудь виду праці» (Великий тлумачний словник української мови) [58], «набуті знання та навички, застосовувані на ринку праці» (Г. К. Хауг) [450], «категорію, зумовлену типом одержаної освіти та документами, що дають право на роботу за спеціальністю, а також як основу для присвоєння тарифного розряду» (І. А. Зязюн) [143].

Освітньо-професійна програма визначає нормативний термін і зміст навчання за певним напрямом або спеціальністю освітньо-кваліфікаційного рівня, установлює вимоги до змісту, обсягу, рівня освіти та професійної підготовки фахівця. В ОПП задокументовано структуру, зміст й обсяг навчальної інформації у вигляді переліків змістових модулів, їх блоків і навчальних дисциплін, потрібних для формування в студентів професійних умінь для виконання посадових обов'язків фахівця відповідно до вимог ОКХ.

Галузеві стандарти вищої освіти створено для різних напрямів підготовки, зокрема й для педагогічної спеціальності «Фізика» (постанова Кабінету міністрів України від 24.05.1997 № 507). У 2002 р. було затверджено та погоджено у встановленому порядку складники галузевого стандарту вищої освіти – ОКХ й ОПП підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр для спеціальності 6.010100 Педагогіка і методика середньої освіти. Фізика, напряму підготовки 0101 Педагогічна освіта [152]. Галузевий стандарт щодо Переліку–2006 та його складники – ОКХ й ОПП підготовки фахівців освітньо-

кваліфікаційних рівнів: бакалавр (напрямок 6.040203 Фізика *), спеціаліст (спеціальність 7.04020301 Фізика *) та магістр (спеціальність 8.04020301 Фізика *). Галузь знань 0402 Фізико-математичні науки (постанова Кабінету Міністрів України від 13.12.2006 № 1719; наказ № 58 МОН України від 27.01.2007). Слід зазначити, що удосконалення цього стандарту триває й нині.

Підходи до організації навчання у ВНЗ та оцінювання знань студентів детерміновано принципами кредитно-трансферної системи ECTS (European Community Course Credit Transfer System) і спрямовано на відпрацювання відповідної технології організації навчального процесу та адаптацію системи підготовки фахівців у ВНЗ до вимог Болонського процесу. Нині, як зазначає Є. В. Коршак, інтеграція до європейського освітнього простору не створює альтернативи Болонському процесу і потребує консолідації зусиль наукової та освітянської громадськості для підвищення конкурентоспроможності вітчизняної системи науки і вищої освіти в світовому вимірі, а також для підвищення ролі цієї системи в суспільних перетвореннях. На всіх етапах інтеграції проголошено, що це процес добровільний; полісуб'єктний; такий, що ґрунтується на цінностях європейської освіти і культури, однак не нівелює національних особливостей освітньої системи України; багатоваріантний; гнучкий; відкритий; поступовий. Водночас він виявився нерівномірним, суперечливим і складним [182, с. 42–45].

Метою впровадження кредитно-трансферної системи є інтенсифікація навчального процесу для підвищення якості підготовки фахівців шляхом стимулювання систематичної та якісної аудиторної і самостійної роботи студентів упродовж семестру, підвищення мотивації до навчання, відповідальності за результати власної навчальної діяльності, забезпечення мобільного зворотного зв'язку викладачів і студентів тощо. Такий підхід узгоджено із сучасними педагогічними принципами, які вимагають переорієнтування навчального процесу на індивідуально-диференційовану та особистісно зорієнтовану форми. Сучасне суб'єкт–суб'єктне розуміння навчального процесу ґрунтується на антропоцентричній критичній теорії, яка

визначає пріоритет суб'єкта навчання та пріоритет процесу мислення порівняно зі змістом. В основу навчально-пізнавального процесу у вищій школі покладено органічну єдність і взаємозв'язок викладання й учіння, спрямованих на досягнення цілей навчання, розвитку особистості студента, його підготовки до професійної діяльності. З огляду на це в сучасних технологіях навчання студента розглядають як суб'єкт сприйняття інформації та її засвоєння, що дозволяє звести вивчення навчального матеріалу переважно до консультативно-оглядового окреслення проблеми й аналізу можливих напрямів її розв'язання. Студент повинен самостійно розв'язувати проблему в процесі здійснення перевірки здобутих ним знань, володіння аналітичними здібностями застосування здатності знаходити й обробляти інформацію та вміння висловлювати й відстоювати свою думку. За системою ECTS у структурі навчального навантаження студента обсяг самостійної роботи як одного з основних чинників освіти повинен займати близько половини навчального часу.

Реалізація зазначених підходів потребує організованого належним чином процесу навчання, розроблення відповідного навчально-методичного забезпечення, форм і методів контролю за якістю впроваджуваних у практику роботи нововведень та навчальних методик ВНЗ [66].

У галузі освіти за новітню історію України створено законодавчу базу, сформульовано нові теоретико-методологічні засади її розвитку. Втім, незважаючи на низку позитивних змін, які відбуваються в системі освіти, ще зберігаються проблеми системного характеру, пов'язані передусім з її стандартизацією. Метою багаторівневої структури вищої освіти є розширення можливостей освітніх установ у задоволенні різноманітних культурно-освітніх запитів особистості й суспільства, підвищення гнучкості загальнокультурної, наукової та професійної підготовки фахівців у галузі освіти з урахуванням мінливих потреб економіки й ринку праці. На нашу думку, пошукати шляхи модернізації системи вищої освіти слід не лише з погляду організації навчального процесу, а й з огляду на обґрунтований вибір теоретико-методологічних засад у створенні й упровадженні нових методичних систем навчання, диверсифікованих

щодо забезпечення запитів суспільства й окремої особистості.

Нині домінантною ознакою розвитку системи освіти є розбудова її на компетентнісно зорієнтованій основі, що визначено новим Законом «Про вищу освіту» [135] та Державним стандартом базової і повної загальної середньої освіти [115]. Це вимагає реформування вищої освіти на всіх її структурних рівнях, розроблення стандартів, навчальних програм, навчальних планів, форм і методів навчання, контролю й оцінювання навчальних досягнень студентів, зміни орієнтирів з традиційної знанневої парадигми розвитку освіти на компетентнісну, особистісно зорієнтовану.

Компетентнісний підхід спрямовує навчальний процес на досягнення результатів, якими є ключові компетенції, тобто такий комплекс якостей особистості, що змогу ефективно діяти в різних сферах життєдіяльності, зокрема й професійної. В енциклопедії освіти [121] визначено, що до ключових компетенцій належить уміння вчитися, спілкуватися державною, рідною й іноземною мовами, інформаційно-комунікаційна, соціальна, громадська, загальнокультурна, підприємницька, здоров'язбережувальна компетенції, математична й базова компетенції в галузі природознавства і техніки. Нові тенденції в сучасних підходах до розвитку вищої освіти України потребують спеціальних досліджень і мають віддзеркалитися також у процесі навчання студентів математичних методів фізики в педагогічних університетах.

Застосування компетенцій як основного структурного елемента побудови нових галузевих стандартів вищої освіти є новим підходом у системі вищої освіти України, що потребує всебічного дослідження з погляду цілей і результатів навчання. Результати навчання, представлені як «компетентності», – це відповідь на розуміння Болонських реформ. В епоху глобалізації Болонський процес покликаний сформувати систему порівнювальних та узгоджувальних кваліфікацій вищої професійної освіти, створити єдиний освітній і дослідницький простір Європи, пов'язаний з пошуком нової освітньої культури для підготовки фахівців з вищою освітою. На відміну від кваліфікаційного «змістового» підходу, який донині панував не лише в Україні, а й у Європі, компетентнісний підхід до

освіти докорінно змінює орієнтири освітнього процесу.

На нашу думку, чинні галузеві стандарти з підготовки учителів і викладачів фізики реалізуються освітньою практикою неповно через незрозуміле представлення результатів навчання. Новий стандарт сформовано з погляду спільної фундаментальної основи для бакалаврів, спеціалістів і магістрів. Вимогою ОКХ до результатів засвоєння типових видів діяльності випускника ВНЗ є не лише вміння, а й здатність застосовувати набуті вміння для успішної професійної діяльності фахівця, при цьому поняття «здатність» є структурованою системою вмінь (рис. 1.1).

Шифр уміння має структуру:

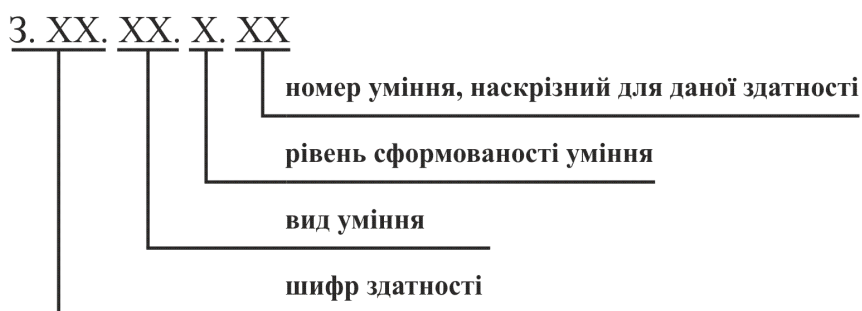


Рис. 1.1. Структура поняття «здатність» ОКХ напряму 6.040203 Фізика*

У системі вимог можна виокремити предметні компетенції щодо вивчення фізики: знання, розуміння або вміння й загальні (ключові) компетенції: загальні академічні вміння та здатності.

Новим Законом «Про вищу освіту» [135] «кваліфікацію» визначено як офіційний результат оцінювання і визнання, який отримано, коли уповноважена установа виявила, що особа досягла компетентностей (результатів навчання) відповідно до стандартів вищої освіти й засвідчила це відповідним документом, а «компетентність» як динамічну комбінацію знань, умінь і практичних навичок, способів мислення, професійних, світоглядних і громадянських якостей, морально-етичних цінностей, яка визначає здатність особи успішно здійснювати подальшу навчальну та професійну діяльність і є результатом навчання на певному рівні вищої освіти.

Вимоги до результатів навчання студентів визначені головним

нормативним документом про вищу освіту України, віддзеркалюють новий напрям розвитку галузевих стандартів щодо підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики в уявленнях викладачів педагогічних університетів про результати такої освіти. З погляду предмета нашого дослідження це визначає потребу осмислення трансформації поглядів на навчання математичних методів фізики (ММФ) в системі професійної підготовки таких фахівців (див. п. 1.3).

Пріоритетне місце з-поміж базових професійних компетентностей майбутніх учителів і викладачів фізики, покладених в основу побудови Галузевого стандарту підготовки таких фахівців, посідає математична компетентність з фізики, яка формується й розвивається в процесі навчально-пізнавальної діяльності студентів з фізики. Вона виконує важливу роль у процесі професійного становлення фахівця, визнається як чинник професійної мобільності і конкурентоздатності випускника, оскільки забезпечує розширення його суб'єктного досвіду через засвоєння цілісного й різноманітного світу культури фізико-математичних досліджень. Математичної компетентності з фізики (МКФ) можна досягти завдяки засвоєнню студентами системи спеціальних компетенцій, що забезпечує їхню здатність здійснювати навчально-пізнавальну діяльність з фізики, спрямовану на розв'язання прикладних проблем фізики, практичних проблем професійної діяльності й життєвих ситуацій.

Аналізуючи систему типових умінь, якими повинен володіти випускник ВНЗ, визначені ОКХ бакалавра напряму 6.040203 Фізика*, галузь знань: фізико-математичні науки (КДПУ ім. В. Винниченка, 2011), ми встановили такі уміння, динамічна комбінація яких визначає здатність студентів застосувати метод математичного моделювання в емпіричних і теоретичних дослідженнях фізичних систем. До них належать такі вміння:

1. Експериментальні дослідження властивостей фізичної системи; явищ і процесів у фізичній системі. Уміння виконати математичне та статистичне опрацювання результатів експериментального дослідження.

2. Теоретичні дослідження фізичних систем: 2.1. Під час створення ідеалізованого об'єкта в процесі вивчення фізичної системи. Уміння знаходити

зв'язки і відношення між елементами фізичної системи і характеризувати їх словесно або записувати в математичній формі. 2.2. Під час вивчення (дослідження) ідеалізованого об'єкта логічними методами (мисленнєвий експеримент). Уміння створювати ідеалізовані експериментальні умови у вигляді моделі матеріальних умов, здатних певним чином упливати на ідеалізований об'єкт. Уміння реалізовувати функцію вимірювання, яку в мисленнєвому експерименті виконує певна фізична теорія і відповідний математичний апарат. Уміння одержувати за допомогою математичного апарату відносно точні кількісні характеристики взаємодії ідеалізованого об'єкта та ідеалізованого зовнішнього середовища. Володіти знаннями про пізнавальні функції мисленнєвого експерименту (евристичну, екстраполяційну, інтерпретуючу, наукового передбачення, підготовки матеріального експерименту). Уміння аналізувати результати мисленнєвого експерименту і робити висновки. Уміння узагальнювати результати низки мисленнєвих експериментів, у яких досліджувалися виокремлено різні складники (моделі) реальної фізичної системи. Володіти знаннями про аналогію й зв'язки мисленнєвого та матеріального експериментів. Уміння визначати доцільність і межі застосування певного мисленнєвого експерименту за певних умов.

3. Поєднання емпіричних і теоретичних досліджень фізичних систем:

3.1. Під час створення й експериментального дослідження теоретичної моделі фізичної системи, явища або процесу у фізичній системі. Уміння знаходити зв'язки та відношення між елементами системи і записувати їх у математичній формі. Володіти уявленнями про функціональне моделювання фізичних систем за певних умов. Володіти уявленнями про використання аналогій у моделюванні фізичних процесів за певних умов. 3.2. Під час створення математичної моделі фізичної системи, явища або процесу у фізичній системі. Уміння сформулювати проблему, яка виникає в дослідженні фізичної системи. Уміння осмислювати та конкретизувати проблему й сформулювати ціль або систему цілей як бажаного результату майбутньої діяльності щодо розв'язання проблеми. Уміння виконувати словесно-змістовий опис фізичної системи,

явища або процесу у фізичній системі. Уміння реалізовувати системний підхід у модельному дослідженні фізичної системи, явища або процесу у фізичній системі. Уміння визначити межі фізичної системи, математичну модель якої потрібно створити. Уміння виявити множину елементів системи і визначити їхні властивості. Уміння визначити зовнішні умови, у яких знаходиться фізична система, і схарактеризувати їх певними величинами. Уміння знаходити зв'язки і відношення між елементами системи і записувати їх у математичній формі. Уміння відокремлювати системоутворювальні зв'язки в досліджуваній фізичній системі, запис яких у математичній формі є тією математичною моделлю, яку шукали. Уміння застосовувати для створення математичних моделей фундаментальні закони природи, зокрема закони збереження енергії, імпульсу, моменту імпульсу. Уміння використовувати для створення математичних моделей варіаційні принципи, аналогії, ієрархічний метод. Володіти уявленнями про нелінійні математичні моделі. Володіти аналітичним методом створення математичних моделей фізичних систем. Володіти методом ідентифікації для створення математичних моделей фізичних систем. Уміння обирати критерій оцінювання математичної моделі на предмет її досконалості. Уміння здійснювати дослідну перевірку математичної моделі за умов того завдання, для розв'язання якого її створено. Уміння формулювати допоміжні гіпотези в процесі створення моделі. Володіти фізичними теоріями в галузі, яка вивчається методами математичного моделювання. Уміння працювати в складі тимчасового дослідницького колективу спеціалістом-«об'єктником». 3.3. Під час дослідження математичної моделі фізичної системи, явища або процесу у фізичній системі за певних умов засобами комп'ютерної техніки для вивчення властивостей фізичної системи, явища або процесу у фізичній системі. Уміння створити математичну модель фізичної системи, явища або процесу у фізичній системі. Уміння обрати метод чисельного розв'язання математичних задач, які є математичною моделлю. Уміння обирати та використовувати готові програмні засоби (математичні пакети програм) для аналітичного, графічного, чисельного розв'язання математичних задач, які є математичними моделями

фізичних систем, явищ і процесів у фізичній системі. Уміння чисельно розв'язувати алгебраїчні і трансцендентні рівняння та системи лінійних алгебраїчних рівнянь. Уміння чисельно диференціювати та інтегрувати. Володіти уявленнями про скінчено-різницеві методи розв'язання диференціальних рівнянь. Володіти уявленнями про метод молекулярної динаміки. Володіти уявленнями про метод Монте-Карло тощо.

Кожна група зазначених умінь з погляду компетентнісного підходу до навчання майбутніх учителів і викладачів фізики ММФ потребує пошуку науково обґрунтованих теоретичних і методичних засад формування їх інтегрованої та динамічної комбінації як результату навчання. Обсяг змісту кожного з умінь указує на те, що лише їх поєднання може схарактеризувати здатність студента застосовувати в навчальній і професійній діяльності методи математичного моделювання фізичних систем, процесів або явищ у фізичній системі в існуючих теоретичних схемах та аналізувати утворені при цьому математичні задачі адекватними математичними методами, відтак актуалізується потреба в цілеспрямованому формуванні математичної компетентності з фізики.

Водночас пропонований перелік умінь не визначає способів формування здатності студентів застосовувати зазначені вміння в подальшій навчальній та професійній діяльності. Кожен ВНЗ самостійно знаходить шляхи для розв'язання завдань промоції своїх випускників до вищих освітньо-кваліфікаційних рівнів «спеціаліст» або «магістр».

Сучасна професійна освіта має формувати в студентів не лише знання й уміння, але й розвивати їхню здатність критично мислити, ухвалювати рішення, виробляти власну професійну й життєву позицію. Таких результатів у навчанні можна досягти через упровадження компетентнісного підходу, що розглядається як один з напрямів реформування вищої освіти, який спрямовано на формування компетентного фахівця, члена суспільства, спроможного реагувати на особистісні й суспільні виклики, здатного не лише пристосовуватися, але й активно опановувати соціальні зміни. Саме компетентність у різних галузях інтелектуальної, освітньої, громадянської,

правової, комунікативної, інформаційної та іншої суспільної діяльності є передумовою успішної самореалізації випускника ВНЗ у професії, потрібної суспільству, й передумовою розвитку самого суспільства.

Традиційна схема формально-логічного підходу до навчання студентів ММФ не забезпечує виконання вимог підвищення якості освіти через те, що поза її увагою залишаються: *по-перше*, проблема індивідуального особистісного розвитку майбутніх фахівців щодо формування мотивації, інтересу, самостійності, творчості, соціалізації тощо, що нині успішно розв'язується в компетентнісній моделі освіти (М. С. Головань [88–90], І. Г. Єрмаков [127], А. І. Кузьмінський [195], О. І. Пометун [336] та ін.); *по-друге*, важливою для навчання фізики є проблема формування емпіричного і теоретичного знання з позицій урахування багатоплановості та розмаїття змісту навчання фізики в його організаційно-процесуальних аспектах, що розв'язується частинною дидактикою – теорією та методикою навчання фізики (О. І. Ляшенко [223], В. В. Мултановський [249–251], В. Г. Разумовський [353] та ін.). Зокрема В. Г. Разумовському вдалося відшукати достатньо універсальний інструмент для організації навчального пізнання – *принцип циклічності*, за яким учений побудував етапи навчально-пізнавальної діяльності з фізики і подав їх у схемі: факти → модель → наслідки → експеримент, яка визначає структуру навчального матеріалу [353].

Незважаючи на це, принцип циклічності не віддзеркалює варіативності теоретичних узагальнень теоретичної фізики. Проблему формування теоретичних узагальнень у навчанні теоретичної фізики майбутніх учителів і викладачів фізики розв'язував В. В. Мултановський шляхом проектування змісту навчання за універсальною схемою структури фізичної теорії: основа → ядро → висновки [249]. При цьому в змісті навчання відокремлюють фундаментальні явища, а потім викладають їх теорії за принципом генералізації.

Генералізація, сприяючи розвитку теоретичного мислення студентів, зумовлювала значне розширення змісту навчання, що потребувало пошуків механізмів балансування цього процесу. Розв'язанню цієї проблеми сприяли

дослідження О. І. Ляшенка, який, досліджуючи зв'язок теоретичного й емпіричного в пізнанні, запропонував *методичну модель* формування фізичного знання на концептуальній основі *єдності змістового і процесуального* компонентів процесу навчання фізики за трьома складниками: понятійно-категоріальна структура курсу фізики; методи пізнавальної діяльності, специфічні для теоретичного і емпіричного рівнів пізнання; механізми формування і розвитку теоретичного й емпіричного мислення суб'єктів навчання [223].

Утім відкритим залишається питання про місце математичних методів фізики (ММФ) в цьому процесі. Диференціальні рівняння математичної фізики, віддзеркалюючи внутрішні механізми процесів природи, моделюють процеси різної природи: фізичні, хімічні, біологічні, екологічні, економічні тощо. Обґрунтування *уніфікованості* рівнянь математичної фізики в навчально-пізнавальній діяльності студентів уможлиблює вивчення різних теоретичних схем фізики.

І все ж понятійно-категоріальна структура та методологічні аспекти взаємозв'язку цих фахових наукових дисциплін потребують урахування педагогічних і зокрема дидактичних умов у процесі професійної підготовки (ПП) майбутніх учителів і викладачів фізики з погляду компетентнісної парадигми освіти. Отже, практика впровадження компетентнісного підходу в процес ПП майбутніх учителів і викладачів фізики натрапляє на певні труднощі, пов'язані з відсутністю цілісної методологічної, теоретичної й методичної бази цього підходу. Це спричиняє перешкоди в процесі розроблення технологій та конкретних методик формування професійних компетентностей майбутніх учителів і викладачів фізики, зокрема базової математичної компетентності з фізики для сприяння адаптації випускників педагогічних університетів у змінюваному соціально-економічному середовищі.

Недостатній рівень теоретичного вивчення та практичної розробленості зазначеної проблеми актуалізує потребу розроблення й упровадження компетентнісно зорієнтованої методичної системи навчання математичних методів фізики в педагогічних університетах.

1.2. Компетентнісний підхід як умова переходу професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики на нові показники якості освіти

Реформування вищої освіти України в зв'язку з її входженням до Європейського освітнього простору, що зумовлює потребу прийняття й європейської системи оцінювання результатів навчання. У більшості країн світу – це ключові компетенції, тому важливим для нашого дослідження було з'ясування декілька питань: по-перше, встановлення співвідношення між ключовими компетенціями та кваліфікацією фахівця, по-друге, уточнення поняття «математична компетентність з фізики» майбутніх учителів і викладачів фізики.

Закон України «Про вищу освіту» (2014) [135] визначає категорії «кваліфікація» фахівця і «компетентність» випускникам ВНЗ, тому важливим для нашого дослідження було з'ясування сутності поняття «компетентність» і її видів в професійній освіті, визначення зв'язку між компетенціями в структурі ПП майбутніх учителів і викладачів фізики та їхньою кваліфікацією.

Національною рамкою кваліфікації (2011), системним і структурованим за компетентностями описом кваліфікаційних рівнів, визначено десять таких рівнів (від 0 до 10) за чотирма показниками: знання, уміння, комунікація, автономність і відповідальність. Окрім того, подано їхні термінологічні значення: *автономність і відповідальність* – здатність самостійно виконувати завдання, розв'язувати задачі і проблеми та відповідати за результати своєї діяльності; *знання* – осмислена та засвоєна суб'єктом наукова інформація, що є основою його усвідомленої, цілеспрямованої діяльності. Знання поділяються на емпіричні (фактологічні) і теоретичні (концептуальні, методологічні), *інтегральна компетентність* – узагальнений опис кваліфікаційного рівня, який виражає основні компетентнісні характеристики рівня щодо навчання та (або) професійної діяльності; *кваліфікація* – офіційний результат оцінювання й визнання, який отримано, коли уповноважений компетентний орган установив, що особа досягла компетентностей (результатів навчання) за заданими стандартами; *кваліфікаційний рівень* – структурна одиниця Національної рамки кваліфікацій, що визначається певною сукупністю компетентностей, які є

типовими для кваліфікацій даного рівня; *компетентність* (*компетентності*) – здатність особи до виконання певного виду діяльності, що виражається через знання, розуміння, уміння, цінності, інші особисті якості; *результати навчання* – компетентності (знання, розуміння, уміння, цінності, інші особисті якості), які набуває та (або) здатна продемонструвати особа після завершення навчання; *уміння* – здатність застосовувати знання для виконання завдань та розв’язання задач і проблем. Уміння поділяються на когнітивні (інтелектуально-творчі) та практичні, основою яким є майстерність з використанням методів, матеріалів, інструкцій та інструментів [254].

При цьому вищі показники компетентності тлумачать як багатовимірні характеристики, якими охоплено різні аспекти організації та здійснення навчально-пізнавальної діяльності: навчальні та академічні програми, навчальна й дослідницька робота, матеріально-технічна база, педагогічні кадри, стандарти освіти й адекватні освітні середовища.

Для професійної підготовки майбутніх учителів фізики важливим є зв’язок навчально-виховного процесу в ВНЗ із освітнім середовищем загальноосвітньої школи. Державним стандартом базової і повної загальної середньої освіти (2011) нормативно закріплено перехід загальноосвітньої школи до компетентнісної освіти, у якому наведено визначення понять «компетентність» і «компетенція», розкрито відмінності між ними; визначено компетентнісний підхід як спрямованість навчально-виховного процесу на досягнення результатів, якими є *ієрархічно* підпорядковані *ключова, загальнопредметна* і *предметна* (галузева) компетентності; запропоновано тлумачення галузевої і ключових компетентностей. Зокрема «компетентність» представлено як набуту в процесі навчання *інтегровану здатність учня*, що складається зі знань, умінь, досвіду, цінностей і ставлення, які можна цілісно реалізувати на практиці, а «компетенцію» – як *суспільно визнаний рівень* знань, умінь, навичок, ставлень у певній сфері діяльності людини (державні вимоги до підготовки учнів з певної навчальної дисципліни) [115]. З огляду на це третє завдання нашого дослідження пов’язано з потребою врахування цього факту в

професійно-педагогічній підготовці майбутніх учителів фізики.

У зазначених нормативних документах до визначення компетентностей як результатів навчання застосовано дефініцію «здатність», що характеризує особистісні якості студентів, проте психолого-педагогічна література в галузі професійної освіти у визначенні компетентностей зауважує дві характеристики: «готовність» і «здатність».

У процесі розв'язування проблеми формування математичної компетентності студентів В. А. Шершньова пов'язує це поняття з якістю математичної підготовки майбутніх фахівців. Науковець уводить поняття *математичної компетентності* як інтегративну динамічну властивість особистості студента, що характеризує його *здатність* і *готовність* застосовувати в професійній діяльності методи математичного моделювання [469, с. 47]. У працях М. С. Головань компетентність є інтегрованим утворенням особистості, що об'єднує знання, уміння, навички, досвід та особистісні властивості, які обумовлюють *прагнення, здатність* і *готовність* розв'язувати проблеми і завдання, що виникають у реальних життєвих ситуаціях з усвідомленням значущості предмета й результату діяльності [88].

У психології поняття «здатність» і «готовність» вважають не однаковими. Академічний тлумачний словник української мови визначає *здатність* як *властивість* індивіда, яка виявляється в тому, що він може, *уміє* здійснювати, виконувати, робити що-небудь, поводитися певним чином [400, с. 531]. Тобто поняття «здатність» розкрито з погляду наявності здібностей, обдарованості, тому воно є більш широким, ніж здібність, оскільки *поєднує здібності* як природні нахили (обдарування, талант), *можливості та вміння* особистості. Здатність розвивається й поглиблюється в процесі практичної діяльності людини, значну роль при цьому мають природні нахили (задатки, схильності) людини. Відтак, поряд зі здібностями особистості розглядати її здатності. Отже, під здатністю ми розуміємо потенціал особистості студента, що об'єднує відповідні здібності, однак *здатність* студента є *динамічною властивістю*, яка розвивається, поглиблюється, диференціюється під час практичної навчальної діяльності.

Термін «готовність» уживається зазвичай принагідно до словосполучення «виконання дії». Психологічний словник готовністю називає цілісне утворення, модель, сукупність мотиваційного, змістового, процесуального, конструктивного компонентів, пов'язаних між собою [192]. Академічний тлумачний словник української мови – як властивість індивіда, «який зробив необхідне приготування, підготувався до чого-небудь, або має бажання зробити що-небудь [400, с. 148]. За тлумаченням Г. С. Костюка, «готовність» (до праці) – це морально-психологічна властивість особистості, у якій позитивне ставлення до праці поєднується зі знаннями, уміннями та навичками і відповідністю праці особистим нахилам та здібностям [185, с. 490]. Поняття *готовності* до професійної діяльності вчителя К. К. Платонов трактує як «цілеспрямоване вираження особистості, що об'єднує її переконання, погляди, відношення, мотиви, почуття, вольові та інтелектуальні якості, знання, навички, уміння, установки» [287, с. 80–82]. За твердженням В. Д. Шарко, «готовність є характеристикою потенційного стану, що дозволяє вчителю увійти до професійного співтовариства та розвиватися в «професійному» відношенні» [463, с. 126].

На думку В. О. Сластьоніна, головною ознакою готовності до професійної діяльності є її інтегративний характер, який виявляється в упорядкованості внутрішніх структур, узгодженості основних компонентів особистості професіонала, у стійкості, стабільності та спадкоємності їх функціонування, тобто професійна готовність має ознаки, які засвідчують психологічну єдність, цілісність особистості професіонала, що сприяє продуктивній діяльності [396, с. 6–9]. У нашому дослідженні готовність майбутнього вчителя або викладача фізики до професійної діяльності розглянуто як складне динамічне утворення, що дозволяє фахівцеві успішно здійснювати педагогічну діяльність за місцем роботи.

Традиційно професійною підготовленістю фахівця вважають його готовність здійснювати професійну діяльність з використанням новітніх форм, методів, прийомів та інноваційних технологій. Слід зауважити, що поняття «підготовка» не належить до суто наукових, оскільки зазвичай використовується для опису сукупності обумовлених вимог до трудової діяльності та особистості фахівця-

професіонала. Найчастіше вживається в поєднанні зі словами: професійна, військова, фізична, підготовка до школи. Результатом підготовки є готовність, тому термін «готовність» є більш уживаним і тлумачиться як стан мобілізації певних ресурсів будь-якої системи для забезпечення ефективного виконання конкретних дій. Підготовку можна розглядати як процес доведення певної системи до потрібного рівня готовності. З погляду на це професійна підготовка майбутніх учителів і викладачів фізики – це процес формування їхньої готовності постійно діяти та розвиватися відповідності до отриманих знань у професійній діяльності. При цьому важливо, щоб результатом стало не набуття певного обсягу знань та вмінь, які, можливо, знадобляться в майбутньому, а створення умов для особистісного зростання студента та розвитку його професійної компетентності. Поняття *підготовка* є не лише як результатною, а й процесуальною характеристикою розвитку *готовності* майбутнього фахівця до застосування в дії різних аспектів професійної діяльності. Готовність як характеристика особистісних якостей студента з погляду оцінювання його результатів навчання є ширшим поняттям, ніж здатність. Відтак більш коректним до визначення компетентності як оцінної категорії результатів професійної підготовки майбутнього фахівця є не лише його «...здатність успішно здійснювати професійну та подальшу навчальну діяльність на певному рівні вищої освіти» [135], але й *готовність до цієї діяльності*. Надалі ми будемо дотримуватися саме такої позиції у визначенні категорії «компетентність».

З розвитком компетентнісного підходу в освіті з'явилася низка публікацій, у яких усебічно проаналізовано поняття «компетенція» та «компетентність». Зокрема, у процесі вивчення проблем проектування Галузевих стандартів на засадах компетентнісного підходу Г. О. Грищенко дотримується такого погляду щодо змісту цих понять: *компетенція* – це коло повноважень (визначених законами й іншими актами) якої-небудь організації, установи або посадової особи; в освіті це розглядається як типове завдання діяльності працівника; *компетентність* – це властивість особи за значенням «компетентний», а в галузі освіти – це сукупність особистісних якостей працівника (знань, умінь, навичок,

ціннісно-сміслових орієнтацій, емоційно-вольової регуляції поведінки, мотивації і готовності до діяльності), вироблених під час навчання й зумовлених власним досвідом діяльності в певній галузі. На думку науковця, розвиток компетентностей є метою освітніх програм. Компетентності студентів формуються в різних модулях навчальних програм і оцінюються на різних етапах навчання. Студенти, навчаючись, набувають компетентностей, а рівень компетентностей виражається в термінах результатів навчання. *Результати навчання* – це формулювання того, що студент, як очікується, буде знати, розуміти та (або) буде в змозі продемонструвати в кінці періоду навчання [107, с. 50–51].

Дефініцію «компетенція» здебільшого пов'язують з *інтегративною характеристикою* особистісних якостей випускника. За твердженням М. С. Головань «компетенція» належить до категорії результату освіти й здобутого досвіду пізнавальної діяльності, зафіксованого у формі знань; здійснення відомих способів діяльності у формі вмінь діяти за зразком; творчої діяльності у формі вмінь приймати ефективні рішення в проблемних ситуаціях; здійснення емоційно-ціннісних ставлень у формі особистісних орієнтацій [88]. Досліджуючи процес підготовки фахівця високої кваліфікації щодо формування компетенцій, П. С. Атаманчук визначає *компетенцію* як потенціальну міру інтелектуальних, духовно-культурних, світоглядних та креативних можливостей індивіда, а *компетентність* – виявлення цих можливостей через дію: розв'язування проблеми (задачі), креативна діяльність (створення проекту, обстоювання позиції тощо) та потреби мати чітке уявлення про міру прогнозованості цієї якості (компетентності). Рівень компетентності фахівця вчений трактує як ступінь досягнення мети, стимул діяльності, критерій оцінки, ціннісні здобутки особистості, характеризує контрольно-стимулювальний компонент процесу навчання, що реалізується на етапах об'єктивізації контролю та проектування наступної діяльності [14, с. 13]. Однією з передумов забезпечення компетентності (поінформованості, обізнаності, авторитетності) є формування в майбутнього фахівця таких якостей, як навички й уміння самостійної роботи, розвиток креативного мислення, системний підхід до постановки та виконання

завдань фахової діяльності, вибір повідного виду діяльності, розвиток творчої уяви, виховання ініціативи, уміння приймати рішення тощо [224].

У контексті компетентнісного підходу до професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики змінено не лише завдання планування навчальної діяльності, але й визначено конкретні кроки її практичної реалізації. Актуальним виявляється процес створення умов для пізнання кожним студентом себе як суб'єкта життєдіяльності, навчання кваліфіковано організовувати різні види діяльності, зокрема й пізнавальної.

Зміни, що нині відбуваються в структурі професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики, потребують розв'язання ще однієї проблеми, пов'язаної з адаптацією випускника до подальшої продуктивної професійної діяльності. Цей процес викликає потребу забезпечення системою освіти більш повного, особистісного та соціально інтегрованого результату, віддзеркаленого у відповідній кваліфікації, що спонукає до виявлення не лише цільових, але й змістових та процесуальних аспектів реалізації компетентнісного підходу до професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики.

Досліджуючи категорію «професійна компетентність», Б. С. Гершунський зазначає, що вона здебільшого пов'язана з власною професійною освітою, досвідом та індивідуальними здібностями фахівця, його мотивованими прагненнями до неперервної самоосвіти і самовдосконалення, творчим і відповідальним ставленням до справи. На думку вченого, «ембріони» всіх якостей повинні виявлятися не лише в змісті та структурі загальної освіти, але й у структурі професійної грамотності. По-перше, це функціональна грамотність, завдяки якій можлива професійна діяльність; по-друге, це ті її компоненти, які найперше слід розглядати не в предметного змісті фахової підготовки, а з-поміж якостей особистості: відповідальність, допитливість, творчість, наполегливість, прагнення до набуття знань, естетичне сприйняття дійсності, висока моральна культура [84]. Уважаємо, що згадані характеристики якостей фахівця належать до *ключових компетенцій*, однак і на цьому рівні потрібно враховувати особливості того, кого ми готуємо, – учителя, викладача чи

науковця. Зокрема В. В. Краєвський розмежовує методологічну культуру вченого і вчителя: перший отримує наукові педагогічні знання, «виробляє» їх, а інший їх використовує [189], тобто існують співвідношення як між ключовими, так і між предметними компетенціями вчителя та викладача фізики, а також структурована ієрархія взаємозв'язків у межах кожної з них.

Проблему визначення «ключових компетенцій» розглянуто також у психології професійної освіти. Зокрема Є. Ф. Зеєр зазначає, що це поняття введено Міжнародною організацією праці для характеристики переліку кваліфікаційних вимог до спеціалістів у системі післядипломної освіти і об'єднує п'ять ключових компетенцій – соціальну, комунікативну, соціально-інформаційну, когнітивну та спеціальну компетенції. Пропонована структура ключових компетенцій та їхні характеристики (табл. 1.1) визначають особистісні якості фахівця, який здатний до суспільно значущої професійної діяльності, професійного та особистісного розвитку впродовж життя.

Таблиця 1.1

Європейські підходи до характеристики ключових компетенцій

Тип компетенції	Характеристика
Соціальна	Здатність брати на себе відповідальність, спільно з іншими приймати певні рішення і реалізовувати їх, узгоджувати власні інтереси з потребами підприємства і суспільства
Комунікативна	Володіння технологіями усного і писемного спілкування на різних мовах, зокрема й комп'ютерного програмування, уміння спілкуватися через Internet
Соціально-інформаційна	Володіння інформаційними технологіями і критичним ставленням до соціальної інформації, яка поширюється засобами масової інформації
Когнітивна	Здатність до постійного підвищення свого освітнього рівня, потреба в актуалізації і реалізації власного потенціалу, здатність самостійно здобувати знання й розвивати уміння, здатність до саморозвитку
Спеціальна	Підготовленість до самостійного виконання професійних дій, оцінки результатів своєї праці

Систематизовано згідно з аналізом [139].

У межах предмету нашого дослідження важливим виявився аналіз вимог *ключових результатів* навчання студентів спеціальності 8.04020301 «Фізика», спеціалізація: «Теоретична фізика», з-поміж яких визначено: знання з

предметної галузі, когнітивні уміння та навички з предметної галузі, практичні навички з предметної галузі, загальні уміння та навички. Пропоновану чотирикомпонентну структуру вимог до результатів навчання студентів зазначеної спеціальності узгоджено з відповідними циклами дисциплін гуманітарної та соціально-економічної підготовки, природничо-математичної та фундаментальної підготовки, професійної та практичної підготовки таких фахівців (дод. А). У відповідній магістерській програмі ієрархію ключових результатів навчання студентів представлено когнітивним, діяльним і ключовим компонентами. Когнітивний компонент передбачає знання з наукової галузі професійно зорієнтованих дисциплін (математичної та теоретичної фізики); діяльний – уміння й навички в них; ключовий – загальнопрофесійні вміння й навички, пов'язані з такими особистісними якостями студентів, як самоорганізація, ціннісні орієнтації, соціальні нахили, комунікативні компетенції тощо. Ключові компетенції є найбільш універсальною категорією, оскільки характеризують загальні вміння й навички фахівців у структурі професійних компетенцій (табл. 1.2).

Здоров'язберезувальна, мотиваційна, рефлексивна, ціннісно-смилова, комунікативна, спеціальна і соціально-інформаційна компетенції є загальноприйнятими для характеристики будь-якого фахівця, а вироблення *прагматичної компетенції* в структурі ключових компетенцій фізиків-теоретиків зумовлено потребою в формуванні «знань про сутність та особливості комунікації, оволодіння потенціалом дидактичного дискурсу, орієнтація на аналіз характеру взаємодії комунікантів під час педагогічного спілкування» [390].

Очевидно, що ключові компетенції є найбільш універсальною категорією, тому компетентнісною парадигмою освіти передбачено їх формування в кожній з навчальних дисциплін ВНЗ.

Порівняльний аналіз ключових професійних компетенцій та ключових компетенцій учнів загальноосвітньої школи [115] засвідчує, що є суттєві розбіжності між цими показниками. У загальноосвітній школі якість освіти віддзеркалює загальнокультурний рівень життєдіяльності людини, у ВНЗ вона

має суто професійну та соціальну значущість.

Таблиця 1.2

**Структура ключових компетенцій спеціальності 8.04020301 «Фізика»,
спеціалізація: «Теоретична фізика»**

Тип компетенції	Характеристика
<i>Здоров'я-збережувальна</i>	Здатність діагностувати власні стани та почуття для забезпечення ефективної та безпечної діяльності
<i>Мотиваційна</i>	Уміння визначати цілі й завдання своєї діяльності та забезпечувати їх ефективне і безпечне виконання
<i>Рефлексія</i>	Здатність організувати свою діяльність як складник колективної роботи
<i>Ціннісно-смілова</i>	Уміння формувати орієнтовний план своїх дій в умовах виробничої або побутової діяльності на основі усвідомлення мети роботи та її структури
<i>Комунікативна</i>	Здатність в умовах виробничої діяльності проводити соціологічні дослідження
<i>Спеціальна</i>	Формувати навички в процесі роботи в певній соціальній групі із застосуванням типових методів емпіричного соціологічного дослідження, визначати характеристики суспільної реальності
<i>Соціально-інформаційна</i>	Навички визначати тип конкретного суспільного об'єднання та його місця в політичному житті, отримані за результатами аналізу державних нормативно-правових документів про суспільні об'єднання, програмних документів суспільних об'єднань, з використанням критеріїв класифікації суспільних об'єднань та рухів
<i>Прагматична</i>	Уміння застосовувати прагматичну компетенцію для ефективного виконання професійних завдань в умовах вербальних ділових контактів з використанням засобів і методів усного спілкування та відповідних комунікативних прийомів

Систематизовано згідно з аналізом [225; 390].

Професійні кваліфікації, ключові кваліфікації та ключові компетенції випускника ВНЗ взаємозв'язані. За твердженням Е. Ф. Зеєра, професійна кваліфікація – це ступінь і вид професійної підготовленості працівника, наявність у нього знань, умінь і навичок, потрібних для виконання певної роботи. Ключові кваліфікації – це загальнопрофесійні знання, уміння та навички, здібності й якості особистості, важливі для виконання роботи з певних професій. Ключові компетенції – це міжкультурні і міжгалузеві знання, уміння й здібності, потрібні для адаптації та продуктивної діяльності в різних професійних осередках [139].

У загальному розумінні ключова компетенція фахівця – це його особистісні можливості, а кваліфікація – знання та досвід, що дають змогу

брати участь у розв'язанні низки завдань.

Думки науковців щодо понять «професійна» або «професійно-педагогічна компетенція» вчителя мають незначні розбіжності (табл. 1.3).

Таблиця 1.3

Вимоги до професійної компетенції вчителя

Учений	Характеристика
О. Е. Пупишева[350]	Сукупність професійно зумовлених вимог до вчителя
Є. І. Огарьов [262]	Характеризує людину як суб'єкта спеціалізованої діяльності в системі суспільної праці (стійка здатність до діяльності зі знанням справи) і передбачає глибоке розуміння професіоналом виконуваних ним завдань; знання досвіду, зібраного в цій галузі, активне оволодіння його кращими досягненнями; уміння вибирати засоби і способи дії, адекватні конкретним обставинам місця й часу; почуття відповідальності за досягнуті результати; здатність учитися на помилках і вносити корективи до процесу досягнення цілі
А. К. Маркова [232]	Учитель повинен мати такі риси: особистісно зорієнтований на професію, мотивований до праці в ній, задоволений від своєї роботи (суб'єктивні критерії); досягає бажаних суспільством результатів у розвитку особистості учнів (результативний критерій); використовує прийняті в суспільстві способи, технології (процесуальний критерій); застосовує норми, еталони професії, досягає майстерності в ній (нормативні критерії); досягає в процесі навчання потрібного рівня професійних особистісних якостей, знань і вмінь (критерій наявного рівня); має і усвідомлює перспективу, зону свого найближчого професійного розвитку, роблячи все для її реалізації (прогностичні критерії); збагачує професійний досвід особистісним творчим внеском (критерії творчості); соціально-активний у суспільстві, відстоює свою професію під час суспільних обговорень; відданий педагогічній професії, прагне підтримати її навіть у складних умовах (критерії професійної прихильності); схильний до якісної й кількісної еволюції оцінювання своєї професійної діяльності, уміє сам це робити, готовий до диференційованої оцінки своєї праці в балах, категоріях, спокійно ставиться до участі в професійних випробуваннях – тестах, змаганнях, турнірах (якісний і кількісний критерії)
Л. М. Мітіна [240]	Характеризує здатність до гармонійного поєднання знань предмета, методики його викладання, а також умінь і навичок (культури) педагогічного спілкування

Аналіз таблиці засвідчує, що вимоги до вчителів, поєднують знання предмета, методичні вміння, а також вміння та навички педагогічного

спілкування, пропонуються й багатовимірні моделі.

У сучасній науковій педагогічній літературі немає однозначного трактування поняття професійної компетенції викладача ВНЗ. Кваліфікаційні характеристики професій (посад) педагогічних та науково-педагогічних працівників навчальних закладів (наказ МОН України від 01.06.2013 № 665) визначають традиційні види діяльності професорсько-викладацького складу ВНЗ: навчання, виховання та розвиток студентів і науково-дослідницька робота. У працях М. С. Головань основою моделі системи професійних компетенцій викладача ВНЗ визначено бінарну класифікацію компетенцій (табл. 1.4) [89, с. 84].

Таблиця 1.4

Вимоги до «професійної компетенції» викладача ВНЗ

Ключові	Професійні базові для всіх спеціальностей ВНЗ та компетенції, зумовлені предметною галуззю діяльності	
	Загальнопрофесійні	Професійно-посадові
Загальні для всіх спеціалістів різних профілів	відбивають коло здатностей особистості до теоретичного, методологічного використання теоретичних основ їхньої професійної діяльності за видами: методологічна, навчально-методична, психолого-педагогічна, комунікативна, презентаційна, безпеки життєдіяльності	віддзеркалюють професійний профіль фахівця, ідентифікують його професійну діяльність на конкретній посаді відповідного кваліфікаційного рівня та їхні види: предметна, нормативно-правова, організаційна, прогностична, конструктивна, контрольньо-оцінювальна

Аналіз таблиці 1.4 засвідчує, що професійні компетенції викладача співвідносяться з вимогами до його професійної підготовленості, визначають його здатність ефективно діяти відповідно до вимог професії, методично організовано та самостійно розв'язувати задачі та проблеми, а також оцінювати результати своєї діяльності.

Навчальні плани підготовки бакалаврів, спеціалістів і магістрів напрямів (спеціальностей) ВНЗ педагогічного профілю дають змогу систематизувати навчальні дисципліни циклу професійної та практичної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики з погляду загальнопрофесійних компетенцій за когнітивним, діяльнісним і комунікативним критеріями (дод. Б). Аналіз дисциплін циклу професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики, поданих у

додатку, засвідчує, що кожную групу дисциплін, за когнітивним, діяльнісним і особистісним критеріями, майже пропорційно представлено в навчальних планах. У переліку навчальних дисциплін можна виокремити основні групи, що забезпечують базову професійну підготовку зазначених фахівців – фізико-математичну, методичну й загальнопрофесійну з психології та педагогіки.

На думку В. Ф. Заболотного, формування компетентностей майбутнього вчителя фізики варто розглядати як процес оволодіння стійкими, інтегрованими, системними знаннями психолого-педагогічних дисциплін, філософії, інформатики, загальної та теоретичної фізики, методики навчання фізики, уміннями і навичками застосування цих знань на практиці, розвитку здібностей індивіда, які забезпечують здатність особистості досягати значних результатів у професійній діяльності [130, с. 160]. Увесь комплекс навчальних дій у процесі професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики спрямовано на досягнення інтегрованого результату навчання – професійно-педагогічної компетентності фахівця.

У процесі вивчення поняття професійно-педагогічної компетентності вчителя фізики як узагальненого особистісного утворення фахівця, В. Д. Шарко розглядає, окрім теоретико-методологічного, психолого-педагогічного та методичного рівнів, також *практичний*, який, на думку вченої, є критерієм становлення педагога-професіонала [463, с. 129].

Аналізуючи співвідношення між теоретичним (когнітивним) та практичним (діяльнісним) складниками начального процесу, поданих у додатку Б можна стверджувати, що діяльнісний компонент у навчальних планах відповідного напрямку/спеціальності потребує доповнення варіативними дисциплінами (за вибором студентів). На жаль, на рівні бакалавра в циклі дисциплін професійної та практичної підготовки майбутніх учителів фізики з-поміж варіативних дисциплін практичної підготовки студентів не виявлено, тому усунення такої диспропорції потребує підсилення практичного складника навчального процесу під час вивчення студентами дисциплін професійної підготовки.

Наявність 3-поміж дисциплін діяльнісного компонента навчальних практик різного типу – зі шкільного навчального експерименту, педагогічної, асистентської практики у ВНЗ та виробничої в закладах соціального спрямування дає змогу стверджувати, що кожна з них, окрім останньої, належать до нормативних дисциплін професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики. Практико-педагогічний компонент є досить вагомим у становленні фахівця, оскільки уможливорює реалізацію сформованих компетентностей у практичній діяльності.

У педагогічних дослідженнях розглянуто різні класифікації структури педагогічної компетентності, що представлено таблицею 1.5.

Таблиця 1.5

Класифікації структури педагогічної компетентності

Науковець	Компоненти
Е. С. Заїр-Бек [132]	Ключовий, базовий, спеціальний
Н. М. Лобанова [218]	Професійно-освітній, професійно-діяльнісний, професійно-особистісний
В. О. Сластьонін [396]	Теоретичний, практичний
І. В. Цєпова [456]	Теоретико-методологічний, психолого-педагогічний, методичний
В. Д. Шарко [463]	Теоретичний, психолого-педагогічний, методичний: теоретичний (когнітивний), практичний (діяльнісний) та особистісний

Аналіз табл. 1.5 засвідчує, що структура педагогічної компетентності в оцінках учених має від двох до трьох компонентів. У структурі професійної компетентності майбутніх учителів і викладачів фізики ми дотримуємося загальних підходів й виокремлюємо низку компетентностей.

Зокрема *ключові компетентності* є важливими для професійної діяльності фахівця. Вони виявляються в готовності і здатності фахівця розв'язувати професійні завдання в процесі застосування інформації, комунікації, соціальних основ поведінки особистості в суспільстві тощо.

Базові компетентності потрібні для організації професійної педагогічної діяльності вчителя або викладача фізики. До базових компетентностей належать ті, які важливі для професійної діяльності фахівця в контексті вимог до системи освіти (соціально значущі та унормовані).

Спеціальні компетентності віддзеркалюють специфіку конкретної предметної з фізики або надпредметної галузі професійної роботи. Спеціальні компетентності ми розглядаємо як реалізацію ключових і базових компетентностей у навчально-методичній роботі вчителя або викладача фізики.

З погляду професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики *математичну компетентність з фізики* (МКФ) є інтегрованою динамічною характеристикою особистісних якостей студента, його готовністю і здатністю застосовувати в навчальній та професійній діяльності методи математичного моделювання фізичних систем, явища або процесу у фізичній системі з погляду законів або принципів фізики в прийнятих теоретичних схемах.

Математична компетентність з фізики входить до складу базових професійних компетентностей майбутніх учителів і викладачів фізики, підґрунтям якої є фундаменталізація змісту навчання ММФ; міждисциплінарна інтеграція курсів ММФ і ТФ; контекстне навчання в процесі розв'язування професійно значущих навчально-пізнавальних завдань: теоретичних за змістом курсу ММФ, прикладних за змістом курсу ТФ, професійно зорієнтованих у контексті методичної діяльності фахівця, предметно-інформаційний та інформаційно-комунікаційний контексти, компетентнісний підхід до цілеспрямованого формування МКФ.

Аналіз наукових праць дав змогу виявити розбіжності в думках дослідників у визначенні компонентного складу компетентності. Учені не мають спільного погляду в розмежуванні кількості її структурних компонентів. Компонентний склад компетентності об'єднує від трьох (П. С. Атаманчук [13], О. І. Пометун [336], А. В. Хуторський [453]) до семи (Л. М. Богомолів [43]) позицій. Різними є також думки щодо компонентного складу компетентності, проте в усіх джерелах у складі компетентності розглянуто такі компоненти: *когнітивний* (в окремих працях – це *знання та розуміння* [13; 43; 90; 127; 461], а в інших – повнота та дієвість знань під час виконання різних видів професійної діяльності, рівень *володіння* знаннями змісту компетентності [141; 232; 422]); *діяльнісний* (в окремих працях – це *вміння та навички* [90; 336; 453; 473]), або операційно-

дієвий компонент, який віддзеркалює рівень розвитку вмінь та навичок під час виконання професійної діяльності, досвід вияву [13; 141; 232; 422], в інших працях визначено як готовність до виявлення компетентності в діяльності, практичні навички [141; 352], уміння, навички, практика, звичка (рефлексія) [13; 463], способи діяльності [43], гнучкість методу [461], поведінковий аспект [422] або як компетентності; *особистісний* – це мотиви, емоції, цінності, особистісне ставлення, навички самоорганізації, рефлексія [463; 473].

Визначення специфіки *особистісних* якостей студентів у складі особистісного компонента компетентності дало змогу виявити найбільше розбіжностей: вольовий складник (Дж. Равен [352]), мотиваційний та аксіологічний складники (А. В. Хуторський [453]), життєвий досвід, цінності (І. Г. Єрмаков [127]), цінності (О. І. Пометун [336]), мотиваційний, ціннісно-рефлексивний та емоційно-вольовий складники (М. С. Головань [88]), соціальні нахили, ціннісні орієнтації, компетентність у самоорганізації, мотиви діяльності (Л. М. Богомолів [43]), мотиваційний, ціннісно-смысловий аспекти, емоційно-смыслова регуляція (Ю. Г. Татур [422]). Зокрема В.Ф. Заболотний, узагальнюючи погляди І. А. Зимньої [141], А. К. Маркової [232], Ю. Г. Татур [422], розмежовує три складники: *мотиваційно-ціннісний*, який віддзеркалює ступінь представлення професійно значущих мотивів і цінностей у структурі мотиваційно-ціннісної спрямованості особистості, ставлення до змісту компетентності; *емоційно-вольовий* передбачає здатність до саморегуляції під час організації професійної діяльності, регуляцію процесу та результату вияву компетентності; *рефлексивний*, який демонструє рівень оволодіння способами самоаналізу, самооцінки професійної діяльності [130, с. 158]. До викладача ВНЗ III-IV рівнів акредитації М. С. Головань висуває особливі вимоги порівняно з вимогами до вчителя загальноосвітньої школи, що зумовлено особливостями науково-педагогічної діяльності викладача у ВНЗ, і визначає структуру професійної компетентності викладача як сукупність таких компонентів: мотиваційного, когнітивного, діяльнісного, ціннісно-рефлексивного і емоційно-вольового [90, с. 85–86]; розкриває їх зміст (табл. 1.6).

Структура професійної компетентності викладача

Компонент	За змістом	За характеристикою
<i>Мотиваційний</i>	мотивація досягнень, показники професійного самовизначення та професійної спрямованості	ставлення особи до професійної діяльності, виражене в цільових установках: потреба в професійній діяльності; прагнення до творчої наукової та навчально-методичної діяльності; інтерес до виховної роботи; пізнавальні, професійні та творчі мотиви, які впливають на цілепокладання в процесі професійної діяльності
<i>Когнітивний</i>	знання теоретичного та технологічного характеру	методологічні знання – знання загальних підходів, принципів, закономірностей розвитку, навчання та виховання студентської молоді; теоретичні знання фахової наукової дисципліни; сукупність знань потрібні викладачеві ВНЗ для виконання посадових обов'язків; знання, які є основою педагогічної діяльності викладача ВНЗ; знання інформаційних технологій, їхніх можливостей для розв'язання задач з предметної галузі та навчального процесу; креативність, гнучкість, критичність, системність, мобільність, оперативність мислення
<i>Діяльнісний</i>	взаємозв'язаний комплекс умінь і навичок, що забезпечують якісну реалізацію посадових функцій викладача	досвід пізнавальної діяльності, зафіксованої у формі його результатів – знань з фахової наукової галузі; досвід організації відомих способів діяльності у формі уміння діяти (здатність) за зразком; досвід творчої діяльності у формі умінь приймати ефективні рішення в проблемних ситуаціях; досвід здійснення емоційно-ціннісних ставлень у формі особистісних орієнтацій
<i>Ціннісно-рефлексивний</i>	сукупність особистісно значущих і цінних прагнень, ідеалів, переконань, поглядів, ставлень до продукту та предмету діяльності в професійній галузі та в стосунках	розуміння професійної компетентності як однієї з найбільш важливих професійних і соціальних цінностей; адекватна самооцінка своїх можливостей у професійній діяльності, наявність власної позиції щодо прийнятих рішень у професійній діяльності; прагнення до самоактуалізації, саморозвитку, постійної роботи над собою в професійній галузі; прагнення до професійного самовдосконалення; здатність адекватно орієнтуватися в інноваціях; здатність брати

Компонент	За змістом	За характеристикою
		відповідальність за прийняті рішення в професійній діяльності; здатність до рефлексії в професійній діяльності; самоаналіз і самооцінка професійної діяльності; здатність адекватно оцінювати власні досягнення в професійній галузі, рівень професійної компетентності; уміння визначати переваги та недоліки своєї компетентності в професійній галузі; уміння визначати резерви подальшого професійного зростання; уміння регулювати свою професійну діяльність і ставлення до неї
<i>Емоційно-вольовий компонент</i>	прагнення до подолання труднощів і наявність емоційного настрою, пов'язаного з успішністю діяльності; наполегливість у подоланні труднощів, старанність, вдумливість, прагнення до самовдосконалення, самокритичність, упевненість, відсутність страху помилитися, цілеспрямованість у роботі, почуття власної гідності	здатність розуміти власний емоційний стан у різноманітних професійних ситуаціях; гідно переживати відсутність результату, невдачі в роботі; цілеспрямованість дій у професійному середовищі; терпіння та володіння собою в ситуаціях невизначеності; наполегливість у досягненні поставленої мети в професійній галузі; упевненість у виборі та реалізації способів діяльності; наполегливість у досягненні цілей самоактуалізації та саморозвитку; вияв вольових зусиль у розв'язанні навчальних і наукових проблем; ініціативність, сміливість, принциповість в розробленні та здійсненні навчальних і наукових проектів

На наш погляд, для формування МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики доцільно об'єднати мотиваційний, ціннісно-рефлексивний та емоційно-вольовий компоненти в один *особистісний компонент*. У дослідженні використано трикомпонентну структуру компетентності, оскільки в ній об'єднано всі складники, запропоновані науковцями, що найточніше відповідає структурі навчальної діяльності за змістовим, діяльнісним і особистісним компонентами (рис. 1.2).

Усі складники МКФ взаємопов'язані й утворюють складну структуру, яка характеризує особистісні якості студента в навчальній діяльності, як майбутнього фахівця – в професійній діяльності.

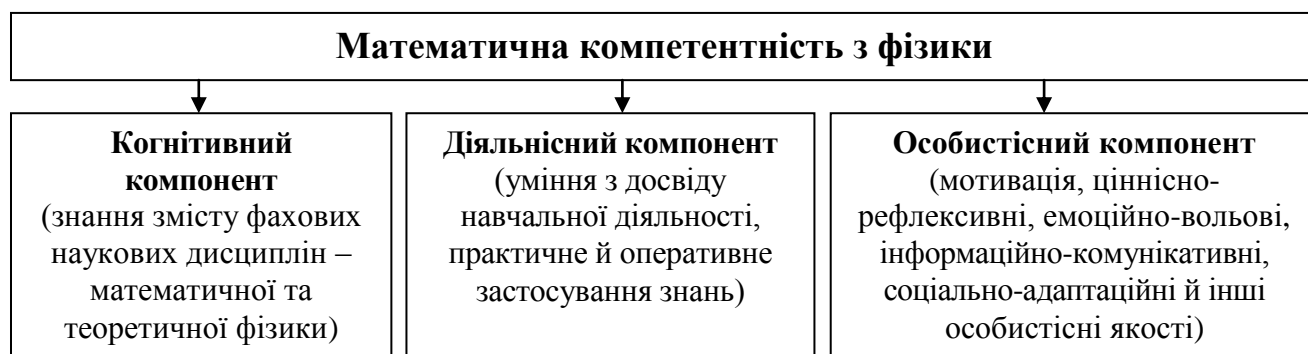


Рис. 1.2. Структура математичної компетентності з фізики

Уважаємо, що особливу увагу слід звернути на формування якостей студентів, які представлено в *особистісному* компоненті МКФ, оскільки вони «інтегрують індивідуальні здібності, емоційність, умотивованість, рефлексивність, ціннісну орієнтацію діяльності» [473] на рівні ключових компетенцій.

На думку П. С. Атаманчука, «особистісний компонент компетентності є специфічним наслідком поступового підвищення рівня обізнаності (компетентності, світогляду). При цьому репродуктивна активність студента в навчанні ще якоюсь мірою виявляється на раціонально-логічному рівні пізнавальної діяльності, однак пошукова та креативна активність неможлива без поєднання обох компонентів пізнавального акту – раціонально-логічного та емоційно-ціннісного (духовного). Тільки внаслідок такого поєднання вплив на активність студента в навчанні може сформувати його обізнаність від рівня буденних знань до відповідних рівнів професійних компетентностей та світогляду. В умовах особистісно зорієнтованого навчання «цілеспрямовано коригувати, регулювати, управляти особистісними набутками того, хто навчається, можливо лише за умови узгодження й одночасної стандартизації як змісту, так і освітнього середовища стосовно конкретної освітньої галузі» [15, с. 6].

Важливим аспектом особистісних характеристик майбутніх учителів і викладачів фізики є володіння комунікативними компетентностями. Нині, за твердженням Н. А. Перхайло запити сучасного суспільства вимагають виходу за межі традиційного розуміння комунікативної компетентності вчителя, зміни акцентів з мовленнєвої грамотності (культура мовлення, широкий лексикон, володіння різними видами мовленнєвої діяльності тощо) на користь знання

законів ефективної комунікації, володіння моделями комунікативно доцільної мовленнєвої поведінки, готовності результативно діяти в професійних ситуаціях: переконувати, обстоювати свою позицію, спілкуватися з різними категоріями комунікантів тощо. Для цього в процесі фахової підготовки впевнено застосовувати активні методи навчання, що імітують умови реальної педагогічної взаємодії, проблемні ситуації (рольові, ділові ігри, кейс-метод, проектні технології тощо), та виробляти стратегію оригінальної професійної поведінки. Моделювання ситуацій реального педагогічного спілкування відповідає компетентнісному підходу та доповнює стандарти знаннєвої парадигми освіти власним професійним досвідом, готовністю до педагогічної діяльності [279, с. 235].

Комунікативна компетентність виявляється в уміннях студентів висловлювати, обґрунтовувати і обстоювати власну позицію, вислуховувати і поважати співрозмовника; брати участь у дискусії та ін.; ефективно виконанні навчальних і професійних завдань з використанням засобів і методів усного спілкування, а також письмових засобів міжособистісного спілкування (уміння написати рецензію на публікацію, професійно важливі комунікативні прийоми усного та письмового спілкування).

З огляду на викладене можна визначити особистісні якості студента через компетенцію і компетентність. Компетенції – це визначені ОКХ або ОПП дисципліни вимоги до результатів підготовки фахівця, а компетентність – особистісні якості студента, оцінювальні за значенням компетенцій (табл. 1.7).

Таблиця 1.7

Означення математичних компетентностей/компетентності з фізики

Компетентності	Компетентність
<i>за сутністю</i>	
результати навчання	до виконання певного виду діяльності
<i>за змістом</i>	
динамічна комбінація знань, розумінь, умінь, навичок, цінностей, здібностей, способів мислення та інших компетенцій, які студент <i>здатний продемонструвати</i> після завершення частини або повного курсу навчальної програми дисципліни	готовність і здатність студента застосовувати в навчальній та професійній діяльності методи математичного моделювання фізичних систем, явища або процесу в фізичній системі з погляду законів або принципів фізики в межах прийнятих теоретичних схем

У цьому разі «здатність» розглянуто не як «схильність», а як «уміння»: «здатний» – той, що «уміє робити»; «готовність» як «готовність до діяльності». Компетентність можна оцінити лише через діяльність, тому результат професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики потребує виявлення педагогічних умов, що сприяють формуванню і розвитку МКФ та їх врахування в процесі розроблення й упровадження компетентнісно зорієнтованої МСН ММФ.

1.3. Поліпарадигмальність як методологічна система координат осмислення трансформації поглядів на навчання математичних методів фізики: передумови інтегрованого підходу

Науково-теоретичне дослідження проблеми реформування вищої освіти України та реалізація пріоритетних напрямів її розвитку пов'язані передусім з пошуком шляхів підвищення якості освіти, оновленням її змісту та організаційними формами навчально-виховного процесу. Це потребує врахування результатів історико-педагогічного аналізу розвитку дидактичних підходів до навчання ММФ у педагогічних університетах. На нашу думку, такий аналіз має враховувати період із середини 1950-х рр., для якого властивий стрімкий розвиток наукових досліджень у галузі фізико-математичних наук: математичної, теоретичної, експериментальної фізики та інших, що сприяло розвитку науково-технічного прогресу та знайшло своє віддзеркалення в освітній галузі.

В еволюції дидактичних підходів умовно можна виокремити п'ять етапів.

Перший етап (1955–1979 рр.) пов'язано з високими вимогами до теоретичної підготовки учителів і викладачів фізики з базових фізико-математичних дисциплін та утвердження *знаннєвої парадигми*.

Другий етап (1980–1990 рр.) – *дидактичний пошук* шляхів модернізації професійної підготовки фахівців та підвищення якості вищої освіти, зумовлений формально-логічним підходом до навчання ММФ у педагогічних інститутах і перевантаженням змістового компонента відповідних навчальних програм.

Третій етап (1991–2002 рр.) – розвиток вищої освіти України і пошук шляхів її модернізації в утвердженні нової освітньої парадигми, визначеної Національною доктриною розвитку освіти України у XXI ст. [253].

Четвертий етап (2003–2010 рр.) – домінанта особистісно зорієнтованого підходу, *перехід* від *знанневої* до *біполярної* парадигми, початок упровадження *компетентнісного підходу*.

П'ятий етап (2011–2015рр.) – упровадження та практична реалізація *компетентнісного підходу* в освіті.

Розглянемо детальніше ці етапи і їхню роль у ствердженні сучасних уявлень про теоретичні та методологічні підходи до навчання ММФ у ВНЗ педагогічного профілю.

В українській вищій педагогічній школі професійну підготовку фахівців зорієнтовано на фахову педагогічну діяльність з поєднанням природничих і гуманітарних наук, що визначає її фундаментальний і дослідницький характер.

Відмінність вищої освіти західноєвропейських держав й освіти в пострадянські часи полягає у їхній соціалізації. У Радянському Союзі не виникало питання про нерівні соціальні умови перебування особистості в освітньому просторі. Освіта була доступна всім, єдиним критерієм успішного вступу до ВНЗ були здібності та ґрунтовна знаннева підготовка з природничих і гуманітарних предметів в обсязі програми загальноосвітньої школи, яка функціонувала за єдиним, затвердженим на рівні держави планом.

У західноєвропейських державах головним завжди було питання соціалізації освіти, що й визначає особливості західної освіти. За словами П. У. Кукса, Д. Л. Левінсона й А. Садовніка, різноманітність форм західноєвропейської освіти зумовлено розвитком її функціоналізму (праці Еміля Дюркгейма «Мораль освіти», «Еволюція освітнього мислення») і визначено історичною відмінністю та національно-географічними особливостями полікультурного простору Європи [482, с. 65].

У дослідженні Дюркгейма обґрунтовано ідею про те, що освіта у світовому співтоваристві має головну роль у створенні моральної єдності, важливою для

забезпечення соціальних зв'язків і гармонії. На думку вченого, освіта й виховання нерозривно пов'язані із соціалізацією індивідів, є її засобами. Суспільство повинно сприяти становленню й розвитку особистості; формуванню в індивідів почуття незалежності, здатності до рефлексії й вибору все більшою мірою визначає спрямованість освіти, виховання, соціалізації. У галузі освіти розмежовують чотири основні цілі: *інтелектуальні, політичні, соціальні й економічні*, які визначали потребу підготовки до майбутніх професійних ролей і розподілів згідно з поділом праці в суспільстві.

Осмилюючи трансформацію функцій сучасної освіти, аналізуючи праці зарубіжних функціоналістів щодо розв'язування проблеми нерівності можливостей у доступі до одержання знань, О. Я. Яковлев приходить до висновку, що науковці беруть до уваги індивідуальні здатності учнів і відмінності між школами та однотипними навчальними закладами, заснованими на обсязі знань, однак при цьому не враховують чинники і внутрішні процеси, які суттєво впливають на мобільність молодого покоління. Низький рівень соціального і культурного капіталу в учнів гальмує їх кар'єрне зростання. Тож маючи рівні можливості (здібності, школу), учні докладають більше зусиль і часу для досягнення мети [482, с. 66].

За радянських часів пріоритетними були не економічні, а інтелектуальні цілі освіти, що й зумовило утворення знанневої парадигми на умовно виокремленому періоді її розвитку.

У педагогічному словнику С. У. Гончаренка термін «парадигма» означає «теорію (або модель) постановки проблеми, прийняту за зразок вирішення дослідницьких завдань певним науковим співтовариством. Принцип загальноприйнятої парадигми – методологічна основа єдності певного наукового співтовариства (школи, напряму), що значно полегшує їхню професійну комунікацію» [99, с. 248].

За формулюванням С. І. Подмазіна, парадигма – це «модель, що використовується для розв'язання не лише дослідницьких, а й практичних завдань у певній галузі діяльності. Потреба в новій парадигмі виникає у зв'язку

з переходом до нових типів мислення і нових способів перетворення дійсності» [290, с. 10].

Досліджуючи становлення і розвиток математичної фізики як нової галузі, її теоретичного та методологічного складника, ми виявили, що у ХХ ст. зміст і структура нових розділів ТФ – квантової механіки, квантової теорії поля, квантової статистичної фізики, спеціальної та загальної теорії відносності (М. Боголюбов, Г. Вейль, В. Гейзенберг, Д. Гильберт, П. Дірак, А. Ейнштейн, Дж. фон Нейман, А. Пуанкаре, І. Тамм, Р. Фейнман, В. Фок, Е. Шредінгер) – значно розширилися завдяки впровадженню математичних методів: разом з традиційними розділами математики почали широко застосовувати теорію операторів, теорію узагальнених функцій, теорію функції багатьох комплексних змінних, топологічні та алгебраїчні методи, теорію чисел, p -адичний аналіз, асимптотичні і чисельні методи [309, с. 8–16].

З упровадженням усередині 50-х рр. ХХ ст. обчислювальної техніки розширився клас математичних моделей, які дали змогу детально аналізувати теоретичні моделі фізики; ставити розрахункові експерименти; моделювати вибух атомної бомби або роботу атомного реактора в умовах реального часу тощо. Інтенсивна взаємодія сучасної теоретичної фізики та математики сформувала нову галузь – сучасну математичну фізику. Її моделі не завжди зводяться до крайових задач зі складання та розв’язування диференціальних рівнянь і зазвичай формулюються як система аксіом.

Для математичної фізики характерним також є те, що багато загальних методів, які можна використати для розв’язування задач математичної фізики, розвинулися з часткових способів розв’язування конкретних фізичних задач й у своєму первісному вигляді не мали чіткого математичного обґрунтування та достатньої довершеності. Зокрема, це стосується таких відомих методів математичної фізики, як методи теорії збурень, перетворень Фур’є і багатьох інших. Ефективне застосування цих методів для розв’язування конкретних задач стало одним зі стимулів для їх математичного обґрунтування й узагальнення, що зумовило виникнення нових математичних напрямів, тобто

розвиток ТФ зумовлює розвиток ММФ.

Водночас математична фізика впливає на розвиток різних розділів математики, віддзеркалює вимоги природничих наук і запити практики, вимагає переорієнтованості досліджень у деяких уже сформованих розділах математики. Постановка задач математичної фізики, пов'язана з розробленням математичних моделей реальних фізичних явищ, виявила зміни проблематики теорії диференціальних рівнянь у частинних похідних тощо. Вивчення математичних моделей фізики математичними методами не лише дозволяє дослідити кількісні характеристики фізичних явищ і розрахувати із заданим ступенем точності хід реальних процесів, а й дає змогу проникати до самої суті фізичного явища, виявляти приховані закономірності, передбачати нові ефекти. Прагнення до більш детального вивчення фізичних явищ ускладнює математичні моделі, що зрештою унеможлиблює застосування аналітичних методів для їх дослідження, оскільки математичні моделі фізики є нелінійними й описуються нелінійними рівняннями математичної фізики. Для детального дослідження таких моделей нині успішно застосовують прямі чисельні методи з використанням комп'ютерної техніки. У типових задачах математичної фізики використання чисельних методів зводиться до заміни рівнянь математичної фізики для функцій неперервного аргументу алгебраїчними рівняннями, тобто для сіткових функцій, заданих на дискретній множині точок (на сітці) з заміною неперервної моделі середовища її дискретним аналогом. Застосування чисельних методів дозволяє замінити складний, трудомісткий і дорогий фізичний експеримент більш економічним чисельним експериментом. Досить повно проведений математичний експеримент є основою для вибору оптимальних умов реального фізичного експерименту, вибору параметрів складних фізичних приладів, з'ясування умов виявлення нових фізичних ефектів тощо. У такий спосіб чисельні методи надзвичайно розширюють сферу ефективного використання математичних моделей фізики, що дозволяє ефективно розв'язувати нові задачі газової динаміки, теорії переносу, фізики плазми, зокрема й обернені задачі з цих напрямів розвитку фізики.

Я бачимо, з 1950-х рр. *фізика почала розвиватись як інтегрована галузь,*

очевидну перспективу розвитку якої віддзеркалено в таких новонароджених напрямках фундаментальних досліджень: фізика твердого тіла, ядерна фізика й фізика високих енергій, які розкрили потенціал розвитку сучасної наукової фізичної картини світу.

Для впровадження ідей фундаментальної науки в навчально-виховний процес педагогічних університетів важливо було сформулювати дидактичні умови їх реалізації, тому в період 1955–1979 рр. у підготовці майбутніх учителів і викладачів фізики переважала парадигма, яку можна умовно назвати «технократичною». Її основна мета – передача студентам «точного» наукового знання, потрібного для подальшого вдосконалення практики. «Знання – це сила», тому цінність людини визначається її пізнавальними можливостями. Людина є цінною не сама по собі, як унікальна індивідуальність, а лише як фахівець, носій певного еталонного (усередненого, стандартизованого) знання або поведінки [271].

З такого погляду у курсі ММФ потрібно було зосереджувати увагу на поглибленому вивченні теоретичних основ математичної фізики, при цьому не обмежуватись якісним узагальненням, а зосередитися на детальних представленнях окремих прикладних задач математичної фізики на засадах формально-логічного підходу до навчання – у такий спосіб підвищувався рівень теоретичної підготовки студентів з фізики. Певні елементи цієї парадигми і нині виявляються в процесі навчання ММФ і ТФ.

Підручник з рівнянь математичної фізики (А. М. Тіхонова, О. А. Самарського [430]), рекомендований для курсу математичної фізики фізичних спеціальностей педагогічних інститутів, віддзеркалював характерні математичні представлення проявів типових фізичних процесів. З огляду на це, структура змісту підручника відповідала основним типам рівнянь. Вивчення кожного типу рівняння починається з постановки фізичної задачі, яка і дає змогу отримати рівняння певного типу. Особливу увагу звернено на математичну постановку задачі, чіткий виклад розв'язування найпростішої задачі і фізичну інтерпретацію отриманих результатів. До кожного розділу

запропоновано задачі для розвитку технічних навичок.

Адаптованим навчальним посібником для студентів фізико-математичних факультетів педагогічних інститутів, допущеним Міністерством освіти СРСР, був підручник Є. І. Несіса «Методи математичної фізики» [256]. Зміст видання охоплює класичні розділи математичної фізики: математичну теорію поля, теорію диференціальних рівнянь у часткових похідних і елементи лінійної алгебри. Наявність останнього розділу обґрунтовано тим, що «...із успіхами теорії відносності і відкриттям якісно нових, квантових властивостей у мікрочастинок задачі математичної фізики значно розширились: з'явилась необхідність у вивченні полів комплексних величин у комплексному просторі, у використанні для їх дослідження не лише методів математичного аналізу, але й порівняно нової математичної науки – лінійної алгебри, яка являє собою своєрідне поєднання алгебраїчної теорії систем рівнянь першого порядку і аналітичної геометрії n -вимірних плоских просторів» [256, с. 5]. Зважаючи на те, що курс методів математичної фізики передувє курсу ТФ, автор посібника намагався максимально адаптувати його зміст до віддзеркалення прикладної спрямованості методу математичного моделювання фізичних систем, покладаючись на наступність і поетапність навчання, проте мінімум годин, відведених на вивчення ММФ, не дозволив автору узгодити його змістовий компонент з усіма розділами теоретичної фізики, зокрема із статистичною фізикою, а також прикладними розділами фізики: фізикою твердого тіла, ядерною фізикою, фізикою елементарних частинок тощо. Зміст посібника сприймається здебільшого як курс лекцій, зорієнтований на знаннєвий рівень підготовки студентів, і не віддзеркалює практичного компонента курсу. Обсяг годин на вивчення ТФ у педагогічних інститутах постійно збільшувався, однак курс ММФ залишався на рівні невеличкої дисципліни з формою звітності «залік».

Загалом цей етап розвитку фізико-математичної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики в педагогічних інститутах щодо вивчення ММФ характеризується недостатньою увагою з боку дидактики вищої школи. Функцію освітніх стандартів виконували орієнтовні робочі програми і базові підручники з

математичних методів теоретичної фізики [247; 248], елементів математичної фізики [140; 200], методів математичної фізики [7; 201; 203; 256; 405], вищої математики [402; 403; 404], збірників задач з математичної фізики [52; 379], задач і вправ за спеціальними розділами вищої математики [372] тощо.

Під впливом «технократичної» парадигми базові підручники з ММФ набували абстрактного змісту, для якого властивий значний обсяг і недостатня адаптованість до вимог підготовки вчителів фізики, утім, вочевидь, ці посібники мали забезпечувати професійну спрямованість навчання. У місті курсу подано його скорочену версію, яку пропонували для нематематичних спеціальностей класичних університетів. При цьому виникли дві проблеми. По-перше, великий обсяг навчальної інформації, яка містилася у підручниках з математичної фізики, спричиняв деструктуризацію цієї дисципліни в системі підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики. Без належної професійної спрямованості навчання студенти не розуміли цілей навчання ММФ: цю дисципліну слід уважати продовженням курсу математики чи початком вивчення ТФ. По-друге, абстрактне представлення основних понять математичної теорії поля та теорії диференціальних рівнянь математичної фізики ускладнювало сприйняття і засвоєння навчального матеріалу, що спричиняло погіршення емоційно-чуттєвого ставлення студентів до засвоєння цього курсу. Як наслідок, вивчення цієї дисципліни студенти сприймали орієнтовно так: «аби скласти залік і забути про неї назавжди».

Практика навчання ММФ наприкінці 1970-х рр. засвідчила, що «технократична» парадигма, спрямована на формування в майбутніх учителів фізики системи абстрактних математичних знань на засадах *формально-логічного підходу*, себе не виправдала. У професійній діяльності від цієї дисципліни не було жодної користі, а викладачі курсу ТФ формували свою уособлену предметну систему знань.

Випускники педагогічних інститутів переносили таку модель навчання й до загальноосвітньої школи, у якій панувала «ЗУНівська» парадигма (за О. В. Сергєєвим) [380]. Провідним видом діяльності учнів у школах, де

реалізувався такий підхід, було отримання знань. У межах цієї парадигми кількість уроків досягала 7–8 щоденно (з урахуванням консультацій). Збільшення обсягу інформації спричиняло перевантаження учнів, зниження мотивації до навчання, особливо з фізико-математичних дисциплін. Більшість учителів «вихована» в школах такого типу, тому й прагнула працювати в такому самому стилі. Вимогами до вчителів у той час були такі: знання свого предмета; уміння доступно викладати матеріал, знання методики викладання предмета; уміння об'єктивно оцінювати знання й уміння учнів; уміння формувати в школярів практичні знання й уміння. Учителі в таких школах, за висловом Л. С. Виготського, «подібні до рикш, що тягнуть на собі весь навчально-виховний процес» [78]. За цією технологією також організовано навчання в більшості ВНЗ. З часом психолого-педагогічні дослідження встановили об'єктивні причини, через які логічно вибудована система математичних знань, ізольована від навчально-пізнавальної діяльності з фізики, унеможлиблювала підвищення якості фізико-математичної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики.

Однією з найпомітніших праць у теорії та методиці навчання фізики в цей час було дослідження, у якому викладено особливості розвитку творчих здібностей учнів у процесі навчання фізики на засадах взаємозв'язку теоретичного й емпіричного у пізнанні природи (В. Г. Разумовський [353; 354]), яка дала змогу покликана змінити підходи до навчання фізики з формально-логічного на розвивальний.

Вивчення проблеми саморегуляції діяльності в умовах стимулювальної невизначеності дозволило А. О. Вербицькому розрізнити в галузі професійної освіти поняття «знання» і «значення» Учений стверджує, що «...значення – це те, що може бути монологічно викладене у вигляді усного або письмового тексту. Через засвоєння, наприклад, шляхом запам'ятовування тексту, значення як фундамент знання можуть і не стати здобутком особистості... Контекст життя і діяльності, контекст професійного майбутнього, визначений за допомогою відповідної дидактичної і психологічної «техніки», наповнює навчально-пізнавальну діяльність студентів особистісним сенсом, визначає рівень їх

активності, міру залучення до процесів пізнання і перетворення дійсності» [64].

З цього погляду А. В. Касперський слушно наголошує, що в навчанні фізики є потреба наочного застосування абстрагованих фізичних законів, понять і процесів, які на практиці виявляються в реальних технічних системах, формуючи світоглядний і професійний рівень фахівців. Інтеграція знань, набутих під час вивчення різних предметів та розуміння існуючих між ними зв'язків, сприяє усвідомленню фундаментальних законів природи [161].

З огляду на викладене слід зазначити, що відсутність особистісного сенсу в навчальній інформації не дозволяє студентові усвідомити її системоутворювальне знання. Ця інформація перетворюється на знання формальне, поверхове й нестійке, тому спостерігається обмеження підвищення якості фізико-математичної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики з погляду традиційного формально-логічного підходу до навчання ММФ. На нашу думку, досягнення високого рівня знань з математичної фізики в системі професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики потребує залучення й інших підходів, зокрема повернення до професійно-прикладної спрямованості, яку мали математичні дисципліни до середини 1950-х рр.

Проблема реалізації професійно-прикладної спрямованості навчання фізики завжди була на часі й викладена в багатьох працях учених української методичної школи, зокрема: О. І. Бугайова [48], С. У. Гончаренка [94], Є. В. Коршака [183], Д. Я. Костюкевича [186] та ін., з-поміж яких опосередкований зв'язок з математичними методами на засадах моделювання в навчанні фізики досліджував Л. Р. Калапуша [155], учення про симетрію в курсі фізики середньої школи розробив І. З. Ковальов [166], шляхи забезпечення наступності між середньою й вищою школою у вивченні фізики досліджував Є. С. Колос [171] та ін.

Відомий радянський математик Г. М. Фіхтенгольц, автор фундаментального підручника з курсу диференціального й інтегрального обчислення, зазначав: «Для того, щоб зробити із математики дійсно корисний засіб, необхідно щоб виклад навчального матеріалу був зв'язаний із його прикладними моментами, тобто показував зразу ж математику в дії. Усі ці

приклади мають групуватись навколо чітко визначеного математичного осередку, без чого засвоєння математичних понять не виявляється можливим» [445]. Підручник Г. М. Фіхтенгольца багато разів перевиданий (перше видання датується 1948 р.) і навіть перекладений іноземними мовами. Він відрізнявся від багатьох підручників тим, що, з одного боку, мав систематичне й властиве математичній культурі чітке подання навчального матеріалу, проте водночас у доступній формі ілюстрував на багатьох прикладах «курс», призначений для студентів класичних університетів, педагогічних і технічних ВНЗ. Цей підручник дозволяв студентам виробити найбільш важливі для практики навички. Зміст і структура підручника віддзеркалювала внутрішню цілісну позицію його автора, який не лише проголошував ідею діяльнісного підходу до навчання, а й наполягав на виокремленні в системі математичних знань «чітко визначеного осередку» із сучасних поглядів, висловлював думку про доцільність *фундаментальності освіти*.

Одним з висновків, який потрібно зробити внаслідок аналізу досвіду навчання ММФ у педагогічних інститутах першого, умовно виокремленого нами періоду (1955–1979 рр.), є те, що в цей час виникла потреба впровадження принципу *фундаментальності* до проектування змісту освіти та *професійно-прикладної спрямованості* навчання ММФ.

Наступний період (1980–1990 рр.) став принципово новим етапом розвитку підходів до навчання ММФ і до навчання фізики в педагогічних інститутах. Як уже зазначалося, у цей період з'явилося розуміння, що надії на концепцію «високого теоретичного рівня» до навчання ММФ не виправдалися. Невдоволеність якістю фізико-математичної підготовки в педагогічних інститутах активізувала дослідження в галузі теорії та методики навчання як фізики, так і математики. Дослідження виявили, що головною причиною низької якості фізико-математичної підготовки вчителів і викладачів фізики є абстрактно-логічне унаочнення змісту фізики, реалізоване на засадах математичного моделювання, та ізолюваність знань з математичної фізики від навчально-пізнавальної діяльності з фізики в контексті професійно-предметної спрямованості навчання ММФ.

З огляду на це виник інтерес викладачів до прикладного складника навчання базових дисциплін циклу професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики, значно зросла кількість досліджень, пов'язаних з професійною спрямованістю навчання; міждисциплінарними зв'язками; застосуванням обчислювальної техніки, а також із пошуком нових дидактичних підходів до навчання фізико-математичних і фізико-технічних дисциплін. Як бачимо, у галузі педагогічної освіти з 1980-х рр. актуальності набули підходи, пов'язані із загальнодидактичними принципами *фундаментальності, професійної спрямованості та міждисциплінарних зв'язків*.

Для пошуку шляхів підвищення якості вищої освіти активізувалися наукові дослідження в галузі теорії та методики навчання фізики, професійної освіти та інших педагогічних наук. Як зазначає О. М. Новіков, «тривалий час радянська загальноосвітня і професійна школа перебувала на позиціях гностичного, так званого знаннєвого підходу. З його позицій основним завданням освіти вважалось формування в учнів, студентів стійких систематизованих знань (уміння і навички завжди виступали другорядними компонентами). Нині акцент зміщується з гностичного підходу (знаннєвої парадигми) на діяльнісний підхід: основною метою освіти нині є формування здатності до адекватної діяльності, до праці в усіх її формах, у тому числі до творчої професійної праці. Це не означає, що знання в будь-який спосіб принижуються – вони із основної і єдиної мети перетворюються у засіб розвитку особистості суб'єкта навчання» [258].

У дослідженнях можна виокремити три основні напрями, пов'язані з удосконаленням навчального процесу: навчання на засадах професійної спрямованості (контекстне навчання), використання міждисциплінарних зв'язків, застосування обчислювальної техніки.

У *концепції контекстного навчання* (А. О. Вербицького) підґрунтям є ідея про якісні розбіжності в основних процесах, у формуванні змісту, форм, методів і засобів професійної й навчальної діяльності, що є реальною перешкодою для оволодіння професійною діяльністю в межах традиційної навчальної діяльності.

Для того, щоб інформація (текст підручника, навчального посібника, лекція викладача, комп'ютерна програма), що існує об'єктивно поза студентом, одержала статус знання, яке є осмисленим віддзеркаленням дійсності. Цю інформацію слід із самого початку засвоювати в контексті майбутньої професійної діяльності. Організація активності студентів відповідно до закономірностей переходу від навчальних текстів, знакових систем як матеріальних носіїв минулого досвіду до професійної діяльності, яка відбувається в умовах, що динамічно змінюються, тому кожного разу нові, має спільний характер і є змістом того, що вчений називає *знаково-контекстним* навчанням [65].

Основними тенденціями розвитку вищої освіти в цей період А. О. Вербицький вважає: 1) перехід від інформативних до активних методів і форм навчання із залученням до діяльності студентів елементів проблемності, наукового пошуку, різноманітних форм самостійної роботи – перехід від школи відтворення до школи розуміння, школи мислення; 2) перехід до активних, розвивальних, інтенсифікаційних способів організації навчального процесу у вищій школі; 3) перехід до такої організації взаємодії викладача і студента, за якої акцент переноситься із навчальної діяльності викладача на пізнавальну діяльність студента [65].

У цих формах дій, особливо в останній, ми вбачаємо найпрогресивніше підвищення мотивації студентів до навчання ММФ. Непоодинокими є випадки, коли пасивне сприйняття студентом навчальної інформації спричиняє конфліктні ситуації в процесі навчання, оскільки кожному набридає по 6–8 годин щодня сидіти і слухати. Нині під час складання розкладів на факультетах рекомендують першою парою ставити потокову лекцію, другою – лекцію з фахових дисциплін, третьою – практичне заняття, четвертою – лабораторний практикум. Звичайно ж, така схема не завжди може реалізуватися на практиці, проте вона принаймні враховує психофізіологічні особливості студентів. Проблема активізації навчально-пізнавальної діяльності з окремих дисциплін залишається актуальною й нині. Справді, студентові не буде часу порушувати дисципліну, якщо на кожному етапі заняття він бере активну участь у роботі: відповідає на запитання,

виконує експеримент, обробляє його результати, відповідає на запитання тестового контролю, розв'язує задачі та ін. Проблему активізації пізнавальної діяльності майбутніх учителів фізики досліджував П. М. Горносталь [105] та ін.

Особливості впровадження теорії міждисциплінарних зв'язків ММФ, ТФ, загальної фізики та методики навчання фізики в педагогічних університетах, передбачені другим напрямом, майже не розроблено. Окремі узагальнювальні підходи до навчання фізики найяскравіше виявились у працях пов'язаних з розв'язуванням проблеми теоретичних узагальнень, реалізованих на засадах фундаменталізації змісту навчання ТФ (В. В. Мултановський [249; 250]).

Міждисциплінарні зв'язки в педагогічних інститутах розглядалися загалом як вияв прикладної спрямованості навчання ММФ з погляду знаннєвого підходу, проте принципи професійної спрямованості і міждисциплінарних зв'язків не могли реалізуватися повною мірою, оскільки перший з них зорієнтовано на застосування знань з ММФ у професійній діяльності, що виходить за межі знаннєвого підходу, а інший через диференціацію змісту дисциплін професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики в межах знаннєвої парадигми освіти не має чітко визначених інтегративних чинників, які б забезпечували ці зв'язки.

Третій напрям, пов'язаний з можливостями застосування в галузі математичної фізики обчислювальної техніки, у той час привернув увагу багатьох учених, зокрема В. І. Арнольда [7–9], В. І. Дмитрієва, Є. В. Захарова [417], А. М. Тіхонова [344; 417; 429], А. С. Ільїнського, О. Г. Свешнікова [429] та ін.

На фізико-математичних факультетах педагогічних інститутів з'явився новий курс «інформатика», який було введено до навчальних планів загальноосвітніх шкіл і ВНЗ як обов'язковий навчальний предмет і дисципліна. Підготовка майбутніх учителів фізики і математики в цей період характеризується тим, що з'явилась можливість поєднувати не лише традиційні учительські спеціальності «фізика» і «математика», а й новоутворену – «інформатика» (постанова Кабінету Міністрів України від 24.05.1997 № 507). Кваліфікація випускників інститутів поєднаних подвійних спеціальностей

визначала підготовку вчителів: фізики і математики; математики і фізики; фізики, інформатики та обчислювальної техніки; математики, інформатики та обчислювальної техніки тощо. Відтоді почали відбуватися суттєві зміни в становленні методичних систем навчання інформатики в школах і ВНЗ.

У цей період почали зміщуватись акценти в змісті навчання всіх супідрядних до інформатики навчальних дисциплін педагогічних університетів. Відбувся перехід від програмістського [146; 268; 269] до користувачького ухилу в навчанні інформатики [123], оскільки стало зрозумілим, що користуватися сучасним персональним комп'ютером з використанням готового програмного забезпечення як загального, так і спеціального, зокрема навчального призначення, потрібно навчити всіх: і учнів, і студентів, хоча програмістами стануть з них далеко не всі [123, с. 26–27].

У період формування нової наукової педагогічної спеціальності – теорії та методики навчання інформатики – обчислювальна техніка залишилася поза межами навчальної дисципліни «Математичні методи фізики» у педагогічних інститутах через те, що її застосуванню перешкоджав трудомісткий етап підготовки і налаштування програми на алгоритмічних мовах. Якщо це й пробували робити на засадах міждисциплінарних зв'язків між курсами ММФ та інформатики, то це мало доволі локальний характер і переважно демонструвало прикладну спрямованість курсу інформатики.

Отже, на етапі «дидактичного пошуку» ми підтвердили, що такі підходи до навчання ММФ у педагогічних університетах, як: *фундаменталізація змісту* навчання математичної фізики; *контекстний підхід* (у контексті навчальної діяльності з фізики); *міждисциплінарний підхід* (на рівні міждисциплінарних зв'язків); *предметно-інформаційний підхід* (щодо застосування обчислювальної техніки) – набули найбільшої перспективи щодо підвищення якості фізико-математичної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики.

У цей період зазначені підходи не були повною мірою реалізовані в процесі навчання ММФ, оскільки їхня спрямованість на вміння застосовувати математичні моделі до аналізу усталених теоретичних моделей фізики, знань,

умінь і навичок у навчально-пізнавальній діяльності з фізики виходила за межі знаннєвого підходу, тому ненабула важливості в освітній практиці педагогічних університетів. До того ж, слід зазначити, що ці підходи розвивались і запроваджувались у навчальний процес фактично ізольовано один від одного, що зменшувало потенційно можливий ефект їх комплексного застосування.

Вивчення особливостей умовно виокремленого нами етапу дає змогу стверджувати, що в цей час спостерігаються пошуки нового науково обґрунтованого підходу, який відповідав би нагальним вимогам: *цілі навчання* мають урахувувати вміння студентів застосовувати знання з математичної фізики в *контекстній навчальній діяльності* з ТФ як важливий структурний компонент і комплексне *об'єднання* вищезазначених *підходів*.

І з цього погляду слушною є більш конкретизована думка З. І. Слєпкань: «... щоб забезпечити ґрунтовні, міцні системні знання, потрібно реалізовувати *комплексний підхід* до процесу навчання. Такий підхід є наслідком застосування закону діалектики, відповідно до якого кожне явище слід розглядати в усіх зв'язках і опосередкуваннях, брати кожне у єдності спільного, індивідуального й одиничного» [398, с. 27].

Комплексний підхід до навчального процесу вчена вбачає в дотриманні єдності трьох параметрів: 1) навчальний процес має бути єдністю соціального, психологічного і педагогічного; 2) єдність усіх функцій навчання (освітньої, розвивальної, виховної); 3) єдність у будь-якій методичній системі всіх компонентів навчального процесу: цілей, змісту, методів, організаційних форм і засобів навчання з *провідною роллю цілей навчання* [398, с. 28].

Наступний, умовно виокремлений нами етап, почався з 1991 р., коли було створено незалежну державу Україна і затверджено закони України «Про освіту» (1991) [136] і «Про вищу освіту» (2002) [134]. Метою освіти проголошено «...забезпечення фундаментальної наукової, професійної та практичної підготовки, здобуття громадянами освітньо-кваліфікаційних рівнів відповідно до їх покликань, інтересів і здібностей, удосконалення наукової і професійної підготовки, перепідготовки та підвищення їх кваліфікації» [136].

Стратегічні завдання системи вищої освіти, її пріоритетні напрями реформування визначено Державною національною програмою «Освіта» («Україна XXI століття») [115]. У дослідженні З. І. Слєпкань виокремлено такі істотні зміни, які відбулися в цей період у вітчизняній системі вищої освіти: 1) з навчальних планів ВНЗ зникли такі суспільно-політичні дисципліни: історія КПРС, історичний і діалектичний матеріалізм, науковий комунізм та ін. натомість з'явилися ідеологічно нейтральні: історія України, філософія, політологія, економічна теорія та ін.; 2) посилюється процес рівневої та профільної диференціації навчання у вищій школі; навчальні заклади отримали право складати власні (авторські) навчальні плани і програми; студенти одержали змогу по-різному реалізовувати власні освітні маршрути: здобувати одночасно дві та навіть три спеціальності, через короткий час після завершення навчання отримати інший фах; вступати на другий або третій курс вищого навчального закладу після закінчення коледжу відповідного профілю; з'явилися бакалаврат і магістратура; 3) набули розвитку різні форми вищої, загальної середньої, професійно-технічної освіти, унаслідок чого виникли комплекси «школа–ВНЗ», «вище професійне училище–ВНЗ», «технікум–ВНЗ» з відкриттям підготовчих курсів і відділень; з'явилися коледжі і середні школи, що активно співпрацюють з ВНЗ, відкрилися лекторії та консультаційні пункти для абітурієнтів, що забезпечують не тільки якісну професійну зорієнтованість, а й можливість дострокового складання вступних іспитів; 4) у багатьох колишніх інститутах, що стали університетами та академіями, швидко збільшено кількість спеціальностей і профілів підготовки випускників, надаються освітні послуги; 5) у системі вищої освіти поступово впроваджуються сучасні інформаційні технології, з'явилася можливість користування Інтернетом, поширюється дистанційна освіта як нова освітня технологія; 6) загалом зник розподіл випускників на роботу з обов'язковим відпрацюванням визначеного терміну; 7) викладачі та студенти знають, що частина випускників не працюватиме за спеціальністю [398, с. 8–9].

Усі зазначені зміни потребували пошуку науково обґрунтованих дидактичних підходів до забезпечення нових освітніх потреб.

З 1991 до 2002 р. у педагогічній галузі діяли Галузеві стандарти вищої освіти першого покоління, які по суті були професійно зорієнтованими, проте знаннєві за змістом. Зміст навчальних дисциплін щодо підготовки майбутніх учителів фізики, математики та інших педагогічних спеціальностей було визначено програмами, затвердженими Міністерством освіти України [347]. З цієї причини принципи контекстної щодо фізики спрямованості навчання ММФ і міждисциплінарні зв'язки не знайшли повного розуміння та реалізації в педагогічних університетах. Цей етап можна назвати *перехідним від знаннєвої до нової парадигми* освіти, яку визначила Національна доктрина розвитку освіти України XXI століття (2002) [253].

Нова парадигма визначила зорієнтованість на інтереси особистості, адекватні сучасним тенденціям суспільного розвитку, пріоритетним завданням загальної та вищої освіти. Криза традиційної середньої і вищої освіти в Україні, що була виявом глобальної світової кризи, спричинила низку недоліків, що «...за оцінками фахівців, виявляється, зокрема, у суперечностях між потребами сучасного суспільства та рівнем підготовленості випускників шкіл і ВНЗ, між новими цілями й завданнями і застарілими формами управління й функціонування вищої освіти, у розбіжностях інтересів і можливостей суб'єктів освітнього процесу» [398, с. 15].

Цей період характеризується пошуком нових підходів до навчання фізико-математичних дисциплін, теоретичних і методологічних засад щодо їх обґрунтування. Зокрема, стратегію навчання математики на засадах принципу фундаментальності освіти розробив В. О. Тестов [427]. У теорії та методиці навчання фізики помітною в той період була праця О. І. Ляшенка [223], який досліджував взаємозв'язок теоретичного й емпіричного у навчанні фізики в середній школі та професійно-технічному навчальному закладі. У процесі пошуку комплексних підходів до розв'язання проблеми, вивчення її різнобічності та багатоаспектності вчений обґрунтував теоретичну модель формування в учнів фізичного знання: 1) *систему наукового знання* не можна беззастережно перенести в освітню систему, оскільки вона потребує

модифікації з урахуванням дидактичних вимог до подання різних видів знання, які відповідають можливостям учнів, мотиваційних факторів вивчення ними фізики; 2) *зміст освіти і логіка його викладу* визначають тип мислення (емпіричний або теоретичний), який формується в процесі навчання; 3) особливості системної організації сучасного фізичного знання зумовлюють їх формування на рівні *теоретичних узагальнень*, не знижуючи при цьому ролі емпіричного мислення в розвитку свідомості дитини; 4) процес формування фізичних понять внутрішньо неоднорідний, тому в навчанні не обов'язково дотримуватися логіки розгортання навчального предмета, за якою *емпіричний рівень завжди передує теоретичному*; 5) формування фізичних знань може ґрунтуватися на таких двох *психологічних механізмах*: а) невмотивованому (спонтанному) *абстрагуванні* та узагальненні на основі чуттєвого пізнання (емпіричні поняття й закони); б) на активному пошуку сутності явищ шляхом *побудови абстрактних моделей*, формалізації, висунення і перевірки гіпотез про істотні ознаки цього класу понять (*теоретичні поняття й закони, теорії*); б) формування теоретичних і емпіричних знань відбувається у відповідних видах пізнавальної діяльності: фіксації результатів спостережень, вимірювань і експериментів – на емпіричному рівні, поясненні та *передбаченні наслідків* – на *теоретичному*; 7) практично-прикладний аспект фізичного знання реалізується в пізнавальних ситуаціях, які відтворюють життєві і *професійно зорієнтовані* прагнення учнів під час навчання фізики [223, с. 13].

Отже, провідними в той час були такі дидактичні підходи: *фундаменталізація, професійна спрямованість, особистісно орієнтоване навчання, методологічна інтегрованість* тощо.

Педагогічний процес у вищій школі має особливості, з-поміж яких потрібно зазначити такі: відкритість педагогічного процесу вищої школи і сучасні засоби обміну інформацією (Інтернет, електронна пошта, факси, електронні журнали), які змінюють роль *викладача* з інформатора на організатора навчання, тобто відбувається *технологізація* навчального процесу; впровадження людино-машинних систем навчання вимагає нових підходів до

організації навчального процесу; умови сьогодення спонукають до *зміни особистості* викладача й студента; *методична і методологічна* підготовка є важливими складниками професійної підготовки майбутніх учителів; поруч із формуванням алгоритмічно-раціонального мислення майбутнього вчителя вагоме місце посідає формування його *гуманітарного мислення*; різнопредметні знання вимагають *інтеграції* під час навчання [206].

Наприкінці умовно виокремленого нами періоду (1991–2002 рр.), склалося об'єктивне розуміння потреби переходу від знаннєвої до нової освітньої парадигми та вибору нових шляхів з побудови адекватних моделей освіти, «які б не зводились лише до збільшення обсягу змісту навчальних дисциплін або подовження термінів навчання. Йдеться про досягнення принципово нових цілей освіти, які ніколи раніше не ставилися і які полягають у досягненні нових, вищих рівнів освіченості *кожної особистості* та суспільства в цілому» [398, с. 17].

Пріоритетними напрямками розвитку освіти були визнані: її особистісна зорієнтованість; постійне підвищення якості, оновлення змісту та форм організації навчально-виховного процесу; розвиток системи неперервної освіти та навчання протягом життя; забезпечення економічних і освітніх гарантій для професійної самореалізації педагогічних, науково-педагогічних працівників, підвищення їхнього соціального статусу; створення індустрії сучасних засобів навчання й виховання, нове забезпечення ними навчальних закладів; інтеграція вітчизняної освіти в європейський і світовий освітній простір та ін. [253].

З погляду предмета нашого дослідження основними вбачаємо дві позиції – це особистісна зорієнтованість навчання студентів у системі професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики та пошук дидактичних шляхів для сприяння підвищенню якості, оновленню змісту та форм організації навчально-пізнавального процесу з фізики на засадах математичного моделювання.

Наступний період (2002–2013 рр.) характеризується тим, що в системі вищої педагогічної освіти України почали діяти Галузеві стандарти вищої освіти *другого покоління*. Їх можна вважати компетентнісними за сутністю, проте формально вони не суперечили й знаннєвому підходу, тому цей етап

можна назвати періодом функціонування *біполярної парадигми*.

Галузевим стандартом вищої освіти (ОКХ, ОПП) другого покоління для спеціальності 6.010100 Педагогіка і методика середньої освіти. Фізика. Галузь 0101 Педагогічна освіта (наказ МОН України від 02.10.2002 № 546) встановлено вимоги до обов'язкового мінімуму змісту навчальної дисципліни «Математичні методи фізики». Ці вимоги передбачали обов'язковий обсяг годин, відведений на вивчення цієї дисципліни, і перелік обов'язкових розділів (ОПП): математичні методи теорії поля; математичні рівняння фізики; застосування теорії груп у фізиці [81]. Зміст навчальної дисципліни вказує на важливість високої якості підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики з курсу ММФ, проте якість навчання з ММФ ці стандарти регламентують не безпосередньо через застосування термінології ЗУНів (знань, умінь і навичок), характерних для знаннєвої парадигми освіти, а за принципово новою основою у вигляді ієрархічно структурованого комплексу вимог, які пов'язують якість навчання з майбутньою професійною діяльністю.

Вимоги Галузевих стандартів другого покоління формулюються шляхом визначення (ОКХ): кваліфікаційні вимоги; типи діяльності, типові завдання діяльності й уміння розв'язувати типові завдання діяльності; здатності розв'язувати проблеми соціальної діяльності й уміння, що є віддзеркаленням цих здатностей; вимоги до професійного відбору; вимоги до державної атестації випускників; академічні права випускника за визначеним освітньо-кваліфікаційним рівнем; відповідальність за якість освітньої і професійної підготовки випускників тощо. Стандартизована система вимог мала забезпечити здатність випускника виконувати роботу, для якої потрібні не лише фундаментальні знання, зокрема й з ММФ як навчальної дисципліни, що є нормативною в циклі ПП майбутніх учителів і викладачів фізики, а й уміння застосовувати їх у подальшій професійній діяльності. Види професійної діяльності конкретизовано, що визначало шляхи підвищення якості освіти.

Компетентний учитель фізики повинен демонструвати (за Г. О. Грищенком) знання і розуміння основних понять, наукових фактів, закономірностей, законів і

наукових теорій у галузі фізики й методики навчання фізики; уміти застосовувати знання й уміння для розв'язування типових задач з фізики й методики її навчання для аргументації своєї позиції щодо професійних проблем; здатність добирати й інтерпретувати (за потреби, використовувати засоби комп'ютерних технологій) потрібні відомості в галузі фізики та методики навчання фізики, що засвідчує вміння аналізувати ситуації й робити висновки щодо відповідних наукових, соціальних чи етичних проблем; уміння чітко й переконливо повідомляти свої знання, судження й висновки в галузі фізики та методики навчання фізики професійній і непрофесійній аудиторії; здатності, важливі для успішного продовження навчання з вищим ступенем самостійності [107].

За пропонованим переліком структура діяльності має три напрями: *когнітивний* (знання й розуміння), *діяльнісний* (уміння й здатності) і *особистісний* (знання, розуміння й уміння як здатність).

За Галузевим стандартом другого покоління навчальна дисципліна «Математичні методи фізики» входить до циклу дисциплін професійної та практичної підготовки бакалаврів разом з курсами загальної фізики, теоретичної фізики та методики навчання фізики – нормативними дисциплінами ПП майбутніх учителів і викладачів фізики, спрямованими на формування цілісних уявлень про фізику як науку, вироблення наукового світогляду та професійно адаптованого навчання фізики в шкільних умовах. Незважаючи на це, акцент зроблено не на особистісних якостях, які потрібно сформувати в майбутнього вчителя та викладача фізики, а на описі вимог до майбутньої професійної діяльності, дистанційно відмежованих від особистісних якостей. У цих стандартах не визначено механізми, завдяки яким слід забезпечувати формування таких особистісних якостей студента, як готовність і здатність успішно здійснювати подальшу навчальну та професійну діяльність.

Біполярна парадигмальність цих стандартів передбачає цілеспрямоване й усвідомлене функціонування в межах двох парадигм – знаннєвої і компетентнісної, однак обидві парадигми в Галузевих стандартах другого покоління представлено опосередковано, що спричинило їх інтерпретацію

викладачами курсу не як компетентнісних, а як знанневих. Одна викладачі повинні були навчати (математичні методи фізики, загальна фізика, теоретична фізика), урахуваючи знанневу парадигму, а інші орієнтувалася на зв'язок з професійною діяльністю (методика навчання фізики), протиставляючи методичну підготовку з фізики природничо-математичній. Відтак можна наполягати на біполярній парадигмальності цих стандартів, або на частковій парадигмальній невизначеності, у чому ми вбачаємо суттєвий недолік такого підходу до стандартизації.

Ця невизначеність спричинила виникнення багатьох досліджень з теорії та методики навчання фізики, які можна розмежувати за двома основними напрямками: перший пов'язано з *фундаменталізацією змісту* (О. А. Коновал [179], І. О. Мороз [237], В. П. Сергієнко [385; 386] та ін.) і *контекстно-предметним* підходом (І. Т. Богданов [42], В. А. Касперський [161] та ін.) до навчанням фізики у ВНЗ, зокрема засобами навчального фізичного експерименту (В. П. Вовкотруб [75], В. В. Мендерецький [236] та ін.); другий ґрунтується на *особистісно зорієнтованим* підході до ПП майбутніх учителів і викладачів фізики. Зокрема проблеми *методичної підготовки* в умовах неперервної освіти досліджувала В. Д. Шарко, яка виявила такі методологічні підходи: *гуманістичний підхід* до навчання як провідний принцип реформування освіти; *аксіологічний* – для формування ціннісної сфери учнів, студентів, учителів; *культурологічний* – для модернізації змісту фізичної освіти; *системний* – до визначення напрямів розвитку змісту й удосконалення процесу методичної підготовки; *синергетичний* – для дослідження складних відкритих педагогічних систем; *інтегративний* – для визначення змісту методичної підготовки у системі професійної підготовки; *діяльнісний* – для практичної методичної підготовки; *рефлексивний* – для управління навчальним процесом як умова саморозвитку викладача і студента; *технологічний* – як стратегія організації процесу методичної підготовки; *праксеологічний* – для підвищення ефективності такої підготовки; *герменевтичний* – для планування процесу усвідомленого засвоєння знань; *компетентнісний* – для переходу методичної підготовки учителів на нові

показники якості освіти; *адаптаційний підхід* – для практичної реалізації методичної підготовки; *андрагогічний* – для навчання вчителів в умовах неперервної освіти, *акмеологічний* – для розвитку ПП вчителя фізики тощо [463].

Теоретико-методичні основи підготовки майбутнього вчителя фізики до *впровадження інноваційних технологій навчання* обґрунтовано О. І. Іваницьким [149]. Проблеми управління навчально-пізнавальною діяльністю з фізики з позицій *компетентнісної* парадигми досліджено науковою школою П. С. Атаманчука [13–16]. Формування *методичної компетентності* майбутнього вчителя фізики як важливого складника *професійної компетентності* вивчає В. Ф. Заболотний [130] та ін.

Як бачимо, етап біполярної парадигмальності дав змогу вперше сформулювати нові цілі й результати освіти з погляду професійної діяльності; зберегти традиції фундаментальної фізико-математичної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики; проте не дозволив з упевненістю сформулювати цілі й передбачити результати освіти з позицій урахування особистісних якостей студентів; ускладнив розроблення теоретичних і методичних засад навчання ММФ; потребує парадигмальної визначеності етап проектування цілей і результатів навчання ММФ; не заперечує можливості вибору та поєднання різних підходів до навчання ММФ, однак вибір провідного з них потребує парадигмальної визначеності, не заперечуючи традиційних підходів до навчання.

У 2011 р. розпочався *новітній етап* розвитку вищої освіти України, пов'язаний з підготовкою до переходу на Державні стандарти третього покоління, зорієнтовані на ліквідацію недоліків та врахування переваг діяльнісно зорієнтованих стандартів другого покоління із синтезом переваг знаннєвих стандартів першого покоління. Порівняння двох освітніх парадигм, традиційної й нової, дає змогу сформулювати їхні основні відмінності (додаток В, табл. В.1) і зазначити, що з позицій нової парадигми кардинально змінено погляди на сучасну систему освіти, головним фігурантом якої є суб'єкт навчання (особистість), а не об'єкт (знання).

Нині компетентнісно зорієнтований підхід визнано провідною ідеєю та

перспективним напрямом розвитку вищої освіти. Для підтримки цього напрямку було затверджено «Державну цільову програму розвитку професійно-технічної освіти на 2011–2015 роки» (постанова Кабінету Міністрів України від 13.04.2011 № 495), «Міжвідомчу робочу групу з питань розроблення та впровадження державних стандартів професійно-технічної освіти» (постанова Кабінету Міністрів України від 16.11.2011 № 1238); «Національну рамку кваліфікацій» (постанова Кабінету Міністрів України від 23.11.2011 № 1341), «Методику розроблення державних стандартів професійно-технічної освіти з конкретних робітничих професій» (наказ Міністерства освіти і науки України від 15.05.2013 № 511). У 2014 р. прийнято новий Закон «Про вищу освіту» [135], за яким результатами навчання визнано *компетентності*.

Галузеві стандарти третього покоління набувають подальшого розвитку з погляду *компетентнісної* парадигми розвитку освіти, яку визнано провідною. Компетентності як результати навчання уможливають створення освітньо-професійних програм підготовки бакалаврів, освітньо-професійних програм і освітньо-наукових програм підготовки магістрів або програми підготовки магістрів, не відкидаючи підходів, розроблених на попередніх етапах стандартизації, проте з погляду компетентнісної парадигми розвитку освіти професійні компетенції і відповідні компетентності варто розглядати як чинники соціальної конкурентоздатності фахівця, оскільки вони дозволяють отримати якісну освіту, здобути професію, досягти кваліфікації й удосконалити її.

Зокрема предметом навчальної діяльності студента в навчанні ММФ є його суб'єктний досвід (знання, уміння, навички, способи діяльності), який він використовує для досягнення навчальної мети, а засобами навчальної діяльності – складники соціального досвіду діяльності (методологічні знання, досвід реалізації відомих способів діяльності, зокрема навчально-пізнавальної, мотиваційне, емоційно-ціннісне ставлення до навчальної діяльності та її засобів, рефлексія, комунікативні якості тощо).

З-поміж переваг різних парадигм розвитку освіти щодо навчання студентів ММФ найвагомішими є фундаменталізація, міждисциплінарна інтеграція,

інформатизація, контекстний та компетентнісний підходи.

Фундаменталізація забезпечує віддзеркалення в змісті навчання ММФ основних досягнень математичної фізики, сприяє реалізації математичних методів у навчально-пізнавальній діяльності з фізики.

Потребу і можливість застосування *міждисциплінарної інтеграції* та міждисциплінарних зв'язків зумовлено тим, що обов'язкові знання, уміння й навички випускників педагогічної спеціальності «Фізика» визначено *спільно* для всього *циклу дисциплін ПП майбутніх учителів і викладачів фізики* без розмежування за кожною окремою дисципліною.

Застосування *інформаційного підходу* в навчанні ММФ обґрунтовано на *предметно-інформаційному* рівні потребами предметної галузі математичної фізики, а на *інформаційно-комунікаційному* – інформатизацією освіти.

Забезпечення потреб освітньої практики щодо реалізації інформаційного підходу до навчання ММФ на *предметно-інформаційному рівні* ми вбачаємо в застосуванні студентами методів побудови дискретних аналогів диференціальних завдань і алгоритмів їх розв'язання для здійснення обчислювального експерименту із залученням комп'ютерної техніки, зокрема комп'ютерного моделювання фізичних систем, а на *інформаційно-комунікаційному* – через наявні в педагогічному університеті інформаційно-комунікаційні засоби (бібліотека, Інтернет, комп'ютерна мережа, математичні інформаційні пакети, програмно-педагогічні засоби тощо).

Формуванню та розвитку *готовності й здатності* майбутніх учителів і викладачів фізики успішно здійснювати навчальну та професійну діяльність сприяють *контекстний і компетентнісний* підходи. Контекстний підхід забезпечує єдність змістового та процесуального складників формування та розвитку професійних компетентностей студентів.

Реалізація контекстної спрямованості навчання студентів ММФ потребує відповідності методів і засобів навчання, організаційних форм та оцінки досягнень студентів меті та змісту навчання, раціонального поєднання значного арсеналу методів навчання (пояснювально-ілюстративних, репродуктивних,

проблемних, практичних), застосування спільної й індивідуальної форм навчання, змішаного навчання тощо, методів фіксації змін у формуванні й розвитку професійних компетентностей студентів і аналізу набутих результатів.

Еволюція дидактичних підходів до навчання ММФ майбутніх учителів і викладачів фізики з погляду поліпарадигмальної методологічної системи координат демонструє їх трансформацію впродовж умовно виокремлених нами п'яти етапів (табл. 1.8) і те, що вони є передумовами *інтегрованого підходу*, який поєднує переваги знанневої, контекстної та компетентнісної парадигм освіти.

Таблиця 1.8

Еволюція дидактичних підходів до навчання математичних методів фізики в педагогічних університетах

Етапи розвитку дидактичних підходів	Роль етапу як передумова інтегрованого підходу до навчання ММФ
Провідними є <i>технократична й знаннева</i> парадигми (1955–1979 рр.)	Формування в майбутніх учителів і викладачів фізики системи математичних знань на засадах <i>формально-логічного підходу</i> не виправдалася, що було передумовою повернення до <i>професійно-прикладної спрямованості і фундаменталізації</i> змісту навчання математичних методів фізики
Дидактичний пошук шляхів модернізації системи фундаментальної підготовки студентів (1980–1990 рр.)	Актуальними виявилися підходи, пов'язані із загально-дидактичними принципами <i>фундаментальності, професійної спрямованості</i> (контекстне навчання, розвиток ідей діяльнісного підходу) і <i>міждисциплінарних зв'язків</i> як передумови <i>біполярної парадигми (знаннево-компетентнісної)</i> Застосування обчислювальної техніки в галузі математичної фізики як передумова <i>предметно-інформаційного підходу</i> до навчання ММФ. До навчальних планів загальноосвітніх шкіл і ВНЗ було уведено обов'язковий навчальний предмет і дисципліну «Інформатика», що стало передумовою розвитку <i>інформаційно-комунікаційних технологій</i> в освіті
Розвиток теорії та методики навчання фізики в умовах пошуку нової освітньої парадигми (1991–2002 рр.)	Пошук і реалізація комплексних підходів до навчання з провідною роллю <i>особистісно зорієнтованої освіти</i> , що обґрунтовано: – <i>інтегративною концепцією людини</i> , в основу якої покладено: а) ідею про <i>онтогенетичну еволюцію людини</i> як індивіда, психічні задатки якого є природною основою особистості, б) <i>положення про розвиток особистісних якостей</i> людини в єдності її природних задатків і здібностей як людського індивіда та суб'єкта суспільних відносин; в) <i>діяльнісну суть</i> розвитку людини як суб'єкта, діяча, що ініціює різні види специфічної людської активності – праці,

Етапи розвитку дидактичних підходів	Роль етапу як передумова інтегрованого підходу до навчання ММФ
	<p>навчання, пізнання, спілкування тощо; г) твердження про <i>унікальність кожної людини як особистості</i>, носія певного внутрішнього світу, з власним баченням світу та його особистісним відтворенням у свідомості, своїми потребами, уподобаннями, мотиваційно-вольовими характеристиками;</p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>соціально-культурною концепцією знання й пізнання загалом</i>, підґрунтям якої є соціальна зумовленість пізнавального процесу і його результату як елемента культури цивілізації; – <i>культурно-історичною теорією розвитку психіки людини на основі діяльнісного підходу до формування її основних психічних функцій</i>; – <i>теорією змістового узагальнення</i>, провідною лінією якої у розвитку мислення визначено єдність наочного і психологічного аспектів цього процесу
<p>Період парадигмальної визначеності (2003–2010 рр.)</p>	<p>Визнання особистісної зорієнтованості освіти домінантною ідеєю, розвиток гуманізації і гуманітаризації освіти як передумови компетентнісного підходу</p> <p>Проголошення нової освітньої парадигми, пріоритетним напрямом якої є визнана <i>особистісна орієнтація освіти</i>.</p> <p>Почали діяти Галузеві стандарти вищої освіти <i>другого покоління</i>, компетентнісні за суттю, проте вони формально не суперечать знаннєвому, інтегрованому, контекстно-предметному, діяльнісному та іншим підходам до навчання</p> <p>У підготовці майбутніх учителів фізики обґрунтовано можливість застосування: <i>гуманістичного, аксіологічного, культурологічного, інтегративного, діяльнісного, рефлексивного, технологічного, праксеологічного, герменевтичного, компетентнісного, андрагогічного, адаптаційного, акмеологічного, методологічного</i> підходів до навчання</p> <p>Теоретично обґрунтовано основи <i>впровадження інноваційних технологій навчання</i></p> <p><i>Розвиток компетентнісного підходу</i> за всіма напрямками його реалізації від оцінювання до управління навчально-пізнавальною діяльністю. Виникла потреба в парадигмальній визначеності, яка не заперечувала б можливість вибору й поєднання різних підходів до навчання ММФ</p>
<p>Упровадження й реалізація компетентнісної парадигми (2011–2015рр.)</p>	<p>Актуалізовано завдання щодо пошуку провідного методологічного підходу та визначено доцільність застосування <i>інтегрованого підходу</i>, що об'єднує переваги <i>знаннєвої, контекстної та компетентнісної</i> парадигми для розроблення МСН ММФ у педагогічних університетах</p>

Аналіз розвитку й упровадження галузевих стандартів вищої освіти України з професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики підтверджує можливість застосування *інтегрованого підходу* до формування й розвитку МКФ, що дає змогу обрати його за *теоретичну основу* МСН ММФ у педагогічних університетах.

Висновки до розділу 1

Аналіз еволюції вимог вищої освіти України щодо показників якості професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики дає підстави для таких висновків:

1. Установлено, що нині компетентнісний підхід є одним з напрямів реформування вищої освіти, який спрямовано на формування компетентного фахівця, члена суспільства, спроможного реагувати на особистісні й суспільні виклики, здатного не лише пристосовуватися, але й активно опанувати ситуації соціальних змін.

Виявлено, що особистісно орієнтована парадигма розвитку освіти зумовила її розбудову на компетентнісній основі, яка віддзеркалює європейські погляди на оцінювання якості результатів освіти в співвіднесенні з цілями навчання, що вимагає реформування вищої освіти, змінюючи орієнтири з традиційної знанневої парадигми освіти на компетентнісно зорієнтовану.

Визначено, що перелік кваліфікаційних умінь майбутніх учителів і викладачів фізики, які сприяють формуванню їхньої здатності застосовувати методи математичного моделювання в емпіричних і теоретичних дослідженнях фізичних систем є підґрунтям для визначення математичної компетентності з фізики. Формування інтегрованої та динамічної комбінації визначених умінь потребує обґрунтованого вибору теоретичних засад упровадження компетентнісного підходу до навчання студентів ММФ у циклі дисциплін професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики.

З'ясовано, що практика впровадження компетентнісного підходу в ПП майбутніх учителів і викладачів фізики натрапляє на труднощі, пов'язані з відсутністю цілісної методологічної, теоретичної й методичної бази цього

підходу. Це спричиняє перешкоди для розроблення технологій і конкретних методик формування МКФ. Недостатній рівень теоретичного вивчення та практичної розробленості зазначеної проблеми актуалізує потребу розроблення й упровадження МСН ММФ у педагогічних університетах.

2. З'ясовано, що кваліфікація майбутнього вчителя і викладача фізики з погляду компетентнісного підходу до навчання ММФ і ТФ набуває нових характеристик, що дає змогу говорити про компетентність.

Обґрунтовано доцільність виокремлення з-поміж ієрархічно супідрядних ключових, базових і спеціальних професійних компетентностей вчителя та викладача фізики математичної компетентності з фізики, яка належить до базових складників, потрібних для професійної педагогічної діяльності зазначених фахівців. Єдність когнітивного (знання змісту фахових наукових дисциплін – математичної та теоретичної фізики), діяльнісного (уміння з досвіду навчальної діяльності, практичне й оперативне застосування знань) та особистісного (мотивація, ціннісно-рефлексивні, емоційно-вольові, інформаційно-комунікативні, соціально-адаптаційні й інші особистісні якості) компонентів МКФ визначає її структуру. З цього погляду МКФ визначена інтегрованою динамічною характеристикою особистісних якостей студента, що засвідчує його готовність і здатність застосовувати в навчальній та професійній діяльності методи математичного моделювання фізичних систем, явища або процесу у фізичній системі з погляду законів або принципів фізики в прийнятих теоретичних схемах.

3. Історико-педагогічний аналіз розвитку дидактичних підходів до навчання студентів ММФ у контексті ПП майбутніх учителів і викладачів фізики з 1950-х рр., дозволив виявити тенденції їх розвитку в межах п'яти умовно виокремлених нами періодах:

1955–1979 рр. – пріоритетною визнано знаннєву парадигму, що сприяла формуванню в майбутніх учителів і викладачів фізики системи фізико-математичних знань і вмінь на засадах формально-логічного підходу, досвід запровадження якого засвідчив, що для підвищення якості фізико-математичної підготовки зазначених фахівців слід звернути увагу на фундаменталізацію

змісту та професійну спрямованість навчання ММФ у педагогічних інститутах.

1980–1990 рр. – дидактичний пошук шляхів модернізації професійної підготовки майбутніх учителів фізики. Актуальними виявилися підходи, пов'язані із загальнодидактичними принципами фундаментальності, професійної спрямованості та міждисциплінарних зв'язків як передумови існування біполярної парадигми (знаннєво-компетентнісної).

Застосування обчислювальної техніки в галузі математичної фізики є передумовою інформаційного підходу до навчання ММФ.

1991–2002 рр. – пошук нової освітньої парадигми й перехід від знаннєвої до компетентнісної парадигми, реалізація комплексних підходів до навчання ММФ з домінуванням ідей особистісно орієнтованої освіти, що зумовлено розвитком гуманізації й гуманітаризації освіти як передумову впровадження компетентнісного підходу в освіті.

2003–2010 рр. – парадигмальна визначеність. Упровадження Галузевих стандартів вищої педагогічної освіти другого покоління, які були компетентнісні за сутністю, проте формально вони не суперечили знаннєвому, інтеграційному, контекстно-предметному, діяльнісному та іншим підходам до навчання ММФ. Розвиток компетентнісного підходу за всіма напрямками його реалізації.

2011–2015 рр. – упровадження та практична реалізація компетентнісної освіти. З'ясовано, що основною тенденцією розвитку дидактичних підходів, реалізованих у практиці навчання ММФ майбутніх учителів і викладачів фізики, є поступовий і поетапний перехід до їх комплексного застосування.

Інтегрований підхід поєднує переваги знаннєвої, контекстної та компетентнісної парадигми освіти, що дозволяє обрати його за теоретичну основу МСН ММФ у педагогічних університетах, проте додаткового обґрунтування потребує доцільність комплексної реалізації підходів, детермінованих теоретичною основою в контексті вимог до підвищення якості знань студентів.

Основні положення розділу викладено в публікаціях автора [302; 314; 318; 324; 329].

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНА ОСНОВА МЕТОДИЧНОЇ СИСТЕМИ НАВЧАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ ФІЗИКИ В ПЕДАГОГІЧНИХ УНІВЕРСИТЕТАХ

Дослідження еволюції вимог вищої освіти в ствердженні нової освітньої парадигми дало змогу встановити, що для підвищення якості фізико-математичної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики принципи фундаменталізації, контекстного навчання, міждисциплінарної інтеграції та інформатизації є більш перспективними базисними напрямками інтегрованого підходу. Визначено, що в інтегрованому підході поєднуються переваги знаннєвої, контекстної та компетентнісної парадигм, проте додаткового обґрунтування потребує доцільності комплексної реалізації фундаменталізації та діяльнісно зорієнтованих контекстного, міждисциплінарного та інформаційного підходів в теоретичній основі МСН ММФ у педагогічних університетах (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Теоретична основа методичної системи навчання математичних методів фізики в педагогічних університетах

2.1. Фундаменталізація та контекстна спрямованість навчання математичних методів фізики майбутніх учителів і викладачів фізики

Розглянемо спочатку принцип фундаменталізації. Осучаснення змісту навчання математичних методів фізики на засадах принципу фундаменталізації полягає в сприянні більш ґрунтовному засвоєнню знань, їх узагальненню та систематизації, формуванню наукового світосприйняття, підвищенню інтересу студентів до вивчення фізики.

Специфіку розвитку й закріплення фундаментальності як освітньої парадигми викладено в працях багатьох учених: фундаментальних знань – С. І. Архангельського [10], А. І. Субетто [412; 413], Н. Ф. Тализіної [376], О. В. Хуторського [455]; принципів фундаменталізації освіти – С. У. Гончаренка [99] та фундаментальності – Л. Я. Зоріної [142], З. І. Слєпкань [398]; фундаменталізації професійної освіти – В. В. Кондратьєва [174], І. Л. Холодовської [451], М. О. Читаліна [460]; фундаменталізації вищої освіти – С. О. Семерікова [376; 377], О. В. Сергєєва [383], М. І. Садового [364] та ін.; концепцію фундаментальності освіти розробив В. А. Тестов [425–427] та ін.

Фундаменталізацію змісту навчання фізики в ВНЗ представлено в дослідженнях І. Т. Богданова [42], А. В. Касперського [160; 161], О. А. Коновала [178], І. О. Мороза [237], В. В. Мултановського [249], П. І. Самойленка [175], В. П. Сергієнка [384–386], Б. А. Суся [415; 418], М. І. Шута [475; 476]; фундаменталізації змісту навчання фізики загальноосвітньої школи – Л. Ю. Благодаренко [37], Б. Є. Будного [53], С. П. Величка [60; 61], Г. М. Голіна [86; 87], С. У. Гончаренка [101–103], О. І. Ляшенка [223], М. Т. Мартинюка [235], В. В. Мултановського [251], А. І. Павленка [272], В. Д. Сиротюка [391], А. В. Усової [440] та ін.

У процесі обґрунтування доцільності застосування принципу фундаменталізації в навчанні ММФ ми проаналізували різні трактування його змісту. На рівні дефініції «*fundamentum*» (лат.) – це основа, підвалини, опора, тобто термін «фундаментальність» семантично означає ґрунтовність, міцність,

стабільність, усталеність» [444]. У психолого-педагогічній літературі вживається декілька понять «фундаментальні знання», «фундаментальна дисципліна», «фундаменталізація», «принцип фундаментальності».

На нашу думку, найбільш обґрунтованими щодо визначення поняття «фундаментальні знання» є концепції дидактів С. І. Архангельського, Л. Я. Зоріної, Н. Ф. Тализіної, однак їхні позиції мають деякі розбіжності. За Н. Ф. Тализіною, «*Фундаментальні знання* – це стрижневі, системоутворювальні, методологічно значущі уявлення. Вироблене на їх основі вміння думати, самостійно здобувати знання має суттєво допомогти випускнику при необхідності змінити спеціальність або навіть професію» [419]. У працях С. І. Архангельського фундаментальні знання розглянуто як «основоположні у змісті конкретної дисципліни» [10]. Справді, усталені, інваріантні знання та їх розуміння в змісті математичної фізики практично не змінюються, тому ми їх називаємо основоположними, фундаментальними, проте математична фізика належить до загальнонаукової фізико-математичної галузі знань, не однієї в своєму існуванні, тому вплив інших предметних галузей на формування її змісту є вагомим. Аналіз знань, набутих у різних предметних галузях дає підстави стверджувати, що їх накопичення відбувається переважно шляхом збільшення обсягу нових і нових часткових явищ, нових часткових залежностей, основа ж є інтегрованою – спільною, проте, з погляду дидактики, добір нових знань до змісту навчальної дисципліни має бути обґрунтованим.

Під час дослідження дидактичних аспектів розвитку природничої освіти Л. Я. Зоріна визначила фундаментальність як «переливання» наукового матеріалу з великої «посудини науки» в малу – навчальний предмет, при цьому побудова змісту навчання на фундаментальному знанні дає змогу уникнути перевантаження навчальних програм [142].

У межах знаннєвої парадигми *принцип фундаментальності освіти* є певною спрямованістю навчання на заглиблену теоретичну, загальноосвітню, загальнонаукову, загальнопрофесійну підготовку учнів або студентів, у

професійній освіті передбачає розширення профілю професійної підготовки. Тенденції фундаменталізації освіти визначено її перетворенням на підґрунтя матеріальної, духовної і практичної діяльності людини.

З погляду нової освітньої парадигми принцип фундаментальності вимагає перегляду всієї системи знань про світ, людину і суспільство. Як зазначає З. І. Слєпкань, «...у певному розумінні доведеться повернутися, хоч і на вищому етапі еволюції знань, до цілісного знання, єдиної картини світу... забезпечити фундаментальність освіти, ґрунтуючись на єдності її природонаукового і гуманітарного складників» [398, с. 21].

У дослідженні А. І. Субетто фундаментальність теж розглянуто в ранзі нової парадигми та принципів сучасної освіти. На його думку, принцип фундаментальності освіти має реалізуватися в інтегративній єдності з іншими дидактичними принципами: неперервності фундаментальної освіти в інтеграції з принципами наступності; універсалізації, як принципу універсалізації людини в подоланні кризи «окремої людини»; проблемно орієнтованого, універсального, енциклопедичного професіоналізму з посиленням ролі методологічного знання фахівців [413].

За твердженням С. У. Гончаренка для кваліфікації навчальної дисципліни як фундаментальної, загальноосвітньої або професійної важливо знати об'єктивне визначення понять «фундаментальна наука», «фундаментальна дисципліна». Поки що такого загальноприйнятого тлумачення немає. Як вихідне, можна взяти таке: до групи фундаментальних наук належать науки, чії основні означення, поняття і закони первинні, не є наслідком інших наук, які безпосередньо віддзеркалюють, систематизують, синтезують у закони і закономірності факти, явища природи або суспільства. Це означення дає змогу ранжувати навчальні дисципліни й приділяти їм відповідну увагу... Нова парадигма освіти виходить з того, що проблему її фундаменталізації вдається розв'язати лише на шляху забезпечення цілісності освіти, глибинну потребу в якій зумовлено інтересами розвитку особистості... Завдання фундаментальної освіти – забезпечити оптимальні умови для взаємодії різних типів мислення і

створити внутрішню потребу в саморозвитку й самоосвіті протягом усього життя людини [99, с. 4–5].

Принцип фундаменталізації для дидактики фізики завжди був провідним, утім нині погляди на фундаменталізацію фізичної освіти значно розширено. Зокрема О. В. Сергєєв у фундаменталізації вбачає потребу... навчати майбутнього вчителя швидко адаптуватися в мінливих ситуаціях... посилення взаємозв'язків теоретичної й практичної підготовки майбутнього вчителя до педагогічної діяльності; на формування цілісної наукової картини навколишнього світу, на індивідуально-професійний розвиток студента, що в єдності забезпечує високу якість освіти [383].

З погляду професійно орієнтованої функції фундаменталізації освіти М. О. Чіталін розмежовує три напрями: 1) визначення змісту навчального предмета з урахуванням його особливостей; 2) наступності та теоретичного узагальнення базових навчальних елементів; 3) психологічних і педагогічних особливостей сприйняття, засвоєння, застосування, аналізу й синтезу навчального матеріалу суб'єктом навчання [460].

Упровадження сучасних ідей фундаменталізації змісту навчання інформатики як навчальної дисципліни у ВНЗ виявляється в практичних кроках їх реалізації, здійснених С. О. Семеріковим: 1) освоєння сучасних галузей науки на основі виявлення генезису базових навчальних елементів і способів діяльності суб'єктів навчального процесу; 2) наступність змістових ліній дисциплін і варіативність способів розв'язування навчальних та практичних завдань на рівні міждисциплінарних взаємозв'язків; 3) створення умов (психологічних, педагогічних, організаційно-методичних, матеріально-технічних) для розвитку пошукової і творчої активності студентів для розв'язування навчальних і професійно зорієнтованих завдань [376].

Ефективність засвоєння змісту на основі цієї концепції можна визначити шляхом вимірювання за рівнями: а) засвоєння базового знання; б) засвоєння фундаментального знання; в) розвитку загальнонавчальних і професійних умінь, творчої активності студентів; г) розвитку особистісних якостей та

інтересів студентів: інтелектуальних, мотиваційних; д) професійної ідентичності особистості: професійна самооцінка, задоволеність професією, взаєминами, рівень тривожності тощо; е) соціалізації й взаємодії в процесі професійної діяльності [376].

Фундаменталізацію змісту навчання ММФ у циклі дисциплін професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики вважаємо визначення не лише стійкого (інваріантного) ядра змісту математичної фізики, а й показника інтегративності навчальних дисциплін через наступність у розгортанні їхнього змісту й структури з урахуванням процесуального професійно зорієнтованого складника навчання, тобто *досягнення не паралельного співіснування, а органічного міждисциплінарного синтезу* в межах концепції цілісності освіти.

За словами О. А. Коновала, метою фундаменталізації фізичної освіти є виконання нею цілей навчання, що реалізується в організованій цілеспрямованій педагогічній діяльності студентів і викладачів, яка забезпечує реалізацію її функцій: методологічної, професійно орієнтованої, розвивальної, прогностичної, інтегративної: можливість використання методологічно важливих та інваріантних знань, потрібних для професійної діяльності майбутніх учителів фізики (*методологічна функція*); проникнення фізичної освіти в практичну діяльність (*професійно-орієнтувальна функція*); розвиток пізнавальної активності та самостійності студентів (*розвивальна функція*); розвиток методичних систем навчання фізичних дисциплін з урахуванням перспектив їхнього розвитку (*прогностична функція*); системність засвоєння фізичних дисциплін на основі глибокого розуміння сучасних проблем теоретичної фізики (*інтегративна функція*) [178].

Під час реалізації принципу фундаменталізації в навчанні ММФ слід ураховувати цілі та виконувати ті його дидактичні функції, які покладаються на цей процес, що забезпечують засвоєння не лише найбільш істотних, фундаментальних, стійких і довготривалих знань, але й тих, які є основою цілісного сприйняття сучасної наукової фізичної картини світу. З погляду на це можна встановити зв'язок між фундаментальними знаннями, які утворюють

основу вивчення дисципліни, та знаннями, що дають змогу на змістовому й технологічному рівнях забезпечити організацію навчальної діяльності з фізики. З цього погляду *концепцію фундаментальності змісту* для вищої освіти можна вважати *системоутворювальною*, а *фундаментальність процесу навчання* – одним з пріоритетних напрямів реформування системи вищої освіти.

Розширюючи погляди на фундаменталізацію професійної підготовки майбутніх фахівців, І. Л. Холодовська зазначає, що цей процес «... має передбачати не лише теоретичні основи дисциплін, що вивчаються у ВНЗ, але й озброєння студентів *надпредметними*, тобто *методологічними* знаннями, формування їхньої методологічної культури, що дозволить усвідомлено реалізувати свободу вибору оптимального варіанта змісту й технології власної діяльності» [451].

Аналізовані дослідження, у яких розглянуто оптимізацію освітнього процесу на засадах його фундаменталізації засвідчують, що цей принцип передусім пов'язано з формуванням змісту освіти. Нині створено три основні концепції фундаменталізації змісту освіти (за В. В. Краєвським): *сцієнтична*, *холістична й культурологічна* [191].

Підґрунтям *сцієнтичної концепції* є абсолютизація ролі науки у формуванні культури людини, тому змістом навчання ММФ майбутніх учителів і викладачів фізики повинні стати педагогічно адаптовані основи наук – математичної та теоретичної фізики. У цій концепції наукове знання визнано найвищою культурною цінністю, однак характер знань і вмінь, які потрібно сформувавши в студента, не розкрито, що є досить, на нашу думку, суперечливим. Така абсолютизація – це однобічне й звужене сприйняття культурних цінностей людства, нівелювання процесів формування і розвитку особистісних якостей студентів, зокрема здатності до самоосвітнього розвитку та творчості, які є невіддільними складниками змісту фундаментальної освіти.

Нову освітню парадигму та багаторівневність вищої освіти спрямовано на розв'язання зазначеної проблеми через диференціацію навчальних дисциплін у варіативному складнику ОПП підготовки бакалаврів, спеціалістів і магістрів.

Зокрема для педагогічної спеціальності «Фізика» передбачено можливість створення початкових дисциплін інтегративного змісту, з-поміж яких «Вибрані питання загальної фізики», «Вибрані питання теоретичної фізики» та низка спецкурсів за вибором.

Водночас з огляду на сциєнтичну концепцію система трьох взаємозумовлених фахових наукових дисциплін – математичної, теоретичної та експериментальної фізики – потребує уточнення теоретичних та методичних засад інтегрованого підходу до навчання ММФ. До того ж слід ураховувати, що виникають серйозні об'єктивні перешкоди для педагогічної адаптації сучасних наукових досягнень і відкриттів до навчальних умов.

Холістична (цілісна) концепція передбачає, що сукупність знань, умінь і навичок студентів є метою формування та розвитку різнобічної особистості. Холістичність фундаментальної освіти традиційно сприймається як більш поглиблена підготовка з основоположних галузей науки, що відбувається в унісон із знанневою парадигмою освіти. Вада холістичного підходу полягає в тому, що сформуванню в межах невеликої за обсягом годин навчальної дисципліни ґрунтовні теоретичні знання з ММФ, накопичені математичною фізикою, є нездійсненим завданням.

Фундаментальність освіти в холістичній концепції досягається на основі організації й цілісної єдності природничо-математичного та гуманітарного складника з міждисциплінарною інтеграцією зв'язків, холістичним світорозумінням, світосприйняттям та світоглядом. Пошук шляхів поєднання основоположних гуманітарних та природничо-математичних знань є порівняно новим поглядом на проблему, тому потребує розв'язання питання про те, які дисципліни в такій взаємодії слід уважати фундаментальними. За традиційною ієрархією взаємозв'язків навчальних дисциплін у процесі підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики розмежовують три складники: психолого-педагогічний – інваріантний; фізико-математичний – варіативний; методичний – спеціальний.

Культурологічна концепція презентує зміст освіти як педагогічно

адаптований соціальний досвід людства, тотожний його культурі в усій структурній повноті. У працях Л. С. Йолгіної зазначено, що не тільки знання й досвід репродуктивної та продуктивної діяльності визначають зміст освіти, але й досвід творчої діяльності, емоційно-ціннісних відносин особистості. Фундаменталізація освіти передбачає все більшу її зорієнтованість на вивчення фундаментальних законів природи і суспільства, призначення людини. Саме це спонукає людину до самостійних пошуків розв'язання проблем в умовах невизначеності, у критичних і стресових ситуаціях, а також у тих випадках, коли виявляються нові дуже складні природні й соціальні явища [119]. Культурологічна концепція ще більше розширює горизонти нашого світосприйняття, що досить актуально для компетентнісної моделі освіти, проте вироблення механізмів її застосування в навчальному процесі залишається глобальною проблемою.

На нашу думку, важливо збалансовано поєднувати окреслені концепції змісту освіти та шукати методичні шляхи такого поєднання. Очевидно, що в межах лише знаннєвої парадигми не можна розв'язати цю проблему, проте зміщення акцентів на вищі щаблі компетентнісної освіти із зосередженням на ключових компетенціях то може спричинити втрату головного – змісту освіти.

Міждисциплінарна інтеграція та міждисциплінарні зв'язки дисциплін ПП майбутніх учителів і викладачів фізики потребують детального вивчення. Окрім того, важливим є визначення фундаментальності професійної освіти студентів, що ускладнює вибір теоретичної основи МСН ММФ, оскільки кожна дисципліна має специфіку предметного змісту. Фундаменталізація змісту навчання ММФ можлива в процесі застосування інтегрованого підходу, який має поєднати переваги знаннєвої, контекстної та компетентнісної парадигм освіти.

Інтегрований підхід має поєднати переваги знаннєвої, контекстної та компетентнісної парадигм освіти щодо фундаменталізації змісту навчання ММФ. Таких напрямів, на нашу думку, є декілька:

Знаннєва парадигма засвідчує, що фундаменталізація змісту навчання ММФ перебуває в площині проблем теорії та методики навчання математики,

предметної галузі математичної фізики – прикладної математики.

Контекстне навчання має забезпечити в навчальній діяльності контекст майбутньої професії фахівця. З огляду на це фундаменталізація змісту навчання ММФ можлива в трьох напрямках: 1) якщо фундаментальною дисципліною обрати фізику, то проблему можна розв'язати теорією та методикою навчання фізики; 2) якщо фундаментальними вважати психолого-педагогічні дисципліни, тоді проблему розв'язує теорія і методика професійної освіти; 3) якщо фундаментальними обрати ті дисципліни, що досліджують соціальний досвід людства, тотожний його культурі в усій структурній повноті, то питання мають розв'язувати філософські науки, що є традиційним поглядом на проблему.

Як бачимо міждисциплінарна інтеграція не розв'язує окресленої проблеми через невизначеність, а точніше неконкретизованість.

З погляду компетентнісної парадигми можна визначити, що проблема фундаменталізації змісту навчання ММФ перебуває в площині міждисциплінарної інтеграції циклу дисциплін ПП майбутніх учителів і викладачів фізики і контекстної (щодо фізики) спрямованості навчання та потребує подальшого дослідження в кожному з визначених напрямках або комплексному їх поєднанні.

Однією з відомих концепцій фундаментальності освіти щодо реалізації компетентнісного підходу в математичній освіті є концепція В. О. Тестова. Під *фундаментальністю освіти* вчений розуміє *спрямованість змісту* освіти на *методологічно важливі*, тривалий час не змінні інваріантні елементи людської культури, що сприяють ініціалізації, розвитку та реалізації творчого потенціалу студентів, забезпечуючи якісно новий рівень їхньої внутрішньої інтелектуальної й емоційно-етичної культури, внутрішньої потреби в саморозвитку й самоосвіті впродовж усього життя, сприяючи адаптації особистості в швидко мінливих соціально-економічних і технологічних умовах [425].

З культурологічних позицій фундаментальності математичної освіти така характеристика не претендує на логічне визначення. Учений пояснює, що «... в постнекласичній науці ситуація докорінно змінилася: вочевидь є зрозумілим,

що одним із способів формулювання поняття більш адекватно до складної, динамічної, невизначеної реальності є перехід від чітких, визначених понять до менш чітких. Потреба розгляду таких нечітких понять з «розмитим» набором ознак, що мають велику кількість ступенів вільностей свого застосування, криється не стільки в недостатній принциповості людського розуму, скільки в складності самого світу... Нестрогі та нечіткі поняття аж ніяк не применшені, аніж строгі й є ефективним засобом пізнання складних динамічних систем. Прикладом застосування точних понять і міркувань для інших наук упродовж багатьох років була математика, але й у ній останнім часом почали з'являтися нові розділи та побудовані логічні теорії на основі неточних, «розмитих» понять, багатозначної логіки, нечітких відношень нечітких множин. Слід зазначити, що йдеться про моделі, покликані більш адекватно віддзеркалювати об'єктивну сутність реального світу. Таким «розмитим», нечітким поняттям є поняття фундаментальності освіти. Нечіткість цього поняття, варіативність його застосування не заважає, а навпаки, сприяє урахуванню багатьох аспектів підготовки людини, здатної на основі отриманих знань самостійно знаходити і приймати важливі рішення в умовах невизначеності, стикаючись з новими, складними природними і соціальними проблемами» [427, с. 5–6].

Отже, розуміння принципу фундаменталізації з погляду компетентнісної парадигми розвитку освіти значно розширилося завдяки декільком причинам:

По-перше, через стрімке зростання наукової інформації фундаменталізація повинна забезпечити універсальне, системоутворювальне, тривалий час незмінне (інваріантне) знання, сприяти його відбору з величезного обсягу нової наукової інформації. У межах знаннєвої парадигми – це нездійсненне завдання, тому важливим є пошук шляхів розв'язання цієї проблеми на рівні універсальних надпредметних знань, до яких належать методологічні. Майбутній учитель і викладач фізики має отримати з кожної дисципліни, зокрема й ММФ, справді фундаментальну підготовку, яка б задовольняла його освітні потреби в професійній діяльності, професійної мобільності тощо. Професійна мобільність передбачає те, що студент на засадах додаткового навчання здатен легко

адаптуватись у нових професійних умовах, засвоювати нові принципи роботи, нову техніку та технології, виконувати нові професійно значущі функції тощо. Для цього важливо сформувати фундаментальне ядро знань і уявлень не лише з фахової наукової дисципліни – математичної фізики, але й універсальних методологічних компетентностей, спільних для циклу дисциплін ПП майбутніх учителів і викладачів фізики. Розв'язання проблеми ми вбачаємо в пошуку інтегративних чинників такої міждисциплінарної інтеграції (див. п. 2.2) через взаємозумовленість та взаємодоповнюваність математичних, теоретичних та емпіричних методів пізнання природи. Узагальнення знань за методологічною ознакою є об'єктивним критерієм фундаменталізації змісту навчання ММФ.

По-друге, потрібно враховувати психофізичні особливості студента, який не може тривалий час перебувати в розумовому напруженні через потребу опрацювання величезного обсягу навчальної інформації в спробах реалізації комплексних підходів лише на рівні міждисциплінарних зв'язків, що також знецінює традиційні погляди на навчання ММФ.

По-третє, на основі компетентнісної парадигми освіти вважаємо, що базова фізико-математична підготовка майбутніх учителів і викладачів фізики є підґрунтям для їхнього професійного розвитку та професійної мобільності в майбутньому.

Нині будь-яку професійну діяльність людей майже в усіх галузях знань насичено позапрофесійними або надпрофесійними компонентами: умінням інтерпретації й аналізу результатів; умінням користуватися комп'ютерною технікою, базами та банками даних; володіння іноземними мовами та ін. Ці компоненти представлено в загальнопрофесійній підготовці фахівців, проте навчити студентів на все життя неможливо, важливо виробити в них уміння вчитися, мислити нестандартно, критично ставитися до інформації, проводити її через свою внутрішню опозицію і визначати істину.

Важливість фундаменталізації як дидактичного принципу в компетентнісній моделі ПП майбутніх учителів і викладачів фізики дає змогу виокремити сім концептуальних засад щодо побудови змісту навчання ММФ (табл. 2.1).

Концептуальні засади фундаменталізації змісту навчання математичних методів фізики у педагогічних університетах

№ з/п	Концептуальне положення
1.	Засвоєння математичної фізики на класичному, некласичному та постнекласичному етапах її розвитку для з'ясування генезису базових навчальних елементів і способів діяльності студентів з урахуванням дидактичних вимог до подання різних видів занять, підпорядкованих можливостей студентів, мотиваційних факторів щодо вивчення ММФ
2.	Визначення змісту навчання ММФ з урахуванням теоретичних основ математичної фізики та її прикладної спрямованості щодо теоретичної фізики
3.	Проектування процесу формування понять: а) класичних розділів математичної фізики як однорідного, що вимагає дотримання логіки розгортання навчального матеріалу, за якого математичний рівень узагальнень передує теоретичному узагальненню фізичних знань; б) некласичних та постнекласичних розділів математичної фізики як внутрішньо не однорідного, в навчанні якого не обов'язково дотримуватися логіки розгортання навчальної дисципліни, за якою математичний рівень узагальнень передує теоретичному узагальненню фізичних знань
4.	Забезпечення наступності змістових ліній та теоретичних узагальнень базових навчальних елементів з урахуванням прикладної спрямованості й варіативності способів розв'язування навчальних та практичних завдань на рівні міждисциплінарних взаємозв'язків ММФ і теоретичної фізики
5.	Урахування єдності наочного та психологічного аспектів процесу змістового узагальнення суб'єктів навчання, особливостей абстрактно-логічного, теоретичного, критичного й інших типів мислення та зорієнтованості на теоретичний рівень узагальнення в розвитку мислення
6.	Окреслення змістових ліній узагальнення методологічних компетенцій, що сприяють розвитку методологічної культури студентів, ініціалізації, розвитку та реалізації їх творчого потенціалу, а також усвідомленого підходу до реалізації свободи вибору оптимального варіанту змісту й технології навчання ММФ та стимулюванню внутрішньої потреби в подальшому саморозвитку й самоосвіті
7.	Створення психологічних, педагогічних, організаційно-методичних, матеріально-технічних, ергономічних умов для розвитку дослідницько-пошукової та творчої активності студентів під час розв'язування професійно зорієнтованих завдань контекстного змісту

Ефективність засвоєння фундаментальних знань і умінь студентами має визначатися в термінах оцінювання результатів навчання за предметним,

фундаментальним, загальнопрофесійним і особистісним рівнями їхньої сформованості (табл. 2.2).

Таблиця 2.2.

Рівні сформованості знань і вмінь студентів з погляду фундаменталізації змісту навчання математичних методів фізики

Назва рівня	Характеристика рівня
<i>Предметний</i>	Засвоєння базового знання з математичної фізики
<i>Фундаментальний</i>	Засвоєння інтегрованого за методологічною ознакою (математичне моделювання) фундаментального знання (щодо універсальності математичних методів фізики, єдності теоретичного й емпіричного в пізнанні природи, об'єктивності емпіричних законів і принципів фізики)
<i>Загальнопрофесійний</i>	Розвиток навчальних і професійних умінь, теоретичного мислення, творчої активності в структурі навчально-пізнавальній діяльності з теоретичної фізики
<i>Особистісний</i>	Розвиток особистісних якостей та інтересів студентів: мотиваційних, інтелектуальних, етичних; поведінкових, ідентифікаційних якостей: професійної самооцінки, задоволеності професією, взаєминами тощо; комунікативних, соціалізації й взаємодії в процесі професійної діяльності: світоглядних і громадських якості особи та інші компетенції

Підсумовуючи, вважаємо наголосити, що принцип фундаменталізації передбачає передусім визначення змісту навчання, спрямованого на формування в студентів інваріантних, усталених знань, умінь й інших компетенцій. Спрямованість на формування особистісних якостей студентів є порівняно новим поглядом на проблему підвищення якості професійної підготовки фахівців і слід розуміти, що кожна із компетенцій майбутнього вчителя та викладача фізики є складовою цілісного особистісного утворення – професійної компетенції, яка має «не лише когнітивні і операційно-технологічний складники, але й мотиваційний, етичний, соціальний та поведінковий» [439, с. 176].

Для формування здатності студентів реалізовувати здобуті знання, вміння й інші компетенції в професійній діяльності потрібна їх інтегрована та динамічна комбінація, що формується в процесі навчально-пізнавальної діяльності.

Отже *фундаменталізація* забезпечує формування в студентів довготривалої

системи фундаментальних знань і вмінь з математичних методів фізики, які забезпечують здатність майбутніх учителів і викладачів фізики використовувати набуті знання і вміння в подальшій навчальній та професійній діяльності.

Окрім фундаменталізації, у ВНЗ різного профілю завжди актуальний *принцип професійної спрямованості навчання*. Осучасненого вигляду він набув у 80-х рр. ХХ ст. і мав на меті підвищення якості загальнонаукової підготовки в системі вищої професійно-технічної освіти. До цього моменту одним з основних принципів вищої професійної освіти був *принцип зв'язку навчання з практикою*, який розуміли як зв'язок навчання з майбутньою професійною діяльністю або як «різновид міжпредметних зв'язків між загальноосвітніми, загальнотехнічними, фундаментальними дисциплінами та практичним виробничим навчанням і як застосування загальноосвітніх і загальнотехнічних знань у певній галузі професійної підготовки... спрямованість особистості на трудову діяльність, конкретну професію» [337]. Згодом цей принцип набув особливого значення, незважаючи на те, хоча за оновленим змістом виходив за межі знаннєвої парадигми.

Теоретичну основу принципу професійної спрямованості обґрунтовано педагогічною психологією і пов'язано з дефініцією «професійна спрямованість особистості» (деякі підходи представлено в табл. 2.3). Аналіз таблиці засвідчує, що професійна спрямованість особистості характеризує її мотиви, емоції, світоглядне ставлення передусім до професійної діяльності.

Таблиця 2.3

Підходи до визначення професійної спрямованості особистості

Автори	Варіант визначення (фрагмент)
Н. В. Кузьміна [197]	інтерес і нахили до професії... властивість, що інтегрує цілі, спонукальні мотиви, емоційне ставлення до діяльності
А. Р. Мусалаєва [252]	установка на розвиток особистості відповідно до вимог діяльності, що супроводжує все свідоме життя суб'єкта праці ... як фіксований на певному віковому етапі рівень цілісного процесу становлення особистості спеціаліста
А. П. Сейтешев [374]	складне утворення, що об'єднує предметний зміст, світогляд і певні динамічні властивості
В. А. Сластьонін [397]	усвідомлена, емоційно виражена зорієнтованість особистості на певний тип і вид професійної діяльності

Наприкінці 1980-х рр. склалося системне бачення професійної спрямованості навчання у ВНЗ, яке є близьким до його сучасного розуміння та полягає в тому, що в процесі навчання потрібно моделювати контекст майбутньої професійної діяльності. З дидактичних позицій професійну спрямованість навчання спочатку розглядали на рівні дидактичного підходу до розроблення навчальної дисципліни (З. О. Решетова, С. А. Баляєва [356]), згодом – як концепцію контекстного навчання (А. О. Вербицький [65]). У сучасному баченні – це поєднання фундаменталізації та професіоналізації (С. А. Баляєва [23]).

За твердженням А. О. Вербицького, професійна спрямованість є *знаково-контекстним* (контекстним) навчанням [65]. *Метою діяльності студента* в контекстному навчанні є не засвоєння системи інформації й основи наук, а формування здібностей до виконання професійної діяльності. Інформація посідає структурне місце мети діяльності студента лише до певного моменту, а потім повинна отримати розвинену практику застосування.

Основною одиницею роботи студента та викладача в контекстному навчанні є не «порція інформації», а ситуація предметної та соціальної невизначеності й суперечності. Система проблемних ситуацій дозволяє розгорнути діалектично суперечливий зміст навчання в динаміці, забезпечує об'єктивні передумови формування теоретичного та практичного професійного мислення.

Змістом контекстного навчання є не лише предметний бік майбутньої професійної діяльності, сформований системою навчальних завдань, моделей і ситуацій, а також її соціальна значущість, відтворена різними формами діяльності та спілкування. Студент засвоює предметний зміст навчання (*знання, уміння, навички, досвід професійної діяльності*), посідає певну позицію в системі взаємодії учасників освітнього процесу, дотримується прийнятих норм соціальних стосунків, щоб мати змогу виявити активність і виховуватись як особистість.

Зміст контекстного навчання, за твердженням А. О. Вербицького, повинен проектуватися як предмет навчальної, квазіпрофесійної та навчально-професійної діяльності з урахуванням таких принципів: *семіотичних* для організації знакової

інформації; *психолого-дидактичних*, що віддзеркалюють закономірність засвоєння знань; *наукових*, які забезпечують засвоєння фундаментальних навчальних дисциплін; *професійних*, що віддзеркалюють модель фахівця й зумовлюють змістовний контекст роботи із знаковою інформацією [65].

З переходом від однієї базової форми організації діяльності до іншої та наближенням до закінчення навчання студенти здобувають розвинену практику застосування засвоєваних знань: знання опановують не заради успішного складання іспитів, а для задоволення пізнавальних і професійних мотивів та інтересів. У контекстному навчанні перехід від навчальної діяльності до професійної забезпечується поступовою трансформацією мотивів з навчальних у професійні.

Згодом А. О. Вербицький та його наукова школа розширили *контекстний підхід* й створили психолого-педагогічну *теорію контекстного навчання*. Зокрема принцип *професійної спрямованості* навчання уточнено та деталізовано такими *принципами*: психолого-педагогічне забезпечення особистісного залучення студента до навчальної діяльності; послідовне моделювання в ній контексту професійної діяльності; проблемність змісту та його розгортання; адекватність форм навчальної діяльності цілям і змісту навчання; провідна роль спільної діяльності суб'єктів навчального процесу; обґрунтування поєднання нових і традиційних технологій навчання; єдність навчання та виховання особистості професіонала [64].

Вищезазначені принципи професійної спрямованості засвідчують, що зміст навчального матеріалу, форми, методи і засоби навчання майбутніх учителів і викладачів фізики ММФ мають відповідати системній логіці побудови тих навчальних дисциплін, теоретичною основою яких є стандартні моделі математичної фізики, і моделювати пізнавальні та практичні завдання, пов'язані з подальшою навчальною та професійною діяльністю студентів. Такими дисциплінами є теоретична фізика, вибрані питання теоретичної фізики, фізика твердого тіла й ін. Курс загальної фізики потребує математичної підготовки студентів на рівні загальнопрофесійних умінь, методика навчання

фізики – адаптації математичних компетенцій з фізики для професійної діяльності фахівця, що зумовлено специфікою цих навчальних дисциплін.

Професійна спрямованість навчання майбутніх учителів і викладачів фізики ММФ передбачає, що навчальна діяльність студентів повинна мати контекст навчально-пізнавальної діяльності з теоретичної фізики або професійної діяльності фахівця, а це означає: *по-перше*, віддзеркалення в змісті навчальної дисципліни «Математичні методи фізики» професійно значущих аспектів курсу теоретичної фізики, які забезпечують зв'язок ММФ з прикладними моделями теоретичної фізики на рівні теоретичних узагальнень навчального матеріалу, наповнюючи навчання особистісним сенсом, важливим для майбутньої професії; *по-друге*, професійна спрямованість передбачає організацію квазіпрофесійної діяльності для застосування ММФ у структурі навчально-пізнавальній діяльності з теоретичної фізики та професійній діяльності фахівця. Отже, контекстна спрямованість навчання ММФ забезпечує один з основних структурних елементів змісту навчання – досвід здійснення емоційно-ціннісних відношень у формі особистісних орієнтацій студента, сприяючи підвищенню якості навчання, формуванню й розвитку математичної компетентності з фізики, що характеризує їх готовність і здатність суб'єкта навчання застосовувати ММФ у навчальній та професійній діяльності.

На нашу думку, принцип професійної спрямованості навчання забезпечує зв'язок змістового компонента МСН ММФ з процесуальним, що потрібно конкретизувати на рівні *педагогічних умов*: по-перше, це наявність у студентів суб'єктного досвіду математичного моделювання фізичних систем на рівні теоретичних узагальнень; по-друге, уміння здійснювати математичний аналіз фізичних явищ і процесів на рівні емпіричних узагальнень. Цей досвід можна здобути в структурі навчально-пізнавальної діяльності з фізики, зокрема в процесі розв'язування навчально-пізнавальних задач та завдань контекстного змісту.

Структура навчально-пізнавальної діяльності з ММФ потребує врахування психофізичних особливостей передовсім студентської молоді, а також контексту професійної діяльності майбутніх учителів і викладачів фізики для

розв'язання практико-орієнтованих проблем. Відтак можна стверджувати, що в процесі контекстного навчання виробляються навички застосування знань на практиці, що сприяє формуванню МКФ.

Важливо відзначити, що надмірна професіоналізація навчально-пізнавальної діяльності студентів з ММФ суперечить принципу фундаменталізації, тому слід уникати уривчастих, фрагментарних відомостей, опосередкованих до змісту навчання тих дисциплін, що вивчаються на старших курсах, оскільки студенти не мають досвіду і знанневої бази для сприйняття таких прикладів.

Подолання зазначеної суперечності ми вбачаємо в можливостях інтеграційного підходу до навчання ММФ в циклі дисциплін професійної та практичної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики.

2.2. Інтеграція та диференціація навчання математичних методів фізики майбутніх учителів і викладачів фізики

Нині поняття «інтеграція», «інтегративний підхід», «інтегрований підхід» міцно закріпилися в дидактиці фізики, тому потребу застосування інтегрованого підходу до навчання ММФ пов'язано із з'ясуванням питання про роль цієї інтегрованої дисципліни в циклі дисциплін професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики.

На рівні дефініції термін «інтеграція» походить від латинського «*integratio*» – «повний», «цілий». Новий тлумачний словник української мови визначає інтеграцію як об'єднання чого-небудь у єдине ціле [257, с. 793]. Це загальне твердження, яке пояснює інтеграцію в будь-чому. Аналогічне формулювання знаходимо в словнику іноземних слів, де «інтеграція» тлумачиться як об'єднання розрізнених частин у єдине загальне ціле, що стосується різних сфер життя й уживається в різних науках [102, с. 453]. Філософський енциклопедичний словник визначає інтеграцію як певну рису процесу розвитку, який пов'язано з об'єднанням у єдине ціле різнорідних частин та елементів [433, с. 625].

Отже, *інтеграція* трактується як зв'язок між різними етапами або ступенями розвитку, сутність якого полягає в збереженні тих чи тих елементів цілого або окремих його рис у процесі переходу від одного етапу до іншого, у зв'язку між явищами під час розвитку в природі, суспільстві та пізнанні, коли нове, змінюючи старе, зберігає деякі його елементи.

У мовознавстві відіменникові прикметники інтегративний – інтеграційний і віддієслівні інтегрований – інтегрувальний мають різні значення й різну лексичну сполучуваність. Зокрема Т. А. Коць зазначає, що слова інтегративний та інтеграційний не диференціювали завжди. Лексичне значення, закріплене за словом інтеграційний, – той, що стосується інтеграції, об'єднувальний – виявляється також у слові інтегративний. Сучасна мовна практика засвідчує розрізнення цих слів, тому спостерігається формування характерної й відмінної для кожного з них лексичної сполучуваності. *Інтеграційний* зберігає семантику *об'єднання частин у ціле* і вживається в словосполученнях: інтеграційний процес, інтеграційна роль, інтеграційне угруповання. *Інтегративний* позначає суцільний, цілісний предмет або явище: інтегративна свідомість, інтегративна функція, інтегративна інформація, інтегративно-синтетичні тенденції. Віддієслівний прикметник *інтегрований* уживається зі значенням *«комплексний, той, що ґрунтується на об'єднанні, тобто той, якого інтегрували, який зазнав дії інтегрування»* [187].

У своєму дослідженні ми будемо вживати слова «інтеграція», «інтеграційний», «інтегративний», «інтегрований» за сформульованим у мовознавстві призначенням.

Аналіз наукових праць багатьох відомих учених-педагогів дає змогу зазначити, що інтеграційні процеси стають неминучим явищем у сучасній педагогіці і дидактиці фізики. Інтеграцію в дидактиці фізики тлумачать як один із *методів освіти*, який передбачає зв'язок і узгодженість у цілях, змісті, організаційно-методичному забезпеченні етапів освіти, які межують один з одним (О. В. Сергєєв) [382]. Ідея синтезу та інтеграції психолого-педагогічних знань є головною умовою формування цілісної теорії навчання й виховання. У

багатьох працях (Т. Г. Браже [46], І. М. Козловської [169], В. К. Сидоренка [356], С. Л. Рубінштейна [358] та ін.) інтеграцію розглянуто як важливу умову підвищення ефективності навчально-виховного процесу.

Сучасні теоретичні розвідки засвідчують лідерство інтеграції, що виявляється в зростанні системності й комплексності, у підсиленні впорядкованості наукового знання, у закріпленні єдності усієї цілісної наукової системи. У процесі інтеграції наук відбувається концентрація інформації, зумовлена цілеспрямованим характером виробничо-практичної діяльності людини, зростанням її потреб, а також логікою розвитку самої науки, зокрема впливом швидкого збільшення нової наукової інформації. Оновлення методів і засобів пізнання уможлиблює впорядкування та систематизацію кожної галузі окремо і науки загалом. За твердженням О. В. Сергєєва, «...структура інтеграції науки є найскладнішою ієрархією інтеграції різноманітних елементів і рівнів, видів та типів, напрямів та загальних тенденцій (закономірностей)» [382, с. 136].

Інтеграційний підхід до навчання фізики вчений органічно пов'язує з основними *функціями*, які виконує інтеграція в розвитку сучасної дидактики фізики: *гносеологічною, логіко-методологічною, організаційно-інформаційною, неентропійною* (зменшення ентропії), *евристично-прогнозувальної, соціальною* тощо, а зростання потужності (глибини, охоплення) інтеграційного процесу навчання фізики пояснює розширенням пов'язаного з ним діалектично процесу *диференціації* педагогічної науки. З огляду на це зазначимо, що з розширенням сфери охоплюваних явищ та глибшим проникненням у їхню сутність за допомогою більш загальних понять і законів, теорій та картин світу (загальна теорія відносності, квантова механіка, кібернетика, фізична картина світу) ці явища стають простішими й економнішими й зростає їхня інтегративна роль. Зокрема інтегративна потужність фізичної картини світу значно більша, ніж будь-якої окремої фізичної теорії [382].

Дослідження проблеми дієздатності законів і закономірностей дидактики дало змогу І. М. Козловській визначити *закони інтеграції знань* (корелятивності, імперативності та доповнюваності) *та їхні наслідки*.

Відповідно до *закону корелятивності* елементи інтеграції повинні мати властивості, які забезпечують їхню здатність до *узгодженої* взаємодії. Об'єктами інтеграції знань можуть виступати поняття, теми, навчальні курси, проте базовою є інтеграція понять. Аналізуючи закон корелятивності, учена формулює низку положень, через які виявляється його дія в структуруванні знань, зокрема: елементи інтеграції повинні бути достатньо однорідними, щоб зберегти здатність до взаємодії, і достатньо різнорідними, щоб запобігти їх синтезу; елементи інтеграції повинні мати певні критичні (порогові) значення, за умови яких їхня взаємодія є ефективною; взаємодія суто предметних знань спричиняє підсумування цих знань, оскільки не забезпечує їх якісних перетворень, а взаємодія проблемних (різнорідних) знань породжує нові знання [169].

Застосування положень закону корелятивності до навчання ММФ майбутніх учителів і викладачів фізики, дозволило нам установити, що зміст навчання ММФ не можна розглядати як просте сумування знань з різних галузей (математики, фізики, методології). Інтегративний характер ММФ виявляється в специфіці предмету пізнання і проблемах дослідження математичної фізики, які відрізняються від характерних для кожної із зазначених наук.

Теорія математичних моделей фізичних явищ, перебуваючи на стику цих наук, займає особливе місце і в математиці, й у фізиці. Математичні й фізичні знання є достатньо однорідними, проте з погляду математичного моделювання вони зберігають здатність до взаємодії й водночас є достатньо різнорідними щодо їх синтезу. Елементи такої інтеграції мають певні критичні значення, які сприяють вияву ефективності їхньої взаємодії; критерієм істинності математичної фізики є математичне доведення, однак за змістом ця наука є фізичною і будь-який її математичний наслідок слід перевіряти на відповідність у реальних умовах засобами фізичного експерименту.

Математична і теоретична фізика є близькими поняттями, проте між ними виявляється істотна розбіжність. Теоретична фізика на засадах модельних гіпотез, математичних гіпотез або принципів розробляє нові теоретичні моделі

фізичних явищ, які з математичного боку можна вважати задовільними і яких ще не побудовано. У теоретичній фізиці досить часто нехтують математичною строгістю через потребу узгодженості наслідків теорії з умовами їх експериментальної перевірки.

На відміну від суто математичних наук у математичній фізиці на математичному рівні досліджують прикладні задачі теоретичної фізики, зображуючи переважно в вигляді диференціальних рівнянь, результати розв'язування яких подають у вигляді теорем, диференціальних співвідношень, функціональних залежностей математичних полів фізичних величин, таблиць, графіків та ін. Отримані результати набувають фізичної інтерпретації.

Математичні методи фізики як навчальна дисципліна в підготовці майбутніх учителів і викладачів фізики передують вивченню курсу ТФ й належать до циклу дисциплін професійної та практичної підготовки фахівців напряму 6.040203 Фізика*. Курс ММФ має на меті сформувати в студентів цілісне бачення світу, сприяти інтеграції математичних дисциплін циклу природничо-математичної підготовки: математичного аналізу, лінійної алгебри й аналітичної геометрії, основ векторного та тензорного аналізу, диференціальних й інтегральних рівнянь, теорії ймовірностей та математичної статистики – для оволодіння курсом ТФ за різними його розділами: теоретичної механіки, електродинаміки, квантової механіки, термодинаміки і статистичної фізики – у процесі підготовки бакалаврів; вибраних питань теоретичної фізики – під час підготовки спеціалістів; фізики твердого тіла – в підготовці магістрів. Іншими словами, навчання ММФ у процесі професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики є інтеграційним процесом.

Водночас під час навчання майбутніх фахівців ММФ слід зважати й на те, що процес професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики не обмежується засвоєнням лише фізико-математичних знань. Важливо сформувати в студентів здатність до самостійного пошуку інформації, максимально адаптованої до спеціальної професійної діяльності – методичної. Фізико-математична підготовка є базовою для вивчення студентами спеціальної

дисципліни – методики навчання фізики. На думку В. Д. Шарко, «...понятійний апарат методики навчання фізики включає поняття з педагогіки, психології, фізики, методології й свідчить про те, що вони мають однорідний і водночас різнорідний характер, що унеможлиблює їх просте додавання, а зумовлює збагачення інтегрованого знання, яким є методичне» [463, с. 88–89].

Методичний аспект підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики є чи не найголовнішим, оскільки його спрямовано на розв'язання глобальної проблеми – адаптації фізико-математичного базису до практичної площини шкільних умов. На нашу думку, врахування у процесі навчання ММФ особливостей методики навчання фізики загальноосвітньої і вищої школи лише збагачуватимете інтегрований результат професійної підготовки фахівців.

Закон імперативності визначає, що процес є інтеграційним лише тоді, коли виконуються такі *умови*: виникнення якісно нових властивостей у результатах інтеграції, наявність системно-структурованого характеру інтегрованого об'єкта, збереження індивідуальних ознак елементів інтеграції, існування декількох стабільних етапів у створенні інтегрованого об'єкта [169].

Зазначені умови закону імперативності вказують на те, що інтеграція є єдиним процесом взаємодії, де водночас забезпечено системність кінцевого результату процесу інтеграції та збережено індивідуальні властивості елементів інтеграції. У процесі навчання ММФ ознаками системності має набути кінцевий результат, що ґрунтується на онтологічній основі декількох уособлених дисциплін циклу професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики: загальна фізика, математичні методи фізики, теоретична фізика, вибрані питання теоретичної фізики, фізика твердого тіла, методика навчання фізики, історія фізики тощо. На нашу думку, це прогнозовано уможливлуватиме виникнення якісно нових властивостей у результатах інтеграції та водночас сприятиме збереженню індивідуальних ознак елементів інтеграції.

Зокрема математична, теоретична й загальна фізика мають спільний об'єкт дослідження – матеріальні об'єкти, які на певному етапі вивчення замінюють моделями, але досліджують по-різному. Курс математичних методів фізики є

одним із засобів уведення студентів до навчально-пізнавальної діяльності з теоретичної фізики, що визначено інтегрованим змістом математичної і теоретичної фізики. Курс загальної фізики ознайомлює студентів із сучасними методами експериментальної фізики. Курс методики навчання фізики адаптує набуті фізико-математичні знання до площини навчальних дій. Історія фізики, спираючись на культурологічний підхід, ознайомлює студентів з основними досягненнями людства щодо становлення фізики як науки, зміни наукової традиції, суперечливості та динаміки її розвитку.

Закон імперативності має низку наслідків: результатом інтегративного процесу є система; збереження індивідуальних властивостей елементів інтегрованих знань дозволяє структурувати знання за предметним і за проблемним принципом; функціональні залежності між параметрами інтегрованої системи є нелінійними; обсяг інтегрованих знань менший за обсяг елементів знань, що інтегруються; залежно від умов знання виявляється їхній або предметний, або інтегративний характер (дуалізм знань), що зумовлює збереження індивідуальних ознак елементів знань, які інтегруються [169].

З погляду предмета нашого дослідження доцільно зважати на згадані перераховані наслідки, проектуючи зміст навчання ММФ у циклі дисциплін професійної та практичної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики.

Закон доповнюваності визначає, що інтеграційні процеси викликають процеси диференціації і навпаки. На думку І. М. Козловської, це твердження є прямим результатом дії законів філософії, тому його можна вважати аксіомою, яка зумовлює такі наслідки: критичне значення в наростанні інтегративного процесу зумовлює виникнення «порогового» значення диференціації; здатність знань до інтеграції й до диференціації засвідчує наявність у них інваріантної частини (фундаментальних знань); здатність знань до інтеграції й до диференціації демонструє про їхню здатність до квантування; дидактичний потенціал знань, який визначає їхню здатність до використання та перетворення, поетапно знаходиться в резерві то до інтеграції, то до диференціації [169].

Указані наслідки закону доповнюваності спостерігаються й у процесі

навчання студентів ММФ. Зокрема, результатом наростання інтеграційного процесу в математичній фізиці виявилася потреба окреслення окремих теорій: математичної теорії поля, теорії диференціальних рівнянь у часткових похідних, теорії груп, теорії операторів, теорії узагальнених функцій, теорії чисел та ін. Методи математичної фізики уможливають реалізацію прикладної спрямованості навчання ММФ у курсі теоретичної фізики педагогічних університетів за такими розділами: класична механіка й основи спеціальної теорії відносності, електродинаміка, квантова механіка, термодинаміка і статистична фізика, ядерна фізика та фізика елементарних частинок, фізика твердого тіла тощо.

При цьому в змісті навчання ММФ виокреслюють інваріантну математичну частину й варіативну, інтегровану з понятійно-категоріальним апаратом курсу ТФ. Уважаємо, що до таких понять належать: скаляр (густина, маса, концентрація, електричний заряд та ін.); вектор (швидкість, прискорення, сила, момент сили, силові характеристики електромагнітного поля та ін.); тензор (момент інерції, тензор напруг та ін.); функції стану системи (внутрішня енергія, вільна енергія, термодинамічний потенціал Гіббса, ентальпія та ін.); функції процесу (робота, кількість теплоти); математичні поля фізичних величин (скалярні, векторні, тензорні); диференціальні форми представлення функцій щодо опису стану фізичної системи, явища або процесу у фізичній системі (повний, частковий диференціали, псевдодиференціал для позначення можливих, дійсних і віртуальних переміщень, елементарної роботи сили та ін.); диференціальні рівняння за їх типами (лінійні, нелінійні; однорідні, неоднорідні; однієї змінної, багатьох змінних; у декартових, криволінійних, узагальнених координатах та ін.); диференціальні рівняння емпіричних законів фізики (основного рівняння динаміки матеріальної точки, системи точок; системи рівнянь Максвелла для електромагнітного поля; рівняння Шредінгера для хвильової функції квантово-механічного об'єкта, квантово-механічне рівняння руху та ін.); наслідків розв'язування диференціальних рівнянь (інтегральних, диференціал-інтегральних); статистичних закономірностей (канонічного та мікроканонічного розподілів Гіббса); операторів (самоспряжених, у

координатному зображенні, в E -представленні та ін.); просторів (одновимірному, двовимірному, тривимірному, багатовимірному, евклідового, комплексного, фазового); спектрів значень фізичних величин (дискретного, неперервного, комбінованого) та інших, які увійшли як стрижневі до змісту курсу ТФ.

З огляду на вищезазначені закони інтеграції знань та їхні наслідки варто представити структуру інтеграційного підходу до навчання ММФ зв'язками онтологічної основи окремих дисциплін циклу професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики для їх теоретико-методологічної та практичної підготовки з курсу ММФ (рис. 2.2). На нашу думку, пропонуваній інтеграційний підхід сприятиме формуванню в студентів інтегрованої особистісної якості – математичної компетентності з фізики.

Нині інтеграційний підхід до оптимізації навчально-виховного процесу є очевидним фактом. Інтеграція як втілення інтеграційного підходу до навчання ММФ – один із засобів, який може уніфікувати, об'єднати й сконцентрувати знання на основі взаємопроникнення його елементів, зміцнення й ускладнення зв'язків між ними. Як зазначає Г. І. Шатковська, процес інтеграції в навчанні є набагато ширшим поняттям, ніж міждисциплінарні зв'язки, які в змісті дисциплін відображають ті діалектичні взаємозв'язки, що об'єктивно діють у природі і пізнаються сучасними науками. Інтеграція не лише зміцнює зв'язок, а й забезпечує взаємопроникнення змісту окремих дисциплін [466, с. 3]. Тієї самої думки дотримується також І. В. Коваленко, розглядаючи міждисциплінарні зв'язки як засіб поглибленого вивчення студентами фізики для подолання в предметній системі навчання суперечності між розрізненим засвоєнням знань і потребою їх синтезу, для комплексного застосування на практиці, у трудовій діяльності та житті людини [165].

Дидактикою доведено, що інтеграцію забезпечують різноманітні інтегративні чинники: складні об'єкти пізнання, методи дослідження, наукові ідеї й теорії, цілі науки та наукові картини світу. Аналіз освітньо-професійних і навчальних програм [81; 225; 347], підручників і посібників [7; 8; 9; 67; 92; 140; 147; 199–201; 227; 247; 248; 256; 278; 368; 379; 403–405; 428–430; 449; 477] з ММФ дозволяє стверджувати, що такими інтегративними чинниками є

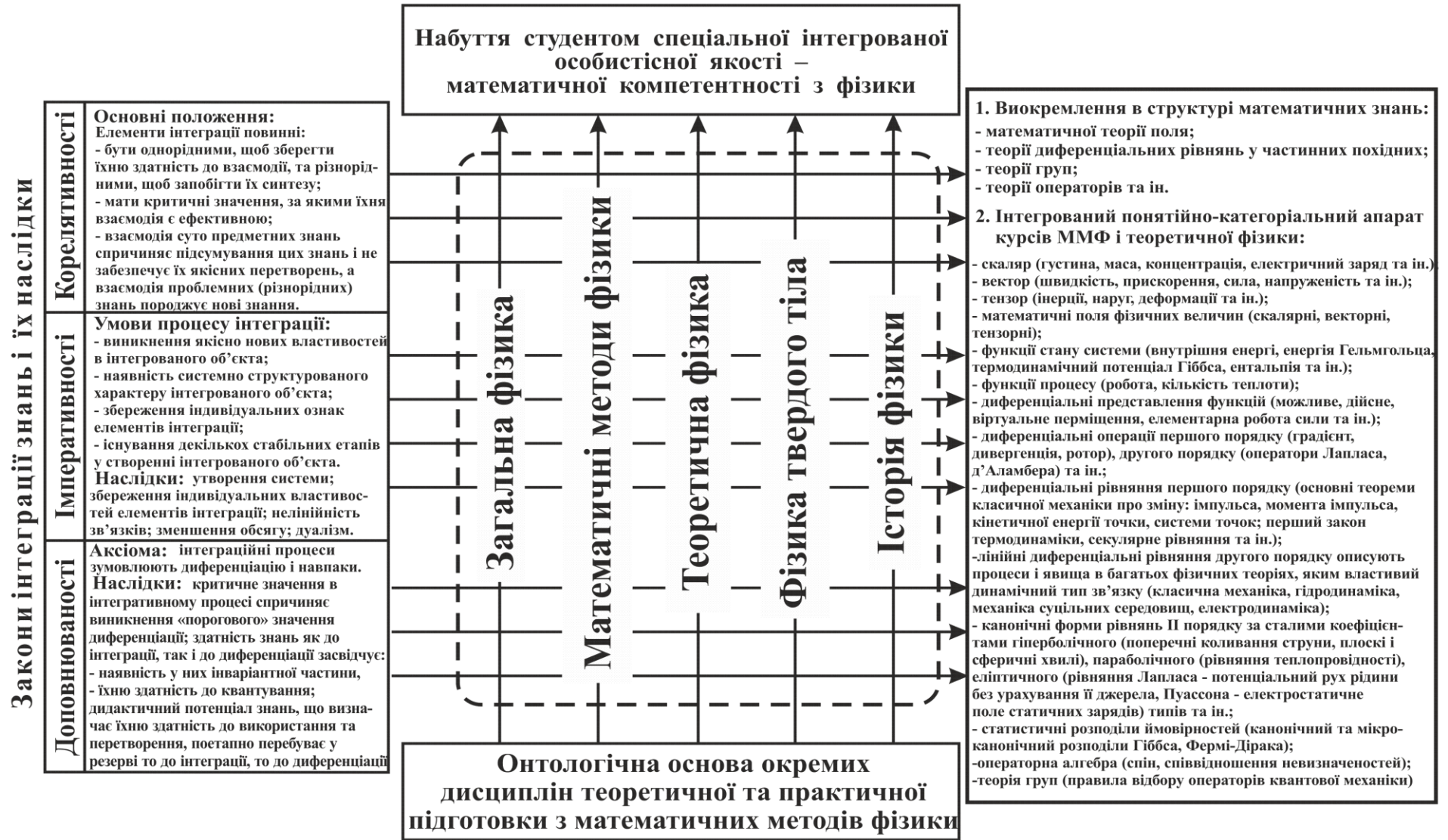


Рис. 2.2. Структура інтеграційного підходу до навчання математичних методів фізики майбутніх учителів і викладачів фізики

понятійно-категоріальний апарат дисципліни, метод математичного моделювання, чисельні методи, стрижневі осередки змісту: диференціальні характеристики скалярних, векторних і тензорних полів, класи диференціальних рівнянь, елементи теорії ймовірностей та математичної теорії груп тощо.

Отже, важливим для предмету нашого дослідження виявилось завдання дослідити проблему міждисциплінарної інтеграції дисциплін циклу професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики та визначити ті фактори, які сприяють формуванню і розвитку в студентів математичної компетентності з фізики (див. п. 2.3).

2.3. Міждисциплінарна інтеграція та міждисциплінарні зв'язки дисциплін циклу професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики

Нині система підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики є предметно-центричною, у ній кожен навчальну дисципліну спрямовано на формування уособленої системи знань і вмінь як дискретних утворень. Синтез знань з різних дисциплін студенти здійснюють найчастіше самостійно на тому рівні, на якому їм це вдається зробити, тому актуальною виявляється проблема пошуку оптимальної системи інтегрованого змісту навчання ММФ, нових конструкцій діяльнісного підходу, здатних підвищити якість професійної підготовки майбутніх фахівців.

У сучасній педагогіці взаємопроникнення змісту навчальних дисциплін переважно не викликає сумнівів. Методологічною основою міждисциплінарної інтеграції є інтеграційний підхід, який достатньо обґрунтований у педагогічних дослідженнях. Міждисциплінарна інтеграція – явище багатогранне й дотепер з-поміж дослідників феномена інтеграції не вироблено єдиної методики і цілісного підходу до методології, яка б віддзеркалювала ідеї міждисциплінарної інтеграції в сучасному навчальному процесі. Ми обрали для аналізу категорію «міждисциплінарна інтеграція», щоб виявити інтегративні чинники міждисциплінарної взаємодії ММФ з циклом дисциплін професійної підготовки

майбутніх учителів і викладачів фізики.

Вивчення проблеми інтеграції наукових знань, які розмежують напрями наукових досліджень з розв'язання комплексних міждисциплінарних проблем дало змогу В. К. Сидоренку виокремити чотири рівні: *інтрадисциплінарний* (у межах окремих наук), *інтердисциплінарний* (у межах двох або трьох галузей наук), *супрадисциплінарний* (високий ступінь інтеграції), *трансдисциплінарний* (інтеграція наукових понять, теорій і методів у філософських концепціях) [356].

Доцільність міждисциплінарного підходу в навчальному процесі, О. Ю. Афанасьєва пояснює потребою віддзеркалення процесів об'єднання навчальних дисциплін для розв'язання гносеологічних, методичних, технологічних і практичних проблем. Дослідниця трактує інтеграцію як забезпечення цілісності навчального процесу. На її думку, педагогічна інтеграція є вищою формою єдності цілей, задач і методів викладання змісту дисциплін та інтерпретується як основа для утворення нових педагогічних одиниць освіти на засадах внутрішнього взаємозв'язку навчальних дисциплін та їх дидактичного обґрунтування [20].

Досвід розвитку будь-якої методичної системи навчання вказує на важливість створення умов для інтеграційної пізнавальної діяльності студентів, що сприяє формуванню в них цілісного світорозуміння та світогляду. З цього погляду проблема формування і розвитку МКФ розв'язується на *інтердисциплінарному (міждисциплінарному) рівні*, що сприяє подоланню суперечності між необхідністю забезпечення високого рівня інтеграції наукових знань математичної та теоретичної фізики й прискорювальним процесом диференціації дисциплін циклу ПП майбутніх учителів і викладачів фізики для розв'язання: гносеологічних проблем у навчально-пізнавальній діяльності з теоретичної фізики на засадах математичного моделювання фізичних явищ і процесів; методичних під час аналізу фізичного явища або процесу з погляду різних теоретичних схем, сприяючи розвитку мислення, творчих та інтелектуальних здібностей студентів; практичних під час адаптації наукових знань до навчальних умов (шкільних або ВНЗ).

Розв'язання подібних задач нині покладають на міждисциплінарні зв'язки. Сучасна педагогіка вищої школи розглядає міждисциплінарні зв'язки як *принцип*, «психологічною основою якого є створення міжсистемних асоціацій, що віддзеркалюють різноманітні предмети і явища реального світу в єдності та протилежності, в їхній багатоаспектності та суперечливості» [337 с. 42].

Аналіз педагогічних джерел з окресленої проблеми вказує на те, що процес міждисциплінарної інтеграції є набагато ширшим, ніж поняття «міждисциплінарні зв'язки». Специфіку тлумачення цього поняття науковцями подано в табл. 2.4.

Таблиця 2.4

Погляди науковців до визначення поняття «міждисциплінарні зв'язки»

Науковець	Зміст поняття
О. Ю. Афансьєва [20]	Взаємовідношення між поняттями, об'єктами, явищами і процесами, які віддзеркалюються в змісті, методах, формах навчально-виховного процесу та забезпечують формування визначених компетентностей
В. А. Попков [337]	Еквівалент міжнаукових зв'язків, методологічною основою яких є процеси інтеграції та диференціації наукового знання
О. В. Сергєєв [382]	Важлива умова підвищення ефективності навчання
Л. А. Шестакова [470]	Засіб віддзеркалення в змісті кожної навчальної дисципліни і в навчальній діяльності результатів міжнаукової інтеграції
Г. І. Шатковська [466]	Віддзеркалення в змісті навчальних дисциплін діалектичних взаємозв'язків, які об'єктивно діють у природі та пізнаються сучасними науками

Таблиця 2.4 засвідчує, що міждисциплінарні зв'язки виступають змістом, формою, засобом, методом, еквівалентом міжнаукової інтеграції, важливою умовою підвищення ефективності навчання. Міждисциплінарна інтеграція визначає й зміцнює такі зв'язки, зумовлюючи взаємопроникнення змісту, форм, засобів, методів взаємодіючих дисциплін.

У процесі ПП майбутніх учителів і викладачів фізики міждисциплінарні зв'язки дозволяють встановити не лише своєрідні «містки» між навчальними дисциплінами, але й на основі спільного змісту цих дисциплін розробити цілісну методичну систему навчання, що є важливою умовою і результатом інтеграційного підходу, який дозволяє виокремити як основні елементи змісту

освіти, так і врахувати взаємозв'язки між навчальними дисциплінами. Визначає і зміцнює такі зв'язки міждисциплінарна інтеграція, зумовлюючи взаємопроникнення змісту, форм, засобів, методів, взаємодіючих дисциплін. Інтеграція як втілення інтеграційного підходу – це один із засобів, який спроможний уніфікувати, об'єднати й сконцентрувати знання на основі взаємопроникнення його елементів, зміцнення й ускладнення зв'язків між ними.

Інтеграційні процеси в сучасній дидактиці фізики відбуваються переважно на прикладному, методологічному та дидактичному рівнях і завжди мають комплексний *міждисциплінарний характер*. Реалізація інтеграційного підходу – істотний фактор підвищення ефективності навчання, який може забезпечити якісну ПП майбутніх учителів і викладачів фізики, що передбачає максимальне використання на кожному з етапів навчання того, що досягнуто на попередніх етапах. Це, в свою чергу, потребує реалізації не лише міждисциплінарних зв'язків, а й послідовності вивчення окремих навчальних дисциплін, тем, співвідношення змісту окремих розділів. Інтеграцію, як зазначає Г. І. Шатковська, забезпечують різноманітні *інтегративні чинники*: складні об'єкти пізнання, методи дослідження, наукові ідеї і теорії, цілі науки і наукові картини світу [466].

З погляду предмета нашого дослідження важливо з'ясувати, які інтегративні чинники забезпечують процес формування і розвитку в студентів МКФ у циклі дисциплін ПП майбутніх учителів і викладачів фізики.

Метою навчання ММФ майбутніх учителів і викладачів фізики є не лише засвоєння ними універсальної методології математичного моделювання фізичних систем, фізичних явищ і процесів, а й розуміння сукупності загальних ідей, принципів законів, загальних відомостей про будову, рух і взаємодію об'єктів природи, тобто навколишнього матеріального світу. Такою сукупністю є *фізична картина світу*, що може бути одним з *інтегративних чинників*, здатним спрямувати навчальний процес на формування в студентів цілісних уявлень про фізику як науку.

Зокрема багатоаспектність фізичної картини світу забезпечується

специфікою механізмів наукового пізнання. До оцінки проблеми взаємозв'язку теоретичного та емпіричного в пізнанні існують різні підходи. На думку О. І. Ляшенка, такий взаємозв'язок слід розглядати ширше, ніж співвідношення рівнів пізнання. Науковець виокремлює декілька напрямів, на які слід звернути увагу під час розв'язання цієї проблеми: взаємозумовленість емпіричного та теоретичного знання; проблема взаємовідношення рівнів пізнання; історична наступність (послідовність) стадій наукового пізнання, поступовий перехід від емпірії до теорії в процесі суспільного пізнання дійсності; специфічні форми пізнавальної діяльності та проблеми розвитку експериментальних і теоретичних методів пізнання [223, с. 7–8].

З погляду предмета нашого дослідження важливими є усі зазначені напрями, проте конкретизації потребує питання про місце математичного моделювання в кожному з них.

Повний цикл наукового пізнання фізикою складають два рівноправних і взаємозумовлених цикли: теоретичний й емпіричний (рис. 2.3) [226, с. 52].

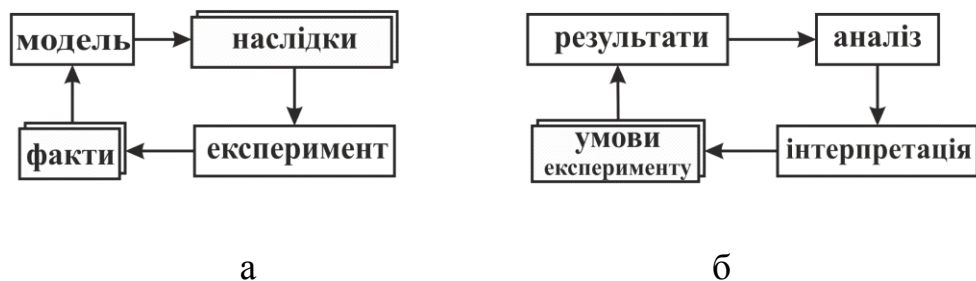


Рис. 2.3. Наукове пізнання у теоретичному (а) й емпіричному (б) циклах

Емпіричний цикл пізнання природи (рис. 2.3 б) в історико-генезисному аспекті розвитку фізики є первинним: розробляють умови експерименту; систематизують результати виконання експерименту (таблиці, графіки та ін.); аналізують результати на засадах логічних міркувань; здійснюють інтерпретацію експериментальних результатів на рівні емпіричного узагальнення та подають у вигляді словесного формулювання або кількісної математичної формули (математичної моделі). *Інтегративним чинником* узагальнення теоретичного й емпіричного знання є *математичне моделювання*, тобто в процесі емпіричного пізнання наявний математичний компонент.

Теоретичний цикл (рис. 2.3 а) реалізується через постановку проблеми, засновану на емпіричних або теоретичних фактах про об'єкт дослідження – виокремлення найістотніших властивостей та зв'язків об'єкта – створення теоретичної моделі об'єкта на засадах моделювання (кількісної математичної, якісної фізичної) – висунення гіпотези про функціонування моделі – теоретичний аналіз моделі з урахуванням особливостей її перебування у тих або тих умовах – наслідок (закон, принцип, теорія) – емпірична перевірка на відповідність (експеримент). Характерним тут є те, що в процесі теоретичного пізнання емпіричний (чуттєвий) компонент не ліквідовують, а безпосередньо йому підпорядковують. З експерименту все починається й завершується, тобто емпіричне та теоретичне в пізнанні природи взаємозумовлені.

Методи математичного моделювання для аналізу моделей теоретичної фізики розробляє математична фізика – *теорія математичних моделей фізики*, яка за змістом є фізичною, а за методами дослідження – математичною наукою, тому й перебуває на стику двох наук. Математичні моделі математичної фізики є не лише інтегративним чинником взаємодії цих галузей наук, але й зумовлюють їхній спільний розвиток. Незважаючи на це, прогностичний рівень теоретичних узагальнень математичної і теоретичної фізики має істотні розбіжності. На рис. 2.4 зображено взаємозв'язок математичної, теоретичної та експериментальної фізики за трьома методологічними ознаками: математичне моделювання, теоретичні й експериментальні методи фізики. Теоретична фізика, розробляючи математичну модель об'єкта, покладається на емпірично виявлену інформацію про його властивості та висуває теоретичні припущення (гіпотези) щодо закономірностей вияву теоретичної моделі в тих або тих гіпотетичних умовах. Досліджуючи теоретичну модель реального об'єкта спеціально розробленими математичною фізикою методами, теоретична фізика може отримати нову інформацію про досліджуваний об'єкт завдяки *прогностичній функції* математичного моделювання. При цьому теоретична фізика досить часто вдається до спрощень, не переймаючись математичною строгістю отриманих нею наслідків, оскільки їх слід перевіряти в умовах

натурного експерименту з точністю до похибок вимірюваних величин засобами експериментальної фізики, що є критерієм визначення недоцільності подальших математичних розрахунків. Прогнози теоретичної фізики зумовлюють розвиток експериментальної фізики, яка має забезпечити належні експериментальні умови щодо можливості перевірки теоретичних наслідків з урахуванням сучасних досягнень технічної галузі. Під час обробки та аналізу результатів експерименту математичні методи є засобом їхнього узагальнення, систематизованого і поданого в математичній формі. За такого підходу математичне моделювання є засобом аналізу, систематизації й узагальнення, а прогностична функція «не працює».

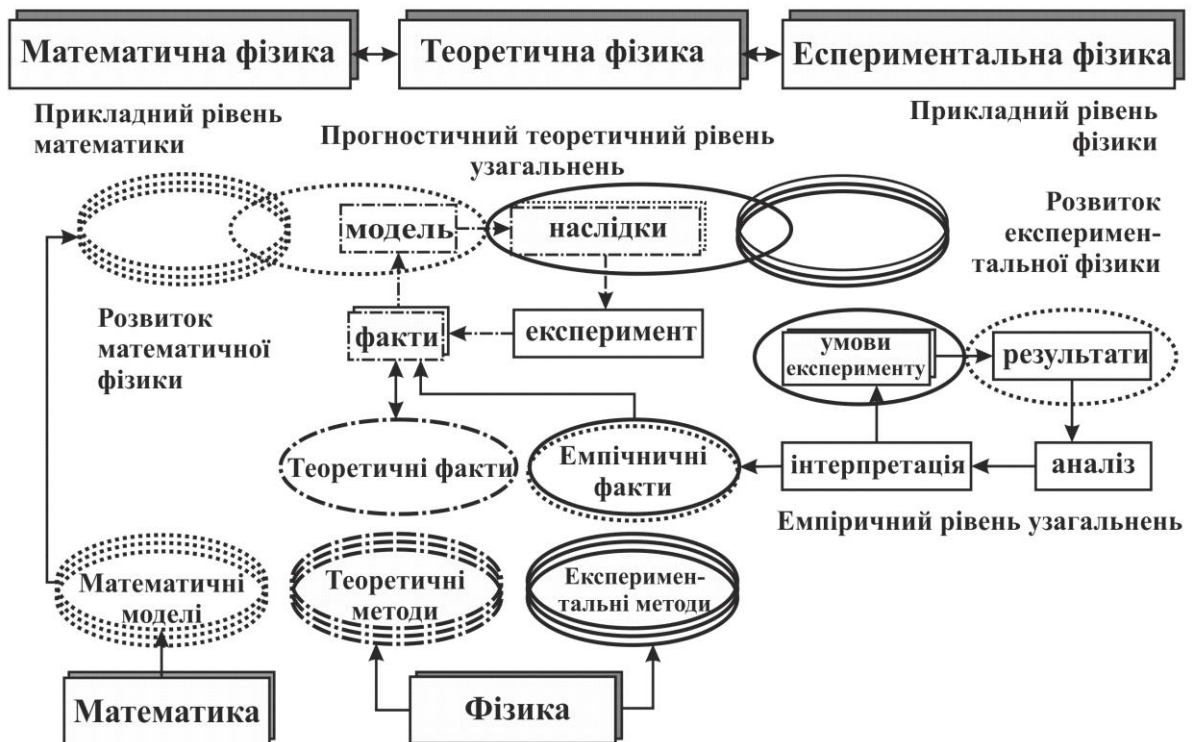


Рис. 2.4. Взаємозв'язок математичної, теоретичної та експериментальної фізики на прикладному рівні їхньої взаємодії за методологічною ознакою

Математична фізика, на відміну від теоретичної, канонізує побудовані нею моделі та глибоко досліджує їх на рівні математичної строгості. Ускладнюючи математичну модель об'єкта, теоретична фізика наближає його ідеальний образ до реального. При цьому новоутворена теоретична модель отримує перспективи подальшого розвитку в математичній фізиці із широким залученням новітніх

розділів математики, зумовлюючи розвиток математичної фізики.

Згадані особливості наукового пізнання фізикою на засадах математичного моделювання віддзеркалюють структуру міждисциплінарних зв'язків професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики.

Міждисциплінарні зв'язки є виявом інтегративних процесів, тому вони виконують важливу роль у підвищенні якості *гуманітарної і соціально-економічної; природничо-математичної; професійної та практичної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики*¹. Специфіка такої підготовки полягає в засвоєнні студентами узагальненого характеру пізнавальної діяльності, основою якої є наукові уявлення про світ: поняття, основоположні закономірності – наскрізні поняття, які формуються в школі та трансформуються у ВНЗ. У процесі ПП майбутніх учителів фізики таку трансформацію можна здійснити й у зворотному напрямі – від ВНЗ до школи.

Окрім *інваріантних знань* з педагогіки, психології, філософії, які здобувають усі студенти педагогічних університетів, для майбутніх учителів і викладачів фізики базовим є *варіативний компонент* – фізико-математична підготовка. Це виявляється в потребі сформованості у фахівців цього напрямку підготовки специфічних якостей, характерних лише для них. Схема, наведена на рис. 2.5, ілюструє нелінійність міждисциплінарних зв'язків на рівні професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики.

Традиційним є підхід до визначення структури професійної підготовки майбутніх вчителів і викладачів фізики, за яким до її складу належать такі: *фізико-математична, спеціальна предметна* (методична з фізики) і *психолого-педагогічна* як однорівневі елементи. На думку В. Д. Шарко, такий підхід є не виправданим. Науковець розширює ієрархію взаємозв'язків, указує на їхній нелінійний характер, виокремлює на рівні методичної підготовки таких

¹ Класифікацію здійснено на основі ОПП підготовки бакалавра напрямку підготовки 6.040203 Фізика* Галузь знань: 0402 Фізико-математичні науки (нормативна частина). Затверджена: в.о. ректора КДПУ ім. В. Винниченка Козир І.А. Погоджена у: Департаменті вищої освіти МОН України, Науково-методичному центрі вищої освіти МОН України, НМК з напрямку «Педагогічна освіта» МОН України. – 2011 р.

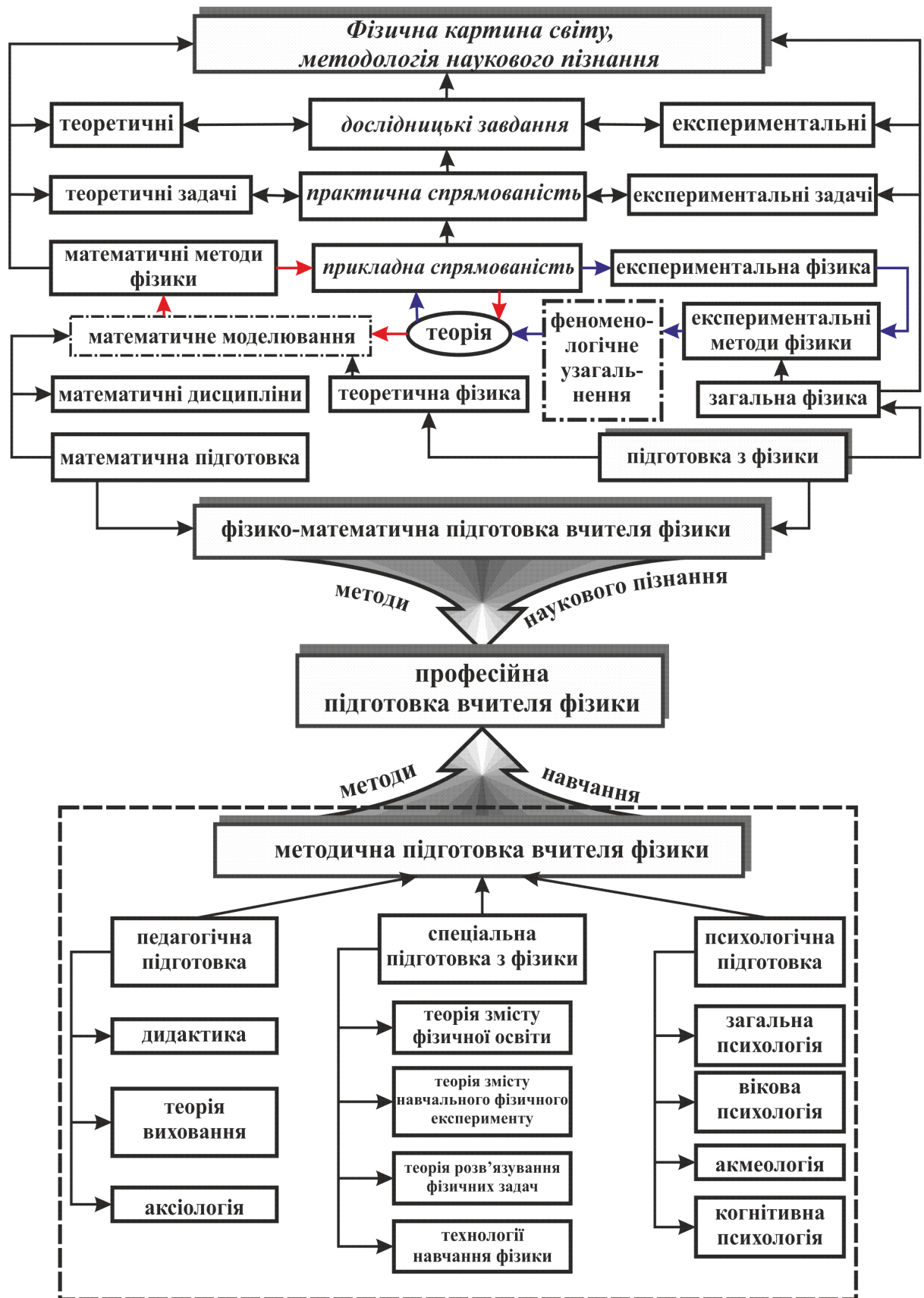


Рис.2.5. Інтегративна ієрархія взаємозв'язків на рівні професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики

фахівців три структурні компоненти: педагогічну підготовку; спеціальну підготовку з фізики; психологічну підготовку [463, с. 90]. Центральним компонентом у структурі методичної підготовки вчителів і викладачів фізики є спеціальна підготовка з фізики, представлена сукупністю трьох елементів – теорія, експеримент, задачі. Утім, уважаємо, що елементний склад, поданий у такий спосіб, має узгоджуватись за формою з двома сусідніми компонентами, тобто *теорією змісту фізичної освіти, теорією навчального фізичного експерименту, теорією розв'язування фізичних задач*. Водночас цей компонент потребує й доповнення – наявності *технологій навчання фізики*, що зумовлено сучасними вимогами технологізації освіти.

Швидкий розвиток і поширення інформаційно-комунікаційних технологій зумовлюють осмислення та розв'язання нових завдань освіти, з-поміж яких інформатизація та комп'ютеризація навчального процесу, комп'ютерна грамотність та інформаційна культура. Інформаційні технології проникають у глибини фізико-математичної та педагогічної освіти, впливають на стиль, зміст і методи пізнання природи, дидактику фізики, збагачують її та розширюють сфери застосування. З огляду на це уточнення форми представлення компонентного складу методичної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики потребує підсилення діяльнісних аспектів такої підготовки – теоретичного та практичного.

Фізико-математична підготовка майбутніх учителів і викладачів фізики належить до базового варіативного компонента. Його структура через наявність у ньому специфічного методологічного складника, який віддзеркалює особливості методів наукового пізнання природи, є не лише складною та нелінійною, але й взаємозумовленою. Поєднання теоретичного й емпіричного методологічних складників зумовлено дуалізмом методології наукового пізнання, а для галузі фізико-математичних наук важливим є й математичний складник як інтегративний чинник їх взаємодії.

У цьому аспекті для нас важливим виявився синтез двох наукових предметних галузей – математики і фізики, досягнення та розвиток яких є

головною умовою оновлення змісту фізико-математичних дисциплін.

На нашу думку, з-поміж характеристик студента, який навчається у ВНЗ, можна виокремити такі, що віддзеркалюють принцип міждисциплінарної інтеграції: «компетенція» і «компетентність» (див. п. 1.2). Міждисциплінарна інтеграція, яка ґрунтується на взаємопроникненні змісту різних навчальних дисциплін, здатна до утворення нового освітнього простору, який володіє цілісним потенціалом розвитку за допомогою використання інноваційних педагогічних і дидактичних методів та організаційних форм навчання щодо формування компетентностей.

Зміст фахових наукових дисциплін є підґрунтям для формування компетенцій відповідних навчальних дисциплін. Для ПП майбутніх учителів і викладачів фізики вагомими є базові (фізико-математичні), спеціальні (методичні) і ключові компетенції. Для розроблення методичних засад формування і розвитку МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики актуальною є проблема відшукування тих інтегративних чинників міждисциплінарної взаємодії, які б віддзеркалювали взаємодію математичних моделей математичної фізики в узгодженості з законами і принципами сучасної теоретичної фізики.

Супідрядну ієрархію взаємозв'язків методологічних компетенції фізики і математики представлено схематично на рис. 2.6.

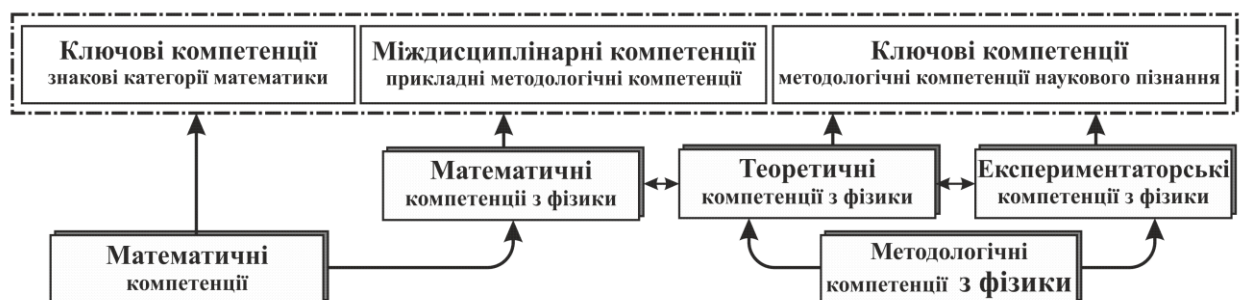


Рис. 2.6. Супідрядна ієрархія взаємозв'язків між ключовими методологічними компетенціями математики та фізики

Зі схеми видно, що математичні, теоретичні й експериментаторські компетенції утворюють інтегрований зв'язок на прикладному рівні взаємодії методологічних компетенцій. Виявлення інтегративних чинників такої взаємодії є

основою для формування математичної компетентності з фізики .

Складна взаємодія теоретичного й емпіричного в пізнанні, завдяки якій сучасна методологія науки позначає гетерогенні системи наукового знання і поєднані типи науково-дослідницької діяльності, обумовлює функціонування тієї чи тієї дисципліни як єдиного цілого, що розривається. Прикладний рівень взаємодії математичного моделювання, теоретичного й емпіричного пізнання природи, уможлиблює їх об'єднання за спільними ключовими ознаками у єдину методологію фізико-математичного знання.

Проте слід ураховувати, що традиції досліджень фізики та математики суттєво різняться на культурологічному рівні, тому такі інтегративні ознаки, як *універсальні пізнавальні механізми, культурологічна пам'ять* та спільні для методології наукового пізнання *спостереження, аналогія, моделювання, алгоритмізація* й ін. створюють умови для їх об'єднання.

Прикладний методологічний рівень взаємодії математичних і теоретичних компетенцій з фізики безпосередньо об'єднує як універсальні пізнавальні механізми, так і характерні для методології наукового пізнання рівні: *емпіричний* – спостереження, опис, вимірювання, порівняння експеримент і ін.; *проміжний* – моделювання (зокрема математичне), аналіз, синтез, індукція, дедукція та ін.; *теоретичний* – сходження від абстрактного до конкретного, аксіоматичний, системо-структурний методи та ін.; *мисленнєві операції*: аналіз, синтез, порівняння, узагальнення, абстрагування, класифікація, систематизація, конкретизація тощо.

Отже, до об'єктивних інтегративних чинників міждисциплінарної взаємодії ММФ і ТФ, які сприяють формування МКФ можна віднести математичні моделі математичної фізики, закони та принципи фізики, теоретичні схеми, а для ключових компетенцій – універсальні механізми наукового пізнання, знакові математичні категорії культури, мисленнєві операції тощо.

У фізиці під моделлю розуміють систему, що уявляється мисленнєво або реалізується матеріально й віддзеркалює або відтворює об'єкт дослідження, замінюючи його так, щоб її вивчення дало нову інформацію про цей об'єкт.

Математична модель – це система математичних співвідношень, які описують досліджуваний процес або явище. Математична модель має важливе значення не лише для фізики, але й для інших наук, з-поміж яких: економіка, екологія, соціологія, хімія, інформатика, біологія та ін. У процесі створення математичних моделей використовують загальні закони природознавства, спеціальні закони конкретних наук, результати пасивних та активних експериментів, імітаційне моделювання за допомогою комп'ютерної техніки. Математичні моделі дозволяють передбачити хід процесу, розрахувати цільову функцію (вихідні параметри процесу), керувати процесом, проектувати системи з бажаними характеристиками. Засвоєння студентами *методам комп'ютерного моделювання* в навчально-пізнавальній діяльності з ММФ і ТФ є важливою методичною умовою, оскільки теоретичні основи обчислювального експерименту належить до предметної галузі новітніх розділів математичної фізики. Суб'єктний досвід студентів, що формується в процесі такої діяльності, сприятиме формуванню ключових для професії вчителя інформаційно-комунікаційних компетентностей.

Для створення математичних моделей використовують будь-які математичні засоби – мову диференціальних або інтегральних рівнянь, теорії множин, абстрактної алгебри, математичну логіку, теорії ймовірностей, графі та ін. Це найзагальніший та найбільш використовуваний у науці метод досліджень, проте математична модель фізичної системи не може передати всіх рис такого об'єкта. Установити адекватність моделі досліджуваному явищу можна лише критеріями практики, зіставляючи результати теоретичних досліджень прийнятої моделі з результатами експериментів. У багатьох випадках адекватність математичної моделі оцінюється на підставі розв'язування обернених задач математичної фізики, коли про властивості досліджуваних явищ природи, недоступних для безпосереднього спостереження, роблять висновки за результатами їх непрямих фізичних виявів. Для математичної фізики характерно прагнення будувати такі математичні моделі, які не лише дають опис і пояснення вже встановлених фізичних закономірностей досліджуваного кола явищ, а й

дозволяють передбачити ще не встановлені закономірності, тому прогностична функція математичного моделювання для теоретичної фізики є найвагомішою у виборі методології дослідження.

Розвиток трьох наукових галузей – математичної, теоретичної і експериментальної фізики – є взаємозумовленим й адекватно віддзеркалює зміни, які відбуваються в науці й техніці, що також впливає на розвиток освітньої галузі. З об'єктивних причин освітня галузь не встигає так швидко оновлюватися через складну й неосязну диференціацію наукового знання. Уважають, що розв'язати цю проблему допоможуть інтеграційні процеси, що відбуваються в освітній галузі. За О. І. Бугайовим, методи, що застосовуються під час навчання фізики, повинні певним чином віддзеркалювати методи фізики як науки. Методи теоретичної фізики вчений поділяє на *модельні гіпотези*, *математичні гіпотези* і *принципи* [47, с. 102–123].

Метод модельних гіпотез ґрунтується на наочних образах і уявленнях, що виникають під час спостережень, а також за аналогією. Прикладами модельних гіпотез є моделі ідеального газу, броунівського руху тощо.

У методі математичних гіпотез використовують математичну екстраполяцію. На основі експериментальних даних знаходять математичний вираз функціональної залежності між фізичними величинами. З математичних рівнянь логічним шляхом одержують висновки, які перевіряються експериментально. Якщо дослід підтверджує висновки, то гіпотезу вважають правильною, в іншому разі – відкидають. Прикладом математичної гіпотези є рівняння Максвелла класичної електродинаміки.

Метод принципів спирається на екстраполяцію дослідних або теоретичних даних, що підтверджуються всією суспільною практикою. Прикладом такої екстраполяції є закони збереження енергії та імпульсу, закони термодинаміки.

На нашу думку, кожен з окреслених методів є підґрунтям для розвитку *теоретичного мислення* студентів не лише в курсах фізики, але й ММФ, у якому метод *математичних гіпотез* належить до його предметного змісту. Стійкий міждисциплінарний зв'язок між курсом ММФ установлюється з

курсом теоретичної фізики, який і є замовником тих математичних засобів, які йому потрібні на етапі теоретичного виведення наслідків з гіпотези. З цих позицій зміст навчання ММФ є математичною основою для курсу теоретичної фізики. Реалізацію такого зв'язку ми вбачаємо в потенційних можливостях *контекстного навчання* ММФ й урізноманітненні форм навчального процесу.

Специфіку розв'язання питання про співвідношення міждисциплінарних і ключових МКФ з готовністю і здатністю майбутнього фахівця успішно здійснювати навчальну та професійну діяльність представлено в п. 1.2.

Для розроблення технологічних засад формування і розвитку МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики доцільно враховувати, що найбільш поширеною формою міждисциплінарної інтеграції у ВНЗ є традиційні інтегровані аудиторні заняття – лекції, семінари, практичні заняття. Вони дають змогу бути використати динамічні елементи інтеграції, які на засадах певних методик або технологій навчання сприяють отриманню якісних педагогічних результатів. Як зазначає Л. А. Шестакова, «у процесі розвитку інтегративних педагогічних принципів відбувається формування нового типу пізнання – пізнання інтегративного типу. Застосовуючи інтегративні педагогічні принципи в сучасній предметно-модульній системі вищої освіти, викладач має змогу створювати власні авторські інтегративні курси. Їх розроблення й побудова залежать від процесу формування конкретних компетенцій, а також від цілей, завдань, ступеня проникності дисциплін у загальний простір міждисциплінарної інтеграції. Проблемний простір, що зазнає інтегрування, віддзеркалює ступінь і характер міждисциплінарних зв'язків та не лише виявляє ступінь професійності викладача, але й визначає шляхи його подальшого професійного зростання» [470, с. 49], тобто в інтегративних процесах виявляється авторська індивідуальність викладача, що безпосередньо впливає на творчий розвиток і професійну підготовку студента.

У процесі формування і розвитку МКФ студентів доцільно враховувати й наступність вивчення інших дисциплін. За навчальними планами дисципліна «Математичні методи фізики» вивчається на другому курсі ПП майбутніх

учителів і викладачів фізики, тому для планування навчально-пізнавальних завдань контекстного змісту в навчанні ММФ найбільш прийнятними є розділи класичної механіки, молекулярної фізики і класичної електродинаміки, які досить удаło можуть доповнити своїм прикладним змістом вивчення основних тем математичної теорії поля та теорії диференціальних рівнянь у часткових похідних. Некласичні розділи фізики недоцільно представляти в курсі ММФ через відсутність теоретичної підготовки студентів з цих розділів фізики, тому виявляються серйозні перешкоди в реалізації контекстного підходу до двох нових, пропонованих ОПП [81] розділів: теорії операторів та теорії груп.

З експериментальним та теоретичним методами пізнання як специфічними формами пізнавальної діяльності з фізики та проблемами їх розвитку майбутні вчителі та викладачі фізики ознайомлюються під час вивчення курсів загальної і теоретичної фізики. У змісті цих дисциплін безпосередньо й опосередковано віддзеркалено взаємозумовленість емпіричного й теоретичного знання, а також взаємовідношення відповідних рівнів пізнання на різних етапах суспільного пізнання дійсності, тому природно припустити, що цільовий і змістовий компоненти курсів загальної та теоретичної фізики теж мають взаємодіяти. Інтегративним чинником у такому процесі є *моделювання*, яке «не є самоціллю, головним є результат, критерієм істинності якого є експеримент» [249, с. 9].

Уніфікованість є однією з головних ознак математичного моделювання. Більшість навчальних задач з фізики зведено до виконання математичних дій над скалярними, векторними і тензорними полями фізичних величин, на встановлення диференціальних співвідношень між ними, на складання та розв'язування диференціальних рівнянь різноманітних фізичних процесів. Диференціальні рівняння віддзеркалюють внутрішні механізми процесів, що відбуваються у нескінченному розмаїтті навколишніх нас тіл різної форми, розмірів і властивостей, тому будь-яке рівняння математичної фізики має величезну кількість розв'язків. Нині за допомогою таких рівнянь моделюють процеси різної природи: фізичні, хімічні, біологічні, екологічні, економічні та ін. Важливість математичного моделювання виникає скрізь, де є потреба

кількісного опису явищ. Інформаційну ємність, або «всесилля» (за А. Д. Сахаровим) рівнянь математичної фізики зумовлено тим, що в їх основу покладено закони природи, пов'язані із симетріями простору й часу [336].

Прикладна спрямованість навчання ММФ щодо змісту курсу теоретичної фізики засвідчує, що диференціальні рівняння математичної фізики є універсальними настільки, наскільки універсальною є математична модель об'єкта дослідження, а основним джерелом оновлення змісту математичної фізики є саме моделі теоретичної фізики, яка взаємодіє з експериментальною фізикою.

Отже, теоретична основа ММФ є інтегрованою з курсом теоретичної фізики й утворює із ним стійких міждисциплінарний зв'язок, тому формування в студентів *МКФ* є основою для формування і розвитку *теоретичної компетентності з фізики*.

Аналіз кваліфікаційних вимог до фахівців спеціальності «Фізика». Спеціалізація «Теоретична фізика» (див. дод. А) засвідчує, що математичні компетенції з фізики входять до структури зазначених вимог, тому математичні компетенції є основою для їх формування.

Водночас значення методу математичного моделювання в інших навчальних дисциплінах (загальна фізика, методика навчання фізики) досить відчутне. У курсі загальної фізики математичні методи виконують різні функції: у лабораторному фізичному практикумі є засобом кількісного узагальнення емпіричних даних, на лекціях – засобом теоретичних узагальнень, на практичних заняттях – засобом для розв'язування навчально-пізнавальних завдань, зокрема й кількісних розрахункових. У курсі методики навчання фізики математичні методи потребують адаптації до шкільних умов.

Досить універсальний методологічний інструментарій для організації процесу навчального пізнання в шкільному курсі фізики запропоновано В. Г. Разумовським – «принципом циклічності», який віддзеркалює логіку організації навчально-пізнавальної діяльності учнів з фізики: «факти, проблема – гіпотеза, модель – наслідок – експеримент, практика» [354, с. 14]. Циклічна модель навчального процесу в безпосередній та опосередкованій формі є

нормою пізнання, що конкретизується для двох провідних видів навчальної діяльності з фізики – експериментування та моделювання, які розкривають методологію наукового пізнання природи.

Принцип циклічності належить до класу «окремих дидактик», ефективність якого, за твердженням Н. В. Соколової, засвідчено більше, ніж сорокалітньою практикою його застосування в загальноосвітніх школах. Зокрема, дослідниця розробила теоретичну концепцію використання принципу циклічності в теорії та практиці навчання фізики старшої школи, яка передбачала розкриття його дидактичних функцій, норм використання (зразки діяльності), меж застосовності тощо [407].

На нашу думку, концепція розвивального навчання (В. В. Давидова [112], Б. Д. Ельконіна [479]) сприяє упровадженню «принципу циклічності» в процес навчально-пізнавальної діяльності з теоретичної фізики для формування і розвитку МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики, що підтверджено практикою його практичної реалізації [292; 492].

Аналіз міждисциплінарних зв'язків у структурі ПП майбутніх учителів і викладачів фізики дозволяє стверджувати, що вивчення ними ММФ розпочинається в курсі ММФ, що передує загальнопрофесійної математичної підготовки, яку студенти отримують на першому курсі навчання. Теоретична і практична підготовка студентів з ММФ є основою для вивчення курсу ТФ, який є основою для складання кваліфікаційного іспиту зі спеціальності.

Базова фізико-математична підготовка фахівців забезпечує прикладну спрямованість навчання ММФ у процесі розв'язування різноманітних дослідницьких завдань: експериментальних (де формалізм математичних методів є кількісно описовим для емпірично виявлених закономірностей) – в лабораторному практикумі курсу загальної фізики; теоретичних (де математичні методи є методологічною основою дослідження) – у курсі ТФ. Узгодження вивчення ММФ у часі (другий рік навчання) – після початку вивчення курсу загальної фізики (перший рік навчання) і початком вивчення курсу ТФ (третій рік навчання) згідно з принципом наступності навчання

сприятиме процесу інтеграції знань у змісті зазначених дисциплін та урізноманітнить форми інтегративного навчання фізики на засадах математичного моделювання з урахуванням властивих процесу навчання фізики рефлексивності, критичного ставлення до пізнання, його форм, прийомів і методів, понятійного апарату. Контекстне навчання ММФ ми вбачаємо в розв'язуванні задач фізичного змісту за розділами, узгодженими в послідовності вищезазначених дисциплін.

Метод математичного моделювання реалізується на всіх рівнях ПП майбутніх учителів і викладачів фізики, тому ми вважаємо його одним з основних інтегративних чинників міждисциплінарної взаємодії циклу ПП таких фахівців.

У своєму дослідженні ми цілком поділяємо і підтримуємо думку науковців про те, що забезпечення фундаментальних знань є концептуальною проблемою навчання та виховання студента у ВНЗ України. Зокрема П. С. Атаманчук зазначає, що ВНЗ педагогічного профілю об'єктивно зорієнтований на таке навчання студента, яке дає йому змогу оволодіти передусім фундаментальними основами знань за певним фахом і здатністю до самостійного пошуку інформації, максимально адаптованої до реальної професійної діяльності [16]. У працях В. І. Рябченка проблему розглянуто глибше й зазначено, що «... для того, щоб випускник ВНЗ міг з найменшими труднощами адаптуватись у своєму подальшому житті, самостійно здобувати конкретні актуальні знання, необхідні для успішної професійної діяльності, йому треба для набуття таких здатностей створити відповідні умови в процесі навчання у ВНЗ. Такі здатності студент може набути тільки в стані активної інтелектуальної та соціальної дії, що зумовлено її самоактуалізацією, коли він виступає в ролі не отримувача, споживача і репродуктора чогось уже готового і кимось даного, а є здобувачем нового як результату внутрішнього особистісного та власного осмислення, почуттєвого переживання, визначення власної думки й життєвої позиції» [360].

На нашу думку, інтеграція у навчанні є важливою умовою, яка забезпечує неперервність, узгодженість, плановість, поступальний розвиток та наступність навчання на всіх етапах навчального процесу. Відсутність міждисциплінарних

зв'язків у структурі професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики спричиняє зниження результативності навчання у формуванні інтегрованого результату – професійно-педагогічної компетентності фахівця. Для забезпечення структури неперервного формування системи фахових знань у майбутніх учителів і викладачів фізики потрібно, щоб курси професійних дисциплін передбачали прикладне розв'язування проблем фундаментальних наук, пов'язаних із специфікою їхньої роботи, що представлено нашими практичними розробками для курсів теоретичної [293], загальної фізики [207] і методики навчання фізики [307; 492].

Аналіз інтегративного підходу до навчання майбутніх учителів і викладачів фізики ММФ указує на те, що цей процес слід спрямувати на формування специфічних методологічних якостей, властивих для студентів-фізиків. Структура ПП таких фахівців вимагає врахування нелінійних міждисциплінарних зв'язків у процесі проектування змісту навчання ММФ як навчальної дисципліни педагогічного університету.

З погляду знанневої парадигми принцип міждисциплінарних зв'язків передбачає «узгоджене вивчення теорій, законів, понять, методів пізнання і методологічних принципів, спільних для споріднених дисциплін, а також формування спільних для них видів діяльності і систем відношень» [337]. Уважаємо, що в такому формулюванні цей принцип найбільш узгоджено з формально-логічним підходом до навчання ММФ, тому не повною мірою відповідає вимогам компетентнісного підходу. По-перше, зв'язки між дисциплінами задані й статичні, оскільки передбачають виключно «...узгоджене вивчення теорій, законів, понять, методів пізнання і методологічних принципів, спільних для споріднених дисциплін...» [337]. По-друге, він не віддзеркалює компетентнісної сутності міждисциплінарних зв'язків, яка полягає не лише у «...формуванні спільних для споріднених дисциплін видів діяльності і систем відношень» [337], а й у тому, що студент, здобуваючи досвід міждисциплінарного застосування знань, навчається використовувати їх у подальшій навчальній і професійній діяльності. За компетентнісним підходом

принцип міждисциплінарних зв'язків слід наповнити новим змістом, який розширює розуміння цього принципу в знаннєвій парадигмі.

Під *міждисциплінарною інтеграцією* навчання ММФ ми розуміємо взаємопроникнення змісту дисциплін циклу професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики в єдиному освітньому просторі, який володіє цілісним потенціалом розвитку в процесі використання традиційних та інноваційних педагогічних і дидактичних методів, організаційних форм навчання, спрямованого на формування *МКФ*. З огляду на це *міждисциплінарні зв'язки* вважаємо особливо значущими факторами формування, розвитку та утримання цілісності структури МСН ММФ. Ці зв'язки повинні забезпечити можливість отримання нової якості – *інтегрованої*, віддзеркаленої в *результативному компоненті* системи.

Міждисциплінарну інтеграцію ми розглядаємо як один із складників інтегрованого підходу, разом з фундаменталізацією, контекстним, інформаційним і компетентнісним підходами, можливість комплексного застосування яких до навчання студентів ММФ потребує додаткового обґрунтування, що представлено в наступному пункті.

2.4. Обґрунтування можливості застосування інтегрованого підходу до навчання математичних методів фізики

Проблема обґрунтування інтегрованого підходу до навчання ММФ майбутніх учителів і викладачів фізики на засадах комплексного застосування фундаменталізації, міждисциплінарної інтеграції, контекстного навчання, інформаційного й компетентнісного підходів потребує відбору несуперечливих, сумісних і узгоджених дидактичних способів та умов у досягненні цілей і результатів компетентнісно зорієнтованої освіти.

Під час пошуку можливих варіантів вивчення зазначеної проблеми слухними виявилися міркування В. А. Кушніра [206] про методологічні уявлення щодо аналізу педагогічного процесу. Вчений виокремлює два підходи, кожен з яких, на його думку, має право на існування. *Перший підхід* передбачає

передовсім уведення й аналіз понять та категорій, потрібних для методологічного рівня сприймання педагогічного процесу, а потім на їх основі вивчення природи педагогічного процесу та створення його різних моделей. Указаний підхід логічно зрозумілий, схильний до класичного, уявляється як лінійно-послідовний алгоритм формування методологічних поглядів у студентів на основі вихідних положень і понять. З іншого боку, він створює замкнений простір можливостей, тому за потреби введення нових понять (така потреба виникає, наприклад, під час переходу до нової парадигми) вимагає повернення до «початку шляху», що певною мірою спричиняє переструктурування вже створеного простору методологічних уявлень про педагогічний процес.

У *другому підході* вихідною позицією є педагогічна реальність, її природна складність, тому ніщо не заважає побудові методологічних уявлень про цю реальність у тій або тій системі координат, яка й визначатиме вихідні поняття та категорії саме в цій системі координат. Розглядаючи педагогічну реальність в іншій системі координат, вводять нові поняття, досліджують нові властивості – відтак створюється педагогічний процес в іншій формі або, говорячи мовою діалогу, інший педагогічний процес. За такого підходу методологічні знання студентів є поглядами з різних систем координат (парадигм, теорій, підходів), які розглядають як можливі. У кожній системі координат створюються свої модельні уявлення про педагогічний процес знову ж таки як можливі. Такий шлях формування методологічних знань дозволяє додавати до вже створених інші моделі, побудовані на інших поняттях, які ще не розглядалися, тому повернення назад тут непотрібне. Такий підхід формує полілогічні, поліцентричні уявлення про педагогічний процес, до того ж різні центри мають однакове право на існування [206].

Другий підхід віддзеркалює наші уявлення про формування й розвиток інтегрованого результату навчання студентів ММФ і ТФ – МКФ. Інтегрований підхід має поєднувати переваги знаннєвої, контекстної та компетентнісної парадигм освіти, які дають змогу аналізувати процес формування й розвитку МКФ, що відповідає поліцентричним уявленням про моделювання такого

процесу в умовах ПП майбутніх учителів і викладачів фізики. Зважаючи на це, зазначимо, що поліпарадигмальна методологічна система координат, на наш погляд, містить можливості для обґрунтованого вибору теоретичних засад розроблення МСН ММФ у педагогічних університетах.

З цього погляду важливо проаналізувати можливі суперечності, які виникають у разі комплексного застосування фундаменталізації, міждисциплінарного і контекстного підходів у процесі формування й розвитку МКФ. На нашу думку, з'ясувати доцільність вибору однієї з комбінацій можливо під час оцінювання якості ПП фахівців з позицій кожної зазначеної парадигми освіти (рис. 2.7).

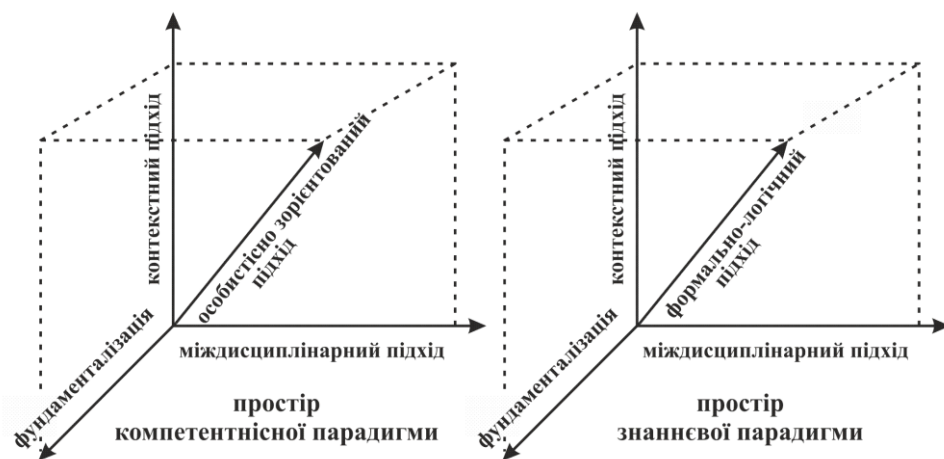


Рис. 2.7. Простори компетентнісної й знаннєвої парадигм щодо навчання математичних методів фізики майбутніх учителів і викладачів фізики

Діяльнісно зорієнтовані контекстний і міждисциплінарний підходи безпосередньо спрямовано на формування в студентів готовності й здатності застосовувати здобуті знання, уміння, навички й інші компетенції в навчальній і професійній діяльності, а фундаменталізацію – на формування базових знань і вмінь з фахової наукової дисципліни «Математичні методи фізики», тому результати навчання ММФ можуть опинитися в різних вимірах – компетентнісної або знаннєвої парадигми освіти, що актуалізує питання про можливість інтеграції цих підходів.

Формально-логічний підхід перебуває в просторі можливостей традиційної, знаннєвої, парадигми і на засадах діяльнісно зорієнтованих

контекстного та міждисциплінарного підходів залишається на позиціях ЗУНівської МСН ММФ і ТФ. Особистісно зорієнтований підхід відповідає запитам нової освітньої парадигми, яка сприяє формуванню професійної компетентності майбутніх учителів і викладачів фізики (див. п. 1.3).

Досягнення цілей освіти передбачає визначення показників її результативності або ефективності. Традиційно результативністю процесу навчання є засвоєння суб'єктами навчання знань, умінь і навичок, а наявні в студентів знання є одним з показників ефективності навчання.

З погляду компетентнісного підходу до навчання ММФ важливим виявляється питання не лише про передачу знань від викладача до студента, а формування умотивованих та ініціативних якостей особистості як суб'єкта навчання, що є предметом дослідження педагогічної психології.

Відомою моделлю, яка описує процес навчання та мислення, є таксономія Б. Блума (Bloom's Taxonomy) [487]. Особливості таксономічного підходу до формування високих навичок мислення студентів представлено в додатку Г.

Як і в будь-якої теоретичної моделі, у таксономії Б. Блума є переваги та недоліки. Основною перевагою є те, що мислення представлено в ній у структурованій та доступній для практиків формі (табл. Г.1). Вочевидь, більшість завдань, починаючи з третього рівня таксономії Б. Блума, мають проблемний характер. Ті викладачі, які користуються рекомендаціями зі складання питань, що належать до різних рівнів таксономії Б. Блума, безумовно, краще розв'язують завдання формування в студентів навичок мислення високого рівня. Для теоретичних курсів фізики – ММФ та ТФ – формування в студентів навичок мислення високого рівня є важливим завданням, що зумовлено вимогами відповідних фахових наукових дисциплін.

Водночас таксономія має чимале значення в теорії навчання. Її важливість зумовлено тим, що багаторівнева структура таксономії дозволяє чітко визначити цілі навчання, формулювати проблеми та ставити завдання студентам, визначати адекватні цілям оціночні інструменти, тобто найважливішою перевагою таксономії Б. Блума є доступність її практичної

реалізації в навчально-виховному процесі.

У вітчизняній педагогіці більш традиційним підходом до оцінювання результатів навчання є поняття якості знань. За твердженням І. Я. Лернера, *знання* – це інформація про реальність, засвоєна до рівня усвідомленості її зовнішніх та внутрішніх зв'язків, шляхів її отримання і *готовності* застосовувати в нових ситуаціях [215].

У педагогіці якість знань визначають як співвіднесення видів знань (закони, теорії, прикладні, методологічні, оцінювальні знання) з елементами змісту освіти й з рівнями засвоєння (В. В. Краєвський [196], І. Я. Лернер [215–217], В. О. Онищук [264], М. М. Скаткін [395] та ін.). Окрім того, у багатьох працях науковці розглядають проблеми розвитку педагогічних здібностей, властивостей і якостей особистості майбутнього вчителя, формування його професійних умінь (С. І. Архангельський [11; 12], О. Ю. Афанасьєва [20], С. А. Баляєва [23], І. А. Зязюн [143], А. І. Кузьмінський [194; 195], Н. В. Кузьміна [197] та ін.).

Найвищим рівнем засвоєних знань є якісні знання, тобто результативність навчання вимірюється передусім якістю знань. Якістю прийнято називати «властивість об'єкта, яка складає його стійку, постійну характеристику» [217, с. 11]. Аналіз наукових розвідок щодо визначення поняття «якість знань» дає змогу стверджувати, що майже всі автори (Е. В. Бондаревська, С. В. Кульневич [44], В. Ф. Паламарчук [274], І. П. Підласий [285], М. М. Фіцула [448] та ін.) трактують поняття якості знань однаково. У працях деяких дидактів (Ю. К. Бабанського [22], В. В. Краєвського [191], М. М. Скаткіна [395]) якість представлено як особистісну властивість, яка є її стійкою, усталеною сутністю, що виявляється через найсуттєвіші якісні характеристики, показники результатів засвоєння знань і вмінь.

На думку І. Я. Лернера, до якостей знань належить декілька основних характеристик (табл. 2. 5). Зазначимо, що найвища з характеристик – «міцність» знань – у цій ієрархічній послідовності має вагому роль як у знаннєвій парадигмі освіти, спрямованій на формування системи міцних залишкових знань, так і в компетентнісній, зорієнтованій на формування базових, універсальних знань, які

утворюють фундаментальне ядро знань не лише для професійної діяльності, але й життєдіяльності. Між усіма елементами якості знань спостерігається взаємодія, проте кожна із зазначених позицій є відносно самостійною і не може заміщуватись іншими.

Таблиця 2.5

Класифікація характеристик якості знань

№ з/п	Назва рівня	Характеристика рівня
1.	<i>Повнота</i>	кількість передбачених програмою знань про об'єкт вивчення
2.	<i>Глибина</i>	кількість усвідомлених істотних зв'язків певного знання з іншими, що до нього належать
3.	<i>Оперативність</i>	готовність і вміння суб'єкта навчання застосувати їх у конкретних ситуаціях
4.	<i>Гнучкість</i>	швидкість знаходження варіативних способів застосування знань за зміни ситуації
5.	<i>Конкретизованість</i>	уміння розкласти знання на елементи, розкрити конкретні вияви узагальненого знання
6.	<i>Узагальненість</i>	уміння виразити конкретне знання в узагальненій формі
7.	<i>Згорнутість</i>	уміння формулювати знання компактно, щільно, згорнуто
8.	<i>Розгорнутість</i>	уміння переходити від компактного до розширеного формулювання знання
9.	<i>Систематичність</i>	розуміння обсягу деякої сукупності знань у їх ієрархічному й послідовному зв'язку
10.	<i>Системність</i>	сукупність знань, яка за своєю структурою відповідає структурі наукової теорії
11.	<i>Усвідомленість</i>	розуміння зв'язку між знаннями через уміння їх застосовувати
12.	<i>Міцність</i>	стійке збереження в пам'яті усталених знань і способів їх застосування, а також готовність здобути нові знання на основі інших

Дослідження проблеми підвищення якості знань з ММФ на засадах теорії якості знань дає змогу виявити нові шляхи підвищення професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики. Найбільш очевидним є міждисциплінарний підхід, який ураховує міждисциплінарні зв'язки курсів ММФ і ТФ та засади контекстного навчання, що забезпечують професійну спрямованість навчального процесу.

Можна припустити, що підвищення якості знань студентів в структурі навчально-пізнавальної діяльності з ТФ забезпечується професійною спрямованістю навчання ММФ, що сприяє підвищенню фундаментальної

підготовки студентів з ММФ.

Для досягнення цієї мети ми визначили декілька напрямів: *цілеспрямоване й безпосереднє* підвищення глибини, оперативності, гнучкості, згорнутості, систематичності, усвідомленості, міцності знань з ММФ і *опосередковане*, через мотивацію до навчання ТФ, – повноти, конкретизованості, узагальненості, розгорнутості та системності знань.

Контекстне навчання ММФ спрямовано на вироблення в студентів навичок застосування математичних методів до аналізу різноманітних моделей ТФ з погляду різних теоретичних схем, що сприяє формуванню *гнучкості* знань. Зокрема рівняння неперервності в диференціальній формі є найбільш загальною математичною формою представлення законів збереження в фізиці (кількості речовини, електричного заряду, енергії електромагнітного поля, імовірності місцеперебування мікрооб'єкта, фазового об'єму та ін.).

Не зменшуючи значення всіх представлених характеристик якості знань, зупинимось на тих, які, на наш погляд, найбільшою мірою зазнають впливу в навчанні ММФ на засадах контекстного підходу.

Повнота знань. Упровадження контекстного навчання в усі розділи ММФ забезпечує формування в студентів стійкого інтересу до дисципліни загалом. При цьому на основі широкого кола математичних знань і методів, формуються вміння застосовувати ММФ у навчально-пізнавальній діяльності за різних умов організації навчання. Системне застосування принципів контекстного навчання дає змогу вивчати всі розділи ММФ з єдиних позицій з демонстрацією студентам універсальних можливостей математичних методів, їх прикладного потенціалу в теоретичній фізиці, із зосередженням уваги на тому, що всі розділи ММФ не лише мають значення для ТФ, але й створюють її інваріантну теоретичну основу, яка розкриває перспективи подальшого розвитку фізики як науки. Такий підхід, безумовно, не лише посприяє формуванню позитивної мотивації до навчання фізики, а й дозволить застосовувати сформовані вміння для засвоєння змісту курсу ТФ, для аналізу спостережуваних фізичних процесів і явищ у лабораторному фізичному практикумі, науково-дослідницькій роботі

тощо. Як бачимо, контекстне навчання ММФ сприяє досягненню повноти знань.

Глибина знань. У процесі контекстного навчання ММФ у студентів виробляються вміння щодо засвоєння основних методів побудови математичних моделей різноманітних фізичних систем, процесу або явища у фізичній системі та розуміння відбору, адекватних меті дослідження, математичних методів до аналізу їхніх навчально-пізнавальних завдань. До того ж важливо, щоб студенти оволоділи також методами дослідження коректності утворюваних при цьому математичних задач, ознайомилися з методами побудови дискретних аналогів диференціальних задач і алгоритмів їх розв'язання. Для дослідження математичних моделей фізики досить часто потрібні знання не з одного розділу математичної фізики, а такі, що не зв'язані між собою логікою традиційного послідовно-логічного навчання. Більшість теоретичних моделей фізики можна дослідити за допомогою варіативних математичних методів, що зумовлено складністю виявів спостережуваних властивостей змодельованого об'єкта природи. У процесі розв'язування таких прикладних задач у студентів формуються нові *усвідомлені зв'язки* між знаннями, тобто відбувається *поглиблення знань*.

Наведемо приклад контекстно зорієнтованої задачі і її розв'язання, що ілюструє утворення усвідомлених зв'язків.

Задача. Дослідити характер ліній скалярного електростатичного поля, джерелом якого є додатньо заряджена нерухома куля.

Розв'язання: Зі шкільного курсу фізики студентам добре відома демонстрація векторних ліній електростатичного поля від зарядженої кулі, характер векторних ліній напруженості \vec{E} такого поля радіальний, рис. 2.8 а. Потенціал кожної точки поля моделює скалярне поле $\varphi(r)$, яке залежить від довжини радіус-вектора $|\vec{r}|$ точок поля. У проекції на площину x_0y аналітичне представлення радіус-вектора $\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j}$ (рис. 2.8 б), а представлення поля $\varphi(x, y)$ є математичною функцією двох змінних:

$$\varphi(x, y) = (x^2 + y^2)^{-\frac{1}{2}},$$

де $r = (x^2 + y^2)^{\frac{1}{2}}$ – довжина радіус-вектора будь-якої точки поля.

Важливо, що ця довжина є інваріантним параметром для інерціальних систем відліку, тобто незмінною в процесі переходу від однієї системи до іншої.

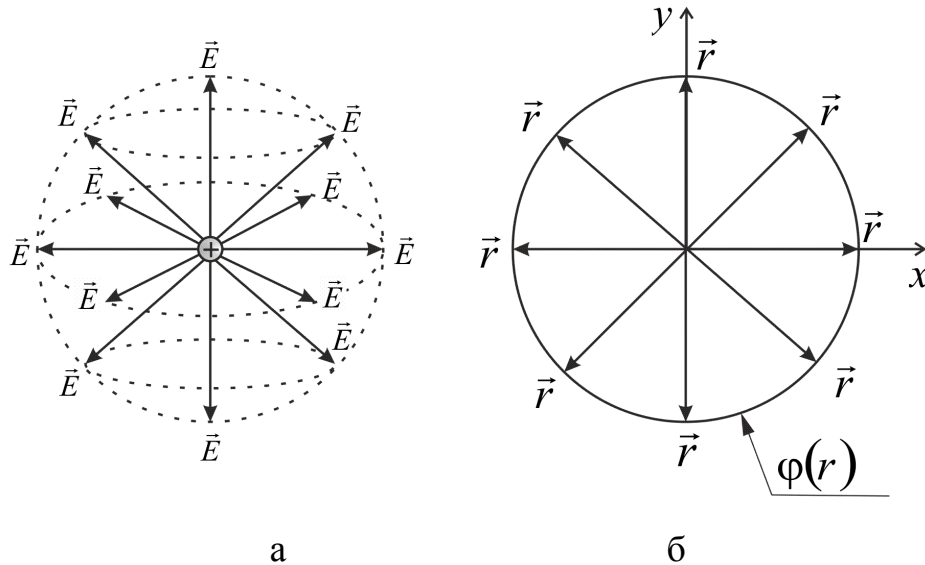


Рис. 2.8. Радіальний характер ліній електростатичного поля

Скалярне поле електростатичного потенціалу можна подати через інваріантну величину – довжину радіус-вектора точок цього поля: $\varphi(r) = 1/r$.

Для аналізу характеру розташування ліній поля $\varphi(r)$ потрібно скористатись інваріантною диференціальною характеристикою, якою для скалярних типів полів є їхній градієнт. Розв'язання задачі доцільно виконати з використанням аналітичного або інваріантного означення градієнта:

1. Спочатку застосуємо аналітичний підхід через представлення радіус-вектора в аналітичній формі $\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j}$ та аналітичне означення градієнта:

$$\text{grad } \varphi(x, y) \equiv \vec{\nabla} \varphi = \frac{\partial \varphi}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial \varphi}{\partial y} \vec{j},$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial x} = -\frac{1}{2}(x^2 + y^2)^{-\frac{3}{2}} \cdot 2x = -\frac{x}{(x^2 + y^2)^{3/2}}; \quad \frac{\partial \varphi}{\partial y} = -\frac{1}{2}(x^2 + y^2)^{-\frac{3}{2}} \cdot 2y = -\frac{y}{(x^2 + y^2)^{3/2}}.$$

Векторне представлення результату з урахуванням того, що $\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j}$:

$$\text{grad } \varphi = -\frac{x}{r^3} \vec{i} - \frac{y}{r^3} \vec{j} = -\frac{\vec{r}}{r^3},$$

де $\vec{n} = \frac{\vec{r}}{r}$ – одиничний вектор напрямку до еквіпотенціальної лінії поля $\varphi(r)$.

2. Якщо врахувати, що $\varphi(r)$ – функція однієї змінної, тоді:

$$\text{grad} \varphi(r) = \varphi'(r) \frac{\vec{r}}{r}, \text{ або } \text{grad} \frac{1}{r} = -\frac{1}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r} = -\frac{\vec{r}}{r^3}, \text{ або } \text{grad} \frac{1}{r} = -\frac{1}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r}.$$

Знак «мінус» в отриманому виразі вказує на те, що додатній заряд, який ми обрали за джерело електростатичного поля, буде й джерелом векторного поля градієнта $\varphi(r)$. При цьому векторні лінії градієнта скалярного поля $\varphi(r)$ вказуватимуть на те, що в процесі віддалення від його джерела, величина (модуль градієнта) буде зменшуватися (рис. 2.9).

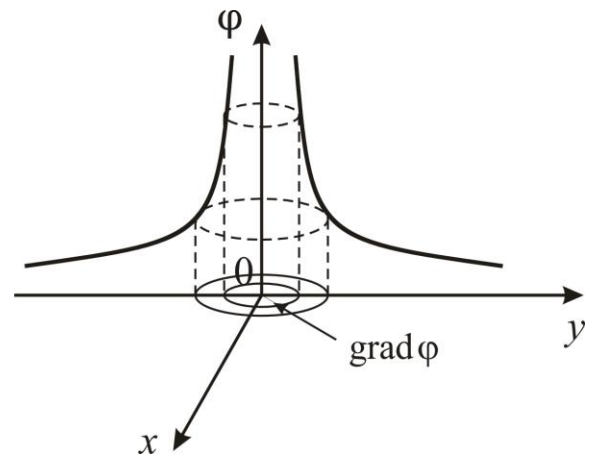


Рис. 2.9. Графічні лінії градієнта скалярного електростатичного поля

Порівняння обох підходів дає змогу стверджувати, що другий варіант є більш раціональним, тому для розв'язування задач з фізики на засадах математичного моделювання пошук інваріантних математичних перетворень є найбільш перспективним.

З'ясуємо зміст одержаного розв'язку.

1) Нескладно побачити, що еквіпотенціальні лінії скалярного поля $\varphi(r)$ задовольняють рівнянню $x^2 + y^2 = \text{const}$, тобто є колами з центром на початку координат.

2) Функція φ залежить від відстані r до центру джерела поля, тому в 3-вимірному просторі цю функцію геометрично вважають поверхнею обертання.

Якщо перетинати цю поверхню площиною $x = 0$, отримаємо лінію $\varphi = 1/y$ – це правобічна гіпербола, асимптотами якої є вісі y і φ , тобто в об'ємі маємо гіперболоїд обертання. З рисунку 2.10 видно, що в будь-якій точці площини

xOy найбільше зростання висоти спрямовано до центру. При цьому крутизна підйому φ з наближенням до центру зростає все швидше. Це відповідає тому, що довжина вектора $\vec{\nabla}\varphi$:

$$|\text{grad}\varphi| = \sqrt{\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial y}\right)^2} = \sqrt{\frac{x^2}{(x^2 + y^2)^3} + \frac{y^2}{(x^2 + y^2)^3}} = \sqrt{\frac{1}{(x^2 + y^2)^2}} = \frac{1}{x^2 + y^2} = \frac{1}{r^2}.$$

Отже, довжина вектора градієнта зростає обернено пропорційно квадрату радіус-вектора точки вздовж напрямку до початку координат. Еквіпотенціальні лінії поля нееквідистантні й розташовуються в порядку відповідно до джерела поля обернено пропорційно квадрату відстані, рис. 2.10.

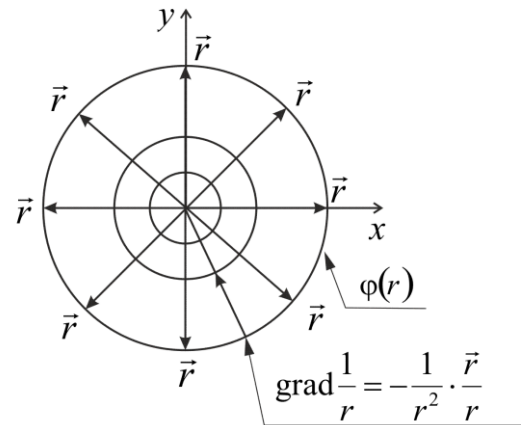


Рис. 2.10. Розподіл еквіпотенціальних ліній електростатичного поля

Характер розташування ліній поля $\varphi(r)$ указує на те, що електростатичне поле, володіє властивістю ізотропності для векторних ліній $\vec{E}(\vec{r})$, проте за скалярною характеристикою $\varphi(r)$ є неоднорідним. Ці властивості можна описати досить простою математичною моделлю, яку в математичній і теоретичній фізиці іменують градієнтним співвідношенням: $\vec{E}(\vec{r}) = -\text{grad}\varphi(r)$.

Зауваження: Не зважаючи на очевидні переваги інваріантного підходу до розв'язання задачі, не слід применшувати важливості аналітичних методів розв'язування задач, оскільки аналітичні підходи інколи значно спрощують аналіз складних за виявом фізичних об'єктів і уможливають їх адаптацію до шкільних умов, наприклад, у процесі дослідження властивостей механічного руху тіла, кинутого під кутом до горизонту.

У курсі ТФ важливо сформулювати в студентів чітке розуміння про варіативність математичного моделювання тих самих фізичних систем. Кожна

математична модель має переваги і недоліки залежно від умов постановки задачі. Зокрема для розв'язування задач з електростатики загальноприйнятими для дидактики фізики вищої школи є декілька методів: застосування принципу суперпозиції або теореми Гаусса, розв'язування рівнянь Пуассона і Лапласа, метод електричних зображень тощо. Кожен із згаданих методів обґрунтовано отримав право на існування в навчальних курсах фізики, сприяючи формуванню в студентів не лише теоретичного, але й критичного мислення щодо раціонального вибору методології прикладних досліджень. У цьому разі важливим є *прикладний аспект* навчально-пізнавальної діяльності з ТФ, який моделює контекст подальшої навчальної або професійної діяльності майбутнього фахівця, сприяючи позитивній мотивації до сприйняття курсу ММФ.

Розв'язання розглянутої вище професійно зорієнтованої задачі контекстного змісту формує в студентів нові зв'язки між знаннями курсу ММФ і сприяє більш глибокому розумінню навчального матеріалу. Наш досвід викладання курсу ММФ і ТФ для майбутніх учителів і викладачів фізики підтверджує позитивний ефект, який формують задачі такого типу.

Гнучкість і системність знань. Гнучкість знань, яка формується в студентів у процесі навчання ММФ, є тією якістю, яка безпосередньо впливає на остаточний результат їхньої теоретичної та практичної підготовки з ММФ, сприяючи формуванню в майбутнього фахівця готовності й здатності розв'язувати фізичні задачі на практиці.

Кожна задача математичної фізики, наповнена прикладним контекстним змістом, посідає своє місце в складній системі ПП майбутніх учителів і викладачів фізики. Відсутність сформованих умінь добирати і застосувати адекватні умові задачі з фізики математичні методи для більшої групи таких задач може спричинити спроби «винаходу колеса», тобто важливою характеристикою якості знань є їхня *системність* – сукупність знань, що за структурою відповідає структурі наукової теорії. Прикладом професійно зорієнтованої задачі, яка забезпечує формування *системності знань* може бути проста шкільна фізична задача на застосування законів збереження.

Задача: Описати характер руху тіла масою m на пружині жорсткістю k , якщо його максимальне відхилення від положення рівноваги x_{\max} . Відшукати максимальну швидкість v_{\max} руху тіла.

У шкільному курсі фізики розв'язати цю задачу аналітично неможливо, проте застосування закону збереження механічної енергії для замкненої системи «тіло-пружина» забезпечує очевидність розв'язання.

Для відповіді на перше запитання щодо характеру руху тіла на пружині, достатньо спостереження – рух коливальний; для математичної форми представлення цього руху достатньо знати означення гармонійних коливань, які в шкільному курсі фізики представлено елементарними тригонометричними функціями «синус» або «косинус», зокрема:

$$x(t) = A \sin(\omega t + \varphi_0),$$

де $A = x_{\max}$ – амплітуда коливального процесу, ω – циклічна частота коливань, φ_0 – початкова фаза коливань.

Для отримання відповіді на другу частину завдання (про максимальну швидкість тіла, що коливається) достатньо записати одне співвідношення:

$$\frac{mv_{\max}^2}{2} = \frac{kx_{\max}^2}{2},$$

яке віддзеркалює зміст закону збереження енергії для системи «тіло-пружина» і отримати шуканий результат:

$$v_{\max} = x_{\max} \sqrt{\frac{k}{m}}.$$

Згідно із стандартною класифікацією задач, пропонована задача для шкільного курсу фізики є *простою*, але якщо в умові задачі передбачено завдання описати характер руху тіла на пружині, то без аналітичних математичних методик аналізу механічного руху не обійтися, що доцільно продемонструвати студентам.

Механічний коливальний рух частинки на пружині можна описати за стандартною моделлю класичного осцилятора, рух якого задовольняє

основному рівнянню динаміки матеріальної точки:

$$m\ddot{x}(t) = -kx(t),$$

це диференціальне рівняння другого порядку для функції $x(t)$, клас якого легко оцінити, якщо представити в канонічній формі:

$$m\ddot{x}(t) + kx(t) = 0, \text{ або } \ddot{x}(t) + \frac{k}{m}x(t) = 0, \text{ або } \ddot{x}(t) + \omega^2x(t) = 0,$$

тобто лінійним диференціальним рівнянням другого порядку зі сталим коефіцієнтом $\omega^2 = k/m$, що є циклічною частотою класичного механічного осцилятора, зміст якої так складно зрозуміти з використанням лише описового підходу її представлення в шкільному курсі фізики, тобто на цьому етапі розв'язування задачі відбувається поглиблення знань студентів з фізики.

Для розв'язування отриманого диференціального рівняння потрібно представити його в скалярній формі (точніше псевдоскалярній), спроектувавши на напрям прискорення $\ddot{x}(t)$, та скласти з урахуванням порядку похідних відповідне характеристичне рівняння:

$$r^2 + \omega^2 = 0,$$

його корені $r_1 = i\omega$; $r_2 = -i\omega$. Отже, загальний розв'язок цього рівняння задовольняє розв'язку Ейлера:

$$x(t) = C_1 e^{i\omega t} + C_2 e^{-i\omega t},$$

де C_1 і C_2 – сталі інтегрування. Загальний розв'язок є трансцендентним і позбавитись уявної одиниці в його представленні дають змогу формули Ейлера:

$$\begin{cases} e^{i\omega t} = \cos \omega t + i \sin \omega t, \\ e^{-i\omega t} = \cos \omega t - i \sin \omega t. \end{cases}$$

Очевидно, що трансцендентна форма розв'язку з наявною в ньому уявною одиницею не має права на існування в шкільному курсі фізики, проте на вищому рівні вивчення фізики є важливим елементом, що поглиблює знання студентів.

За формулами Ейлера нескладно перейти до тригонометричної форми представлення розв'язку рівняння в звичній для шкільного курсу фізики формі:

$$x(t) = A \sin(\omega t + \varphi_0),$$

де A і φ_0 – інші сталі інтегрування, однак основним є те, що їх дві: кількість сталих інтегрування задовольняє порядку похідних диференціального рівняння.

З'ясування фізичного змісту сталих інтегрування сприяє усвідомленню студентами частинного розв'язку дифрівняння, який можна отримати з урахуванням початкових умов задачі:

$$\begin{cases} x(t)|_{t=0} = A \sin(\omega t + \varphi_0)|_{t=0} \\ \dot{x}(t)|_{t=0} = \frac{d}{dt} [A \sin(\omega t + \varphi_0)]|_{t=0} \end{cases} \quad \text{або} \quad \begin{cases} x(t)|_{t=0} = A \sin \varphi_0 \\ \dot{x}(t)|_{t=0} = A \omega \cos \varphi_0 \end{cases}$$

За умови задачі $x(t)|_{t=0} = x_{\max}$, $\dot{x}(t)|_{t=0} = 0$ їй відповідає $x_{\max} = A \sin \varphi_0$, $0 = A \omega \cos \varphi_0$. Останнє співвідношення засвідчує, що $\cos \varphi_0 = 0$, коли $\varphi_0 = \pi/2$.

Підставляємо цей результат у перше співвідношення і отримуємо, що $x_{\max} = A$, дійсно амплітуда – це і є максимальне відхилення тіла від положення рівноваги.

Отже, частинним розв'язком дифрівняння є функція:

$$x(t) = x_{\max} \sin \omega t,$$

яка описує коливальний рух тіла на пружині. Робимо висновок, що тіло за таких умов коливається за законом синуса із максимально можливою амплітудою x_{\max} і сталою циклічною частотою $\omega = \sqrt{k/m}$, зміст якої пов'язано з параметрами коливальної системи: масою тіла m і жорсткістю пружини k .

Для знаходження швидкості руху тіла розв'язання слід продовжити і скористатись означенням миттєвої швидкості:

$$v = \dot{x}(t), \text{ тобто } v(t) = x_{\max} \omega \cos \omega t,$$

де $x_{\max} \omega = v_{\max}$ і є максимальна швидкість руху тіла. Оскільки $\omega = \sqrt{k/m}$, маємо остаточну відповідь:

$$v_{\max} = x_{\max} \sqrt{\frac{k}{m}}.$$

Як бачимо, шкільний підхід до розв'язування задачі і математичний аналітичний розв'язок узгоджено. Узгоджувальним об'єктивним критерієм у

першому випадку був закон збереження енергії, у другому – основне рівняння динаміки матеріальної точки.

Математична фізика – це галузь прикладної математики, тому важливо сформулювати в студентів стійке і системне розуміння того, що об'єктивними критеріями математичного моделювання фізичних систем, явища або процесу є емпіричні закони і теоретичні принципи фізики. У наведеному прикладі використано обидва критерії, проте ще є методичні зауваження. Для шкільного варіанту розв'язування задачі закон збереження енергії є наслідком емпіричних узагальнень, а в курсі ТФ є наслідком теореми про зміну кінетичної енергії точки або однорідності часу [299]. Варіативність методів обґрунтування законів або принципів фізики потребує спеціальної підготовки з ММФ.

У процесі розв'язання запропонованої задачі можна зробити такі висновки:

1. Математичне моделювання механічного коливального процесу узгоджує інтегральні наслідки відповідного дифрівняння з наслідками застосування закону збереження повної механічної енергії для системи «тіло-пружина» та сприяє: *поглибленню знань з математики* (застосування формул Ейлера через перетворення трансцендентних форм загального розв'язку задачі); *поглибленню знань з фізики*, формуючи в студентів розуміння значущості фундаментальних законів і теоретичних принципів фізики; *системному* баченню класу відповідного диференціального рівняння для моделі *основного рівняння механіки* з-поміж групи диференціальних рівнянь іншого типу (нелінійних, неоднорідних, зі змінними коефіцієнтами та ін.); *глибині знань*, унаочнюючи зв'язок між трансцендентними формами представлення загального розв'язку задачі; *конкретизованості* в процесі з'ясування фізичного змісту коефіцієнта та сталих інтегрування відповідного дифрівняння; *узагальненості* в процесі представлення дифрівняння в канонічному вигляді; *згорнутості* під час представлення загального розв'язку задачі в адаптованій до шкільних умов тригонометричній формі; *системності* у виборі методу розв'язування задачі з погляду фундаментального закону або принципу фізики.

2. Пропонований варіант задачі наповнено не лише прикладною, але й

професійною зорієнтованістю навчання ММФ, що в процесі розв'язування вказує на інтегративні чинники взаємодії фізики (закон збереження) і математики (диференціального рівняння). Комплексний аналіз розв'язків установлює умови відбору методів, які сприяють адаптації фізико-математичних знань у шкільних умовах. Під час такого порівняльного аналізу в студентів формується розуміння того, що для вибору раціонального способу розв'язування задачі важливим є аналіз її умови. Якщо в умові задачі потрібно порівняти два проміжні стани від взаємодії системи «тіло-пружина», то застосовувати аналітичні підходи до аналізу задачі не варто. Якщо ж потрібно описати неперервну послідовність від взаємодії «тіло-пружина», то цьому посприє розв'язання диференціального рівняння.

3. У процесі розв'язування цієї задачі відкриваються перспективи для пошуку дидактичних можливостей представлення закону збереження енергії з погляду принципу симетрії в курсі теоретичної фізики [299].

На наш погляд, *гнучкість* є найбільш складною для формування якістю знань з погляду професійно зорієнтованого контексту навчання ММФ, оскільки її неможливо сформулювати лише за допомогою змісту відповідної фахової наукової дисципліни. Дисципліну «Математичні методи фізики» в циклі дисциплін ПП майбутніх учителів і викладачів фізики представлено невеликим обсягом годин, які передбачено навчальними планами для її засвоєння студентами другого курсу навчання, що не мають досвіду навчально-пізнавальної діяльності з фізики, щоб сприймати задачі контекстного змісту неklasичних розділів математичної фізики. З огляду на це досить суперечливим є питання доцільності контекстного підходу до розв'язування неklasичних розділів ММФ, зокрема теорії самоспряжених операторів у гільбертовому просторі, що є математичною основою квантової механіки, теорії груп тощо. На нашу думку, наявність задач контекстного змісту є проблематичною в змісті цих розділів, оскільки це унеможлиблює дотримання принципу наступності навчання, тому останні два розділи дисципліни «Математичні методи фізики» дещо формалізовані, що виявляється в більшості математичних дисциплін.

Усе, що студент знає й уміє, він засвоює в процесі діяльності, тому

формування *гнучкості* як уміння самостійно застосовувати знання в змінених умовах можна досягнути лише в процесі відповідної навчальної діяльності, у проектуванні якої важливим фактором є пошук шляхів застосування вже сформованих знань у нових ситуаціях. Наприклад, такими видами навчальної діяльності є розв'язування задач, яким підходить хоча б одна з-поміж названих характеристик: *творчі, прикладні, винахідницькі*.

З позицій контекстного підходу до навчання ММФ відшукати в змісті цієї дисципліни такі задачі, з першого погляду, є проблематичним, проте реальним завданням. У процесі розв'язання цієї проблеми важливими виявилися міждисциплінарні зв'язки дисциплін, які студенти вивчають разом з ММФ. Зокрема це курс загальної фізики, узгоджений за змістом трьох відповідних розділів: механіки, молекулярної фізики, електродинаміки. При цьому слід ураховувати, що під час вивчення загальної фізики в студентів формуються передусім експериментаторські компетентності засобами навчального фізичного експерименту.

У процесі застосування формально-логічного підходу до навчання ММФ розвиток гнучкості знань у межах змістового компонента відповідної фахової наукової дисципліни завдяки залученню засобів навчального фізичного експерименту, навіть на засадах контекстного підходу, є абсолютно неприйнятною ідеєю. З погляду компетентнісного підходу ця ідея для розв'язування творчих, прикладних і винахідницьких завдань з фізики не видається такою вже й абсурдною. Формування в майбутнього вчителя і викладача фізики цілісних *методологічних поглядів* про фізику як науку через властиву їй дуалістичну методологію є нагальною потребою, тому в змісті завдань творчого, дослідницького характеру ми передбачаємо можливість залучення засобів навчального фізичного експерименту за рахунок *варіативного складника* процесуального компонента МСН ММФ. Зрозуміло, що зміст цих завдань слід узгоджувати із змістом навчання. З дотриманням принципів науковості, наступності тощо [317]. При цьому важливо врахувати всі обґрунтовані вище підходи до навчання ММФ: фундаменталізацію,

міждисциплінарний, контекстний і компетентнісний підходи, комплексне застосування яких створює можливості, які *не заперечують ймовірного впливу* на формування й розвиток МКФ усіх дисциплін, щоб залучити прийнятні для навчальних цілей методи в процесі становлення фахівця як професіонала і як розвинутої особистості.

Вивчення ММФ на другому курсі підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики характеризується тим, що студенти завжди можуть вільно користуватися навчальними лабораторіями з механіки, молекулярної фізики й електродинаміки. При цьому обов'язковим є узгодження змісту дослідницького завдання зі змістом відповідних розділів.

Методологія навчально-пізнавальної діяльності, підґрунтям якої є науковий метод пізнання природи, – це інструмент для розвитку пізнавальної та творчої ініціативи студентів, що сприяє формуванню самостійності, розвитку мислення та спонукає до діяльності. Розвиток сучасних наукових методів пізнання започатковано в працях Г. Галілея [222], І. Ньютона [261] й інших. Слід зазначити, що засновник теоретичної фізики І. Ньютон жодного разу, описуючи свої математичні начала натурфілософії, не забував про експеримент, і в цьому вся їхня сила. На наш погляд, найбільш повне визначення сутності сучасного наукового методу пізнання належить А. Ейнштейну (1952): «1. Нам відомі Е – безпосередні дані чуттєвого досвіду. 2. А – це аксіоми, з яких ми виводимо наслідки. Психологічно А ґрунтуються на Е, однак жодного логічного пояснення, що веде від Е до А, немає. Існує лише інтуїтивний (психологічний) зв'язок, який постійно «поновлюється». 3. З аксіом А логічно виводяться частинні твердження S, які можуть претендувати на чітку визначеність. 4. Твердження S порівнюється з Е (перевірка дослідом). Отже, ця процедура належить до нелогічної (інтуїтивної) галузі, оскільки відношення понять, що містяться в S, стосуються безпосередніх даних чуттєвого досвіду Е» [478, с. 369–370]. Очевидно, що процес наукового пізнання складає замкнений цикл, який починається з експерименту й ним завершується.

Організація навчально-пізнавальної діяльності студентів на засадах

принципу циклічності потребує дотримання декількох умов: по-перше, перехід від фактів до моделі слід здійснювати в спільній діяльності викладача зі студентами, без покликань на авторитети, з усіляким заохоченням їхньої самостійності у висуненні правдивих гіпотез; по-друге, під час переходу від наслідків теорії до умов експерименту варто ознайомити студентів із сучасними умовами і можливостями експериментування; по-третє, система експериментів, яка обґрунтовує фізичну теорію повинна охоплювати як демонстраційні, так і лабораторні форми навчального фізичного експерименту та виконання додаткових експериментальних завдань, що забезпечує організацію ефективної навчально-пізнавальної діяльності, зокрема й науково-дослідницької роботи. *Оптимальною* є ситуація, коли навчальний експеримент тісно пов'язано з теоретичними основами вивчення досліджуваного фізичного процесу або явища. Це означає, що такий експеримент є не ілюстративним, а доказовим, а його результат дає вичерпне пояснення [226].

У процесі наукового пізнання перехід від фактів до моделі і від наслідків до експерименту є інтуїтивним, що характерно для теоретичного мислення. Розв'язування задач з фізики також сприяє розвитку мислення, проте розрахунковий тип задач не торкається глибинних процесів об'єктивної реальності, яку досліджують у процесі розв'язування дослідницьких задач. Іншими словами, можна навчитися розв'язувати задачі, але не знати фізики, тобто важливо формувати в студентів досвід не лише репродуктивної, але й продуктивної діяльності.

Дещо інакше відбувається процес розв'язування експериментальних завдань, коли етап теоретичного аналізу емпіричних фактів передує формулюванню умови задачі або коли отриманий результат теоретичного розв'язку потрібно підтвердити в умовах натурного експерименту. Кожну з таких задач відповідно до видів навчального експерименту можна реалізувати в демонстраційному або фронтальному варіанті, виконати як частину науково-дослідницької роботи тощо.

Постановка і виконання навчального фізичного експерименту потребує

необхідних умов його реалізації. У створенні умов експерименту важливо підготувати обладнання, зібрати експериментальну установку та виконати належним чином експеримент. Під час отримання результатів спостережень за фізичним явищем або процесом потрібно зосереджувати увагу на основних його рисах, за можливості отримати кількісну характеристику спостережуваного. Здійснення такого аналізу вимагає умінь порівнювати отриманий результат з результатами інших експериментів, пояснювати його й прогнозувати нові явища. Слід передбачити низку експериментів та дослідів, які обґрунтовують теоретичні моделі фізики, проблемні та цікаві досліди. У змісті дослідницьких завдань контекстної спрямованості навчання ММФ також доцільно подавати експериментальні задачі, які представляють хоча б один з видів навчального фізичного експерименту.

Наведемо *приклад одного з дослідницьких завдань контекстного змісту*, що сприяє формуванню *гнучкості знань* студентів у навчанні ММФ на засадах принципу «циклічності», що характеризується впровадженням форм і методів виконання вимірювань цифровими приладами [294]. Вагомість таких упроваджень забезпечується виконанням низки *ергономічних вимог* до комплектації навчального обладнання фізичних кабінетів і лабораторій, зокрема принципів «мінімум створює максимум», «підвищення коефіцієнта використання обладнання», «інтеграції засобів навчання», «кількісних вимірювань в демонстраційному експерименті» та ін. [270, с. 336–339].

Приклад завдання пов'язано з математичним моделюванням затухаючих коливань математичного маятника. Математичною моделлю, яка описує такий процес, є диференціальне рівняння затухаючих коливань. Із цією моделлю студентів ознайомлено в курсі загальної фізики, розділі механіка, проте аналіз диференціального рівняння коливального процесу в підручнику з курсу загальної фізики В. П. Дуценка і І. М. Кучерука представлено лише через енергетичні характеристики опису стану коливальної системи [118, с. 175–177]. Такий підхід є виправданим, оскільки студенти, які в першому семестрі другого курсу вивчають розділ механіки, не мають сформованих математичних умінь

аналітичного аналізу коливальних процесів, тому в курсі ММФ доцільно розглянути ще один підхід для отримання того самого інтегрального наслідку, але на інших засадах під час виконання аналітичного розв'язання цієї задачі відповідно до властивості математики чіткості.

Уважаємо, що *повноту, глибину й оперативність знань* щодо цього прикладу вже сформовано, тому не будемо окремо розглядати тривіальні математичні підходи. Зосередимо увагу на формуванні *гнучкості знань*. Для цього слід змінити умови математичного моделювання механічного коливального процесу та надати можливість студентів застосувати здобуті знання на практиці, щоб: 1) перевірити результати теоретичного аналізу в умовах натурного експерименту, сприяючи формуванню *усвідомленості знань*; 2) виявити інші можливі теоретичні підходи до математичного моделювання спостережуваного коливального процесу, результати аналізу якого узгоджуватимуться з попередньо здобутими знаннями студентів, сприяючи формуванню *міцності знань*.

Цільовий компонент пропонованого завдання дослідницького характеру дає змогу максимально охопити можливі характеристики сформованості якості знань. Доцільність таких завдань під час навчання студентів ММФ є виправданою, оскільки саме вони дозволяють досягти найвищих рівнів сформованості якості знань.

Експериментальну установку слід зібрати на базі цифрових вимірювальних приладів: електронних терезів серії SEJ Series і цифрового штангенциркуля STAINLESS HARDENED; саморобного обладнання та типового обладнання фізичного кабінету. Методику виконання експериментального завдання «Визначення добротності математичного маятника», тобто зміст завдання, перелік типового лабораторного обладнання, виготовлення додаткового саморобного обладнання й хід виконання завдання представлено в додатку Д.

Пропонований варіант експериментального віддзеркалення затухаючих механічних коливань є доступним і доцільним для формування в студентів коливально-хвильового концентру в шкільному курсі фізики.

Виконання дослідницьких завдань як можлива форма організації навчально-пізнавальної діяльності в навчанні ММФ майбутніх учителів і викладачів фізики уможливорює формування не лише гнучкості, усвідомленості, міцності, але й системності знань з професійно зорієнтованим змістом.

Доцільність дослідницьких завдань з погляду формування якості знань є очевидною, проте за методами реалізації такий варіант завдання перебуває на міждисциплінарному рівні взаємодії курсу ММФ з курсами загальної фізики й зокрема методики навчання фізики, тому варіанти таких завдань ми пропонуємо розглядати як окремий варіативний блок – *індивідуальні дослідницькі завдання*, що передбачено програмою навчальної дисципліни. Перелік індивідуальних завдань пропонується на вибір студентам на початку семестру і в залежності від його запитів і бажання, тобто студент може обрати на вибір те чи те дослідницьке завдання (див. п. 4.4).

Наведені варіанти організації постановки і виконання експериментальних завдань є прикладами віддзеркалення методів наукового пізнання в навчально-пізнавальній діяльності студентів з фізики. Науковий метод пізнання і методи дослідження явищ природи в змісті навчання мають зорієнтувати студентів на самостійну пізнавальну діяльність, створюючи можливість для розвитку їхніх пізнавальних і творчих здібностей.

Під час ПП майбутніх учителів і викладачів фізики такий підхід реалізовано за допомогою розроблених і запроваджених нами в навчальний процес з фізики прикладних дослідницьких завдань, що викладено в публікаціях і навчально-методичних посібниках [69–72; 74; 209; 282; 297; 299; 309; 322; 332–303; 312; 319–321; 326; 330–333; 492].

Завдання дослідницького характеру належать до класу практично зорієнтованих навчально-пізнавальних завдань з фізики, тому раціональний вибір математичного методу розв'язування таких задач (творчих, дослідницьких, винахідницьких або прикладних, межа між ними досить умовна) ускладнюється тим, що постановка завдання не вказує, які саме математичні методи потрібні досліднику в процесі його розв'язування. Для

закріплення і формування математичних методологічних знань з будь-якої теми до завдання можуть залучатися будь-які об'єкти. Для студента, який починає розв'язувати таке завдання, найскладнішим моментом виявляється вибір базової математичної моделі, оскільки на початку все має виглядає, ніби в казці: «Піди туди – не знаю куди, принеси те – не знаю що».

На нашу думку, розв'язування навчально-пізнавальних практично зорієнтованих завдань [292; 307; 319–321; 330; 333] сприяє формуванню навичок математичного моделювання за спостережуваними фізичними явищами і процесами в змінених умовах, тобто гнучкості знань. Водночас вони забезпечують розвиток творчих здібностей, підвищують інтерес до навчання тощо.

Більшість задач курсу ММФ, наповнених контекстним щодо фізики змістом, є такими, що сприяють формуванню не лише гнучкості, але й системності знань. Системність знань щодо вибору й застосування ММФ у прикладній площині навчання фізики забезпечується тоді, коли професійно спрямована задача реалізується як загальний підхід під час вивчення багатьох її розділів [298; 299].

Основними ознаками *міцності* знань є *глибина* й *усвідомленість* [303]. Якщо прикладна задача містить контекст професійної спрямованості навчання й у процесі математичного моделювання та відбору адекватних математичних методів остаточний результат її розв'язання є професійно значущим, зокрема демонструє студентам можливість адаптації фізико-математичних знань у прикладну площину шкільних умов, то для студентів це виявляється додатковим фактором, що сприяє *міцнішому* засвоєнню знань. Зазначимо, що ефект від застосування професійно зорієнтованих завдань вагомійший, ніж від прикладних, оскільки професійна спрямованість більшою мірою, ніж прикладна сприяє формуванню мотиваційного компонента МКФ. Завдяки цьому досягається й *оперативність* знань. Багаторазове застосування знань розвиває здатність студентів формулювати їх компактно (канонічно), що властиво математичним дослідженням, тобто в такий спосіб формується *згорнутість* знань. Здатність студентів самостійно встановлювати зв'язки між засвоєними

знаннями, а також зв'язки між ними і новими знаннями сприяє формуванню *систематичності* знань.

Важливою рисою прикладних задач ММФ є те, що в процесі їх розв'язання можна з'ясувати межі застосування теорем математичної фізики, з-поміж яких теореми Гаусса і Стокса. Кожна з них у практичних навчальних діях має обмеженість застосування для незамкнених частин простору, зокрема в електростатиці або магнітостатиці, що сприяє *усвідомленості* знань з математичної теорії поля [309].

Контекстна спрямованість навчання ММФ сприяє формуванню багатьох характеристик якості знань, до яких належать: глибина, гнучкість, оперативність, згорнутість, систематичність, усвідомленість, міцність. Інші характеристики якості знань поліпшуються, якщо зберігається логічна послідовність викладання курсу. Окрім того, контекстно зорієнтовані завдання слід застосовувати в єдності з традиційними завданнями і задачами курсу. Поліпшення досягається опосередковано через мотивацію до вивчення ММФ і стосується таких якостей знань, як: повнота, конкретизованість, узагальненість, розгорнутість, системність тощо.

У процесі МКФ для нашого дослідження важливо розглядати математичне моделювання не лише як одну із цілей навчання, але також як методу навчання. Загальновідомо, що математичне моделювання пов'язано з описом і аналізом явищ зовнішнього світу за допомогою математичної символіки. Таке означення процесу математичного моделювання дозволяє побачити його тісний зв'язок з мисленням, що є «неперервним процесом оборотного перекладу інформації з власне психологічної мови просторово-предметних структур, тобто мови образів, на психолінгвістичну, символно-операторну мову, представлену мовними сигналами» [358]. Побудова й дослідження математичних моделей фізики, під час яких «просторово-предметна структура з предметної галузі фізики переходить в лінійну послідовність математичних символів, що описують побудову і дослідження моделі, сприяє узгодженості обох мов мисленнєвого процесу. У такому узгодженні досліджуване явище зображується у вигляді

символу, трансформується в лінійну послідовність мовних сигналів, що зумовлює краще розуміння і явища, і застосованих знань» [181]. З погляду на це, в цільовому компоненті МСН ММФ слід ураховувати не лише формувальні цілі навчання ММФ, але й розвивальні для сприяння розвитку різних типів мислення, конгруентних із системою математичних моделей фізики.

У процесі ПП майбутніх учителів і викладачів фізики контекст професійної діяльності моделюється не сам собою, а з урахуванням додаткових дидактичних умов. Студенти сприймають курс ММФ як безпосередню підготовку до вивчення курсу теоретичної фізики, проте цей курс не є пропедевтичним. Математична фізика є теоретичною основою математичних засад ТФ, повсякчас оновлюючись і динамічно розвиваючись. До того ж існують об'єктивні перешкоди для адаптації наукових знань у площину навчальних (ВНЗ або загальноосвітня школа) дій. Для ВНЗ різного типу (педагогічних, класичних, технічних та ін.) курс ММФ не однаковий, оскільки має значні розбіжності у формулюванні цілей навчання. Контекстна спрямованість навчання ММФ може бути якою завгодно, пов'язаною не лише з фізикою, але й, наприклад, з економікою або соціологією та іншими фаховими науковими дисциплінами. Незважаючи на це, у процесі ПП майбутніх учителів і викладачів фізики значущість ММФ виявляється під час вивчення студентами курсу ТФ і розв'язування фізичних задач, тому поняття контекстна спрямованість навчання ММФ має чітко окреслену прикладну зорієнтованість у структурі навчально-пізнавальної діяльності з ТФ. Водночас слід зважати, що контекст навчання ММФ може бути й *теоретичним*. У формуванні *системності якості знань* студентів, усвідомленого розуміння ними місця математичної фізики в системі наук ця ознака має бути первинною. Нажаль, теоретичний складник контексту вивчено недостатньо. Здебільшого його пов'язано з розвитком теоретичних засад математичної фізики (математичної теорії поля, теорії диференціальних рівнянь, теорії груп, теорії операторів, теорії функції комплексних змінних, дискретної математики, теорії ймовірностей і математичної статистики, методів оптимізації, теорії гри і

дослідження операцій) і відсторонено від прикладного складника – ТФ.

З огляду на викладені аргументи можна зробити низку узагальнень. Зокрема *контекстна спрямованість* навчання ММФ у процесі професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики має три напрями: *теоретично зорієнтований*, пов'язаний з формуванням у студентів умінь здійснювати математичний аналіз систем різної природи з погляду змісту математичної фізики в процесі розв'язування навчальних завдань відповідної наукової дисципліни; *прикладний*, що передбачає формування в студентів здатності до математичного моделювання фізичних систем, явищ і процесів у фізичній системі під час розв'язування практично зорієнтованих навчально-пізнавальних завдань; *професійно зорієнтований* забезпечує формування здатності майбутнього вчителя і викладача фізики застосовувати ММФ у навчальній і професійній діяльності в процесі розв'язування професійно зорієнтованих навчально-пізнавальних завдань.

Професійний контекст сприяє формуванню всіх складників МКФ, розширюючи знаннєві горизонти майбутніх фахівців незалежно від того, якою роботою вони будуть займатися: практичною чи науковою. Відсутність такого контексту значно звужує можливості в досягненні вищих рівнів освіченості. Моделювання професійно зорієнтований контексту навчання в будь-якому з видів навчальної роботи (створення проблемних ситуацій, розв'язування дослідницьких, винахідницьких, творчих задач та ін.) дає змогу студентові перебувати на позиціях дослідника, викликає потребу до пошуку нових знань. Застосування знань у діалектичній єдності з процесом пізнання природи дозволяє набувати ціннісний досвід їх професійного застосування з використанням розвивальної функції навчання та усвідомленням практичної значущості таких знань, тобто контекстна зорієнтованість навчання ММФ не є лінійною й одновимірною оскільки поєднує теоретичний, прикладний та професійно зорієнтовані напрями.

У процесі розгляду взаємодії дидактичних підходів фундаменталізації контекстного та міждисциплінарного підходів до навчання ММФ слід згадати

принцип *інформатизації*, застосування якого зумовлює декілька причин: по-перше, фундаменталізація змісту навчання ММФ потребує врахування такого важливого для розвитку математичної фізики напряму, як розроблення чисельних методів розв'язування диференціальних рівнянь із застосуванням комп'ютерної техніки; по-друге, в умовах формування інформаційного суспільства вагомим принципу інформатизації в освітній галузі значно зросла, оскільки в інформаційному суспільстві засоби інформаційно-комунікаційних і комп'ютерних технологій стали його невіддільними складниками. Нині застосування в навчальному процесі різноманітних інформаційних пакетів, зокрема математичних, мережі Інтернет, освоєння студентами прикладного програмного забезпечення комп'ютерної техніки є потрібною, реалізація якої сприятиме підвищенню якості професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики, розвитку їх інтелектуальних здібностей і формуванню професійної культури, виробленню вмінь жити і працювати в інформаційному суспільстві.

За таких умов слід сприяти формуванню тих складників МКФ, які забезпечують готовність і здатність фахівця застосовувати здобуті знання, уміння й навички дисциплінарного й міждисциплінарного змісту в комплексі з інформаційними комп'ютерними технологіями (ІКТ), тому для реалізації цих ідей потрібне розроблення відповідного методичного забезпечення. Зазвичай формування в студентів здатності застосовувати ІКТ є прерогативою курсу інформатики або спеціальних дисциплін, пов'язаних з розробленням й упровадженням засобів ІКТ. Проблема полягає в тому, що навчання студентів ММФ у змісті відповідної дисципліни передбачає створення *умов* для забезпечення можливості застосовувати в навчальних цілях комп'ютерну техніку, математичні інформаційні пакети, прикладне програмне забезпечення й ін. Такі умови дають змогу з-поміж складників МКФ розглядати також *предметно-інформаційну* компетентність. Для цього потрібний більш високий ступінь інтеграції курсу ММФ з курсом інформатики. Окремим напрямом можна вважати *інформаційно-комунікаційний*, який забезпечує можливість залучення студентів до інформаційного простору, вироблення в них навичок

роботи з інформацією, умінь реферувати, готувати доповідь на семінарське заняття, до захисту науково-дослідницького проекту та інших важливих для вчителя та викладача професійних якостей.

Нині для реалізації навчальних цілей створено велику кількість методичних розробок, у яких представлено різні аспекти комп'ютерного моделювання складних систем, а також типові математичні схеми математичної фізики із залученням методів дискретного і неперервного, стохастичного і детермінованого моделювання. Сформульовано прикладні задачі, з-поміж яких стандартні на моделювання механічних коливань, хвиль, теплопровідності і задачі на розрахунок вихрових потоків рідини, поведження біологічних систем, вивчення розвитку суспільства тощо [109; 147; 199; 227; 368].

Комп'ютерні моделі легко впроваджуються майже в усі форми навчальної діяльності, дозволяючи викладачеві організувати інноваційні види навчальної діяльності (навчання через дослідження, телекомунікаційні проекти). У процесі навчання ММФ комп'ютерне моделювання сприяє формуванню в студентів системи фізико-математичного знання на основі математичних моделей фізики; засвоєнню методології природничо-наукового пізнання і наукового стилю мислення на засадах математичного моделювання; формуванню системи загальних методів та алгоритмів розв'язування прикладних задач математичної фізики, евристичних прийомів пошуку шляхів розв'язування проблем адекватними засобами математичної фізики; розвитку в студентів узагальненого експериментального вміння здійснювати природничо-наукові дослідження обчислювальними методами фізичного пізнання.

До педагогічних умов, які забезпечують реалізацію предметно-інформаційного й інформаційно-комунікаційного контекстів навчання ММФ належать: 1) досвід застосування комп'ютерної техніки під час розв'язування задач із курсу на засадах контекстної спрямованості: теоретичного (математична фізика) – за допомогою обчислювального експерименту; прикладного (фізика) і професійно зорієнтованого (методика навчання фізики) – на засадах комп'ютерного моделювання; 2) досвід застосування засобів ІКТ у

процесі навчальної діяльності й розуміння ролі ІКТ як інтелектуального інструментарію для навчальної та професійної діяльності.

З огляду на сказане можна дійти висновку, що принципи *фундаменталізації, міждисциплінарної інтеграції, контекстного навчання інформатизації* є *дидактичною основою*, яка в компетентнісному підході створює можливості для формування й розвитку МКФ. На нашу думку, потенційні можливості цього підходу нині до кінця не реалізовано.

На основі аналізу змісту навчання ММФ у педагогічних університетах, який передбачає опрацювання навчальних планів підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики; ОПП дисциплін циклу професійної підготовки зазначених фахівців; навчальної літератури (підручників, посібників, збірників задач, методичних рекомендації та ін.), найчастіше рекомендованої робочими програмами, а також семантичний аналіз за ключовими словами; змісту контрольних робіт, тестових завдань, індивідуальних робіт, дослідницьких проектів з курсу ММФ; результатів опитування й анкетування студентів і викладачів отримано оцінки рівнів реалізації принципів окресленої нами теоретичної основи (рис. 2.11).

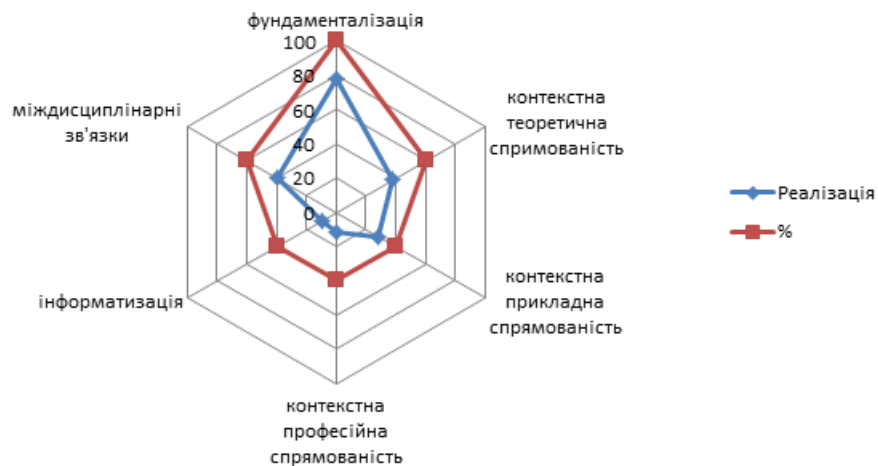


Рис. 2.11. Реалізація теоретичної основи інтегрованого підходу в навчанні математичних методів фізики майбутніх учителів і викладачів фізики

Внутрішня частина діаграми характеризує навчання математичних методів фізики, що спостерігається в більшості педагогічних університетів з позицій знаннєвого підходу до підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики.

Показник фундаменталізації навчання ММФ занижкий – 78 % і пояснюється тим, що змістовий компонент неklasичної і постнеklasичної математичної фізики в цьому курсі майже не представлено, що зумовлено специфікою фізико-математичної підготовки зазначених фахівців та передбачено вимогами ОПП цієї дисципліни. Контекстна спрямованість теоретичного складника перебуває на позиції 38 %, бо система знань математичної фізики є настільки незначною, що неспроможна збалансувати фундаменталізації змісту цієї навчальної дисципліни. Прикладний складник контексту перебуває на позиції 28 % і вказує на те, що практична спрямованість навчальної діяльності містить незначну кількість прикладних задач, наповнених фізичним змістом, професійну спрямованість та інформатизацію навчання в змісті практичних завдань майже не реалізовано, – тому вони перебувають на позиціях 12% і 10 % відповідно; міждисциплінарна інтеграція має показник своєї реалізації 28 %, що зумовлено передусім тісним міждисциплінарним зв'язком з курсом теоретичної фізики. Зовнішня частина діаграми вказує на те, до чого слід прагнути з погляду компетентнісного підходу, щоб збалансувати теоретичну основу МСН ММФ.

Отже, кожен із зображених на діаграмі дидактичних принципів має детермінувати відповідний підходи: принцип фундаменталізації – *фундаменталізацію*; принцип міждисциплінарної інтеграції – *міждисциплінарний підхід*; принцип контекстного навчання – *контекстний підхід* (теоретичний, прикладний і професійно зорієнтовані контексти); принцип інформатизації – *інформаційний підхід* (предметно-інформаційний та інформаційно-комунікаційний контексти). Реалізація принципів теоретичної основи передбачає комплексне застосування відповідних підходів.

Висновки до розділу 2

Науковий аналіз проблеми формування й розвитку МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики під час комплексної реалізації фундаменталізації та діяльнісно зорієнтованих контекстного, міждисциплінарного й інформаційного підходів до навчання ММФ і ТФ дає підстави для таких висновків:

1. Установлено, що фундаменталізація забезпечує формування в студентів довготривалої системи фундаментальних знань і вмінь з ММФ, які забезпечують здатність майбутніх учителів і викладачів фізики використовувати здобуті знання і вміння в подальшій навчальній та професійній діяльності. Для цього важливо не лише визначити інваріантне ядро змісту навчання ММФ, але й врахувати показники інтегративності навчальної дисципліни через наступність у розгортанні її змісту й структури в поєднанні з процесуальним професійно зорієнтованим складником навчання, тобто досягти не розрізненого співіснування, а органічного міждисциплінарного синтезу в межах цілісності професійної освіти. На основі принципу фундаменталізації визначено сім концептуальних засад побудови змісту навчання ММФ та чотири рівні сформованості знань і вмінь з ММФ: предметний, фундаментальний, загальнопрофесійний, особистісний. Виявлено, що цілеспрямованому формуванню знань і вмінь з ММФ на загальнопрофесійному й особистісному рівнях сприяють зорієнтовані на професійну діяльність контекстний та міждисциплінарний підходи, що актуалізує потребу їх застосування.

2. З погляду на принципи контекстного навчання А. О. Вербицького вважаємо, що зміст навчального матеріалу, форми, методи й засоби навчання ММФ майбутніх учителів і викладачів фізики мають відповідати системній логіці побудови курсу ТФ й моделювати в навчально-пізнавальній діяльності студентів контекст квазіпрофесійної діяльності. Контекстний підхід поєднує змістову і процесуальну основи навчання ММФ, тому його забезпечено методикою розв'язування задач і завдань, що представлено в посібниках, упроваджених у практику роботи.

З'ясовано, що інформаційний підхід є дидактичною умовою організації навчально-пізнавальної діяльності студентів з ММФ у структурі навчально-пізнавального процесу з ТФ під час засвоєння методів дослідження коректності математичних задач за допомогою: а) методів побудови дискретних аналогів диференціальних завдань і алгоритмів їх розв'язання для здійснення обчислювального експерименту із залученням комп'ютерної техніки (предметно-

інформаційний контекст), що сприяє формуванню предметно-інформаційної компетентності – готовності й здатності студента застосовувати зазначені методи в навчальній та професійній діяльності; б) засобів ІКТ, ліцензійного і вільно поширюваного програмного забезпечення, математичних інформаційних пакетів, мережі Інтернет, освоєння студентами прикладного програмного забезпечення (інформаційно-комунікаційний контекст) для формування ключової інформаційно-комунікаційної компетентності – готовності та здатності майбутнього фахівця застосовувати в навчальній та професійній діяльності ІКТ. Педагогічними умовами реалізації інформаційного підходу в навчанні ММФ є досвід застосування студентами комп'ютерної техніки, засобів ІКТ і розуміння ролі ІКТ як інтелектуального інструментарію в професійній діяльності.

3. На засадах законів і закономірностей інтеграції знань (корелятивності, імперативності, доповнюваності) та їхніх наслідків обґрунтовано доцільність реалізації інтеграційного підходу до навчання ММФ як одного із засобів, спроможного уніфікувати, об'єднати й сконцентрувати знання на основі взаємопроникнення його елементів, зміцнення й ускладнення зв'язків між ними. Установлено, що процес інтеграції є набагато ширшим, ніж поняття міждисциплінарні зв'язки. Інтеграція не лише зміцнює зв'язок, але й забезпечує взаємопроникнення змісту фахових наукових дисциплін. Визначено структуру інтеграційного підходу до навчання ММФ у циклі дисциплін ПП майбутніх учителів і викладачів фізики та відповідні інтегративні чинники: понятійно-категоріальний апарат математичної та теоретичної фізики, математичне моделювання, стрижневі осередки змісту навчання: диференціальні характеристики скалярних, векторних і тензорних полів, класи диференціальних рівнянь, елементи теорії ймовірностей, математичної теорії груп тощо.

4. Розкрито можливості міждисциплінарної інтеграція процесу навчання ММФ, що забезпечується взаємопроникненням змісту уособлених навчальних дисциплін циклу ПП майбутніх учителів і викладачів фізики в єдиному освітньому просторі, у якому спостерігається цілісний потенціал розвитку завдяки використанню традиційних та інноваційних педагогічних технологій навчання, що

сприяє формуванню МКФ. Урахування міждисциплінарних зв'язків у навчанні ММФ уможлиблює досягнення таких результатів: а) сприяє цілісному і системному засвоєнню фізико-математичних знань, виявляючи специфіку міждисциплінарного комплексу наукових фізико-математичних знань до поєднання субстратної різнорідності та функціональної єдності на відміну від проблеми організації знань; б) забезпечує віддзеркалення в змісті навчання тих діалектичних взаємозв'язків, що об'єктивно існують у природі і пізнаються сучасними науками; в) забезпечує віддзеркалення основних понять і методів, що розкриваються під час занять з інших дисциплін (у курсі загальної фізики математичні методи є засобом систематизації й інтерпретації експериментальних даних в умовах навчального фізичного експерименту, у курсі теоретичної фізики – сприяють віддзеркаленню структури фізичних теорій, постановці задач та врахуванню умов для отримання часткових розв'язків тощо). З цього погляду міждисциплінарні зв'язки є особливо важливими факторами формування, розвитку й утримання цілісності структури МСН ММФ для забезпечення можливості вироблення нової *інтегрованої* якості, віддзеркаленої в *результативному компоненті* методичної системи – математичної компетентності з фізики.

5. Обґрунтовано, що для підвищення якості знань студентів з теоретичних курсів фізики *інтегрований підхід* до навчання ММФ передбачає комплексну реалізацію фундаменталізації змісту навчання; міждисциплінарного підходу до ПП майбутніх учителів і викладачів фізики; контекстного навчання (теоретичного, прикладного, професійно зорієнтованого контекстів); інформаційного підходу (предметно-інформаційного й інформаційно-комунікаційного контекстів); компетентнісного підходу. Обґрунтування кожного з підходів теоретичної основи МСН ММФ здійснено з погляду порівняння компетентнісної і традиційної парадигм освіти в разі їх упровадження в навчальний процес згідно з класифікацією І. Я. Лернера.

Основні положення розділу викладено в публікаціях автора [300; 307; 308; 312; 319; 323; 325; 326; 327; 329; 332; 333; 334].

РОЗДІЛ 3

МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДИЧНОЇ СИСТЕМИ НАВЧАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ ФІЗИКИ У ПЕДАГОГІЧНИХ УНІВЕРСИТЕТАХ

3.1. Методологічні засади системного підходу для розроблення методичної системи навчання математичних методів фізики

Навчання математичних методів фізики майбутніх учителів і викладачів фізики є складником їхньої професійної підготовки, яка має нелінійну структуру, ієрархічні взаємозв'язки, закономірності функціонування, що потребує адекватного методологічного інструментарію для вивчення такого процесу з погляду предмету нашого дослідження.

Одним з методологічних напрямів вивчення складних явищ є системний аналіз – «...метод з підготовки і обґрунтування рішень для розв'язання складних комплексних проблем... Методологія системного аналізу ґрунтується на *системному підході* – напрямі в спеціальній методології науки, завданням якого є розроблення методів дослідження складних за організацією об'єктів. Системний підхід спрямований на розкриття цілісності об'єктів, виявлення в них різноманітних типів зв'язків та зведення їх у єдину теоретичну картину, є певним етапом розвитку методів пізнання, дослідницької діяльності, засобів опису й пояснення природи об'єктів, які аналізуються чи штучно створюються ...» [435, с. 178–179].

Педагогічні системи, з-поміж яких сім'я, школа, педагогічний колектив, педагогічний університет, навчальний процес, належать до класу *соціальних систем*, що потребує спеціальних методів дослідження їх функціонування. На відміну від традиційного *предметного підходу*, який «...передбачає утворення предметного посередника, підтримуючого взаємодію між дослідником і джерелами через опис предметної галузі для класу задач у дефініціях її понять, структури даних, методів розв'язування задач» [263], системний підхід є осучасненим напрямом спеціального-наукового пізнання та соціальної практики.

Теоретичні засади *системного підходу* достатньо обґрунтовано в педагогічних дослідженнях, що дає нам підстави розглядати *процес формування й розвитку МКФ* як *системний об'єкт*, по-перше, для з'ясування основних ознак його належності до класу педагогічних систем, по-друге, для обґрунтованого вибору адекватних методологічних засад розроблення МСН ММФ.

Засновником системного підходу вважають австрійського біолога-теоретика К. Л. фон Берталанфрі, який в 30-х рр. ХХ ст. розробив теорію відкритих біологічних систем, що володіють властивістю еквіфінальності. Для опису таких систем учений застосовував формальний апарат термодинаміки і фізичної хімії, склав програму побудови загальної теорії систем, яка передбачала формулювання загальних принципів і законів поведінки систем незалежно від їх виду і природи складників та відношень між ними; установлення точних законів у нефізичних галузях знань; створення основи для синтезу наукового знання в результаті виявлення ізоморфізму законів у різних сегментах наукового пізнання [444, с. 52].

Сучасну концепцію системного підходу як самостійного наукового напрямку в психолого-педагогічних дослідженнях створено наприкінці 90-х рр. ХХ ст. Її підґрунтям стали здобутки багатьох учених (О. М. Авер'янова [2], С. І. Архангельського [12], В. Г. Афанасьєва [18; 19], Ю. К. Бабанського [21; 22], В. П. Беспалька [30], Б. П. Бітінаса [36], Б. С. Гершунського [83], М. А. Данілова [108], Н. В. Кузьміної [198], В. С. Лазарева [213], І. П. Підласого [289], В. О. Якуніна [483] та ін.). Цю концепцію розвинено також у наукових дослідженнях вітчизняних учених (С. У. Гончаренка [97; 100], І. А. Зязюна [143–145], І. В. Малафіїка [230], І. М. Предборської [447] та ін.), які сформували сучасне бачення системного підходу в педагогічній науці.

Із філософським обґрунтуванням системного підходу невіддільно пов'язано проблему методологічних досліджень, спрямованих на формування специфічної термінології, до якої належить і саме поняття «система». У науковій літературі трапляється близько півсотні різноманітних формулювань поняття «система», деякі з них представлено в табл. 3.1.

Різні погляди на поняття «система»

Першоджерело означення	Визначення терміна
О. І. Ляшенко [223, с. 12]	Численні певним чином упорядковані структурні елементи
В. М. Садовський [366]	Упорядкована кількість елементів
Українська радянська енциклопедія [435, с. 174]	Сукупність якісно визначених елементів (зміст системи), між якими існує закономірний зв'язок чи взаємодія (структура системи). Найважливішими рисами системи є її розчленованість і цілісність

Аналіз табл. 3.1 дозволяє виокремити дві основні позиції щодо визначення дефініції «система»: 1) множина елементів разом з відношеннями між ними; 2) цілісність як суттєва ознака системи.

Розкриваючи психологічні аспекти навчання як процесу управління, В.О. Якунін [483] указує на важливість обох позицій в означенні системи й обґрунтовує неспроможність підходу до формулювання цієї дефініції, що спирається лише на першу з них. На думку науковця, це зумовлено принциповою розбіжністю між поняттями «множина» та «система»: для множини визначальним є елементи, а для *системи генетично первинною є ознака цілісності*. Урахування обох аспектів дає змогу виявити *інваріантну ознаку*: система – це взаємодія множини елементів і їх інтеграція в єдине ціле. Елементи системи обирає дослідник, при цьому кожен об'єкт допускає можливість різних їх поєднань відповідно до визначених критеріїв.

На засадах математичного моделювання системний об'єкт можна описати:

$$\Sigma: \{\{M\}, \{x\}, F\}, \quad (3.1)$$

де $\{M\}$ – множина компонентів системи; $\{x\}$ – множина зв'язків і відношень між ними; F – функція (нова інтегративна властивість) системи, яка характеризує її цілісність [366].

Як бачимо, *системою* є сукупність взаємозв'язаних між собою компонентів унаслідок чого виникає певна *цілісність*, єдність. *Цілісність* означає, що система складається з мінімальної сукупності одиниць, які мають у

ній межу подільності, компоненти системи мають володіти *структурною і функціональною специфічністю*. Зокрема, якщо процес формування і розвитку МКФ множиною компонентів $\{M\}$ охоплює викладача, студента, зміст навчання, а $\{x\}$ – множина зв'язків і відношень між цими компонентами, які реалізуються як методи та прийоми, організаційні форми навчання, а також різні форми і види спілкування між викладачем і студентами, студентів один з одним, ставлення студентів до змісту й засобів навчання, тоді за *інваріантною ознакою* це означатиме, що кожен компонент системи виконує своє *функціональне призначення* лише в тому разі, якщо взаємодіє з іншими компонентами системи, а F – нова *інтегративна властивість* системи, яку можна отримати, урахувавши взаємодію між $\{M\}$ і $\{x\}$. З погляду предмета нашого дослідження такою новою інтегративною властивістю (F -функцією) є математична компетентність з фізики.

У педагогіці *системний підхід* вимагає особливого ставлення до педагогічних об'єктів і «спрямований на розкриття їх цілісності, виявлення в них різноманітних типів зв'язку та зведення їх у єдину теоретичну картину» [100].

Досліджуваний нами процес належить до класу педагогічних систем, тому його функції мають віддзеркалювати особливості педагогічних систем: органічність, цілеспрямованість, соціальність, динамічність, імовірність, відкритість, здатність до самоорганізації [366] й інші ознаки: комунікативні властивості, історичність, спадкоємності, управління тощо [18].

Наявність у об'єкта дослідження *складників* (компонентів), з яких він утворюється, є найпростішою за ієрархією системною ознакою [18]. Дослідження змістового навантаження дефініцій «компонент» і «елемент» дало змогу дійти висновку, що в науковій літературі [39; 100; 435; 462] ці поняття синонімічні: «елемент» (походить від лат. *elementum* – стихія; первинна речовина) визначають як «...нерозкладний (у цій системі) *компонент* складних тіл, матеріальних систем, теоретичних структур» [438, с. 18]. За твердженням В. Г. Афанасьєва, «*елемент* – це мінімальна одиниця, яка володіє основними властивостями аналізованої системи, та яка має межу подільності в системі.

Мінімальна допустима кількість елементів у системі – два» [18].

У визначенні структури, властивостей, взаємовідношень, взаємозв'язків і взаємодії компонентів МСН ММФ на засадах системного підходу ми покладаємося на особливу й внутрішньо єдину дослідницьку позицію І. В. Блауберга [38; 39], В. М. Садовського [366] та Е. Г. Юдіна [480] щодо теоретичного підґрунтя такого підходу. Учені зазначають, що системний підхід як загальна методологія системних досліджень ґрунтується на принципах *цілісності, ієрархічності, структурованості, множинності та системності*.

Принцип *цілісності* дозволяє розглядати систему одночасно як єдине ціле і як підсистему для вищих рівнів. *Ієрархічність* – це сукупність компонентів системи (принаймні двох), підпорядкованих між собою за правилом – від нижчого рівня до вищого (або в зворотному порядку). Кожен компонент системи залежно від своєї значущості підпорядкований іншим компонентам або сам підпорядковує інші компоненти. *Множинність* дає змогу використовувати різноманітні моделі для опису кожного компонента та всієї системи загалом [39].

Зазвичай опис системи починають з визначення параметрів її системотвірних компонентів. При цьому параметричний опис передбачає визначення властивостей ознак, відношень між компонентами системи в процесі емпіричного спостереження, тому **першим кроком** у застосуванні системного підходу до аналізу *процесу формування й розвитку МКФ* є виокремлення в ньому системотвірних компонентів.

Як зазначає С.У. Гончаренко, в педагогічних дослідженнях будь-яку пізнавальну діяльність можна розглядати як систему, складниками якої є: сам *суб'єкт* пізнання (особистість), *процес* пізнання, *продукт* пізнання, *мета*, *умови*, у яких вона перебуває. Складники системи – підсистеми – можна розглядати як самостійні системи [100].

Процес формування й розвитку МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики ми розглядаємо як окрему підсистему в структурі більш загальної системи – професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики в педагогічному університеті (див. п. 2. 3). Окреслену в такий спосіб підсистему

розглядаємо як окрему систему, компоненти якої зображено на схемі (рис. 3.1): цілі, зміст, викладачі та студенти, технології навчання, моніторинг, результати навчання, що не принципово має бути так.

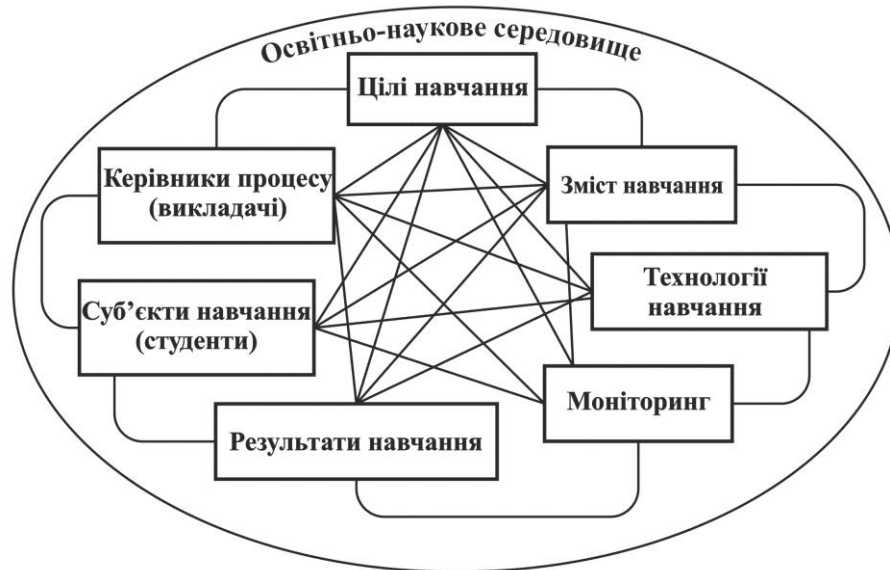


Рис. 3.1. Компоненти процесу формування й розвитку математичної компетентності з фізики майбутніх учителів і викладачів фізики

Незважаючи на це, наявність лише компонентів цього процесу не є основною ознакою його приналежності до систем, він повинен мати й *структуру*, «визначені зв'язки і відношення між елементами» [18], які й «забезпечують її цілісність і тотожність самій собі» [230]. Окреслення структури системи відбувається за *принципом структурування*, який передбачає (за В. Г. Афанасьєвим [18]) не лише об'єднання різних компонентів системи в окремі підсистеми за певними ознаками, а й врахування того, що функціонування системи забезпечується властивостями різноманітних зв'язків з іншими компонентами, які й визначають властивості самої системи.

Спосіб зв'язку між компонентами *визначає структуру системи*, а зв'язок у системі можна розглядати як взаємодію, за якої зміна одного компонента системи зумовлює зміну інших компонентів. Той компонент, який викликав цю взаємодію, також змінюється. Зв'язки існують між окремими компонентами і між компонентом та всією системою загалом, тому **другим етапом**

застосування системного підходу до аналізу процесу формування й розвитку МКФ як системного об'єкта є визначення структури через з'ясування взаємозв'язків з-поміж його властивостей, ознак і відношень, будови системи.

Поняття зв'язків для процесу навчання пов'язують передусім із «системою знань», про структуру якої І. В. Малафіїк дотримується такої думки: «...кожен із системних формотворних компонентів має своє поле зв'язку, яке є полем можливостей. Це означає, що кожен системний формант має своє призначення і, отже, свою функцію відносно інших функціонально-морфологічних частин системи й усієї системи, тим самим реалізує свої можливості впливу на інші системотвірні частини системи. Стосовно одних формантів ці можливості є одними, щодо інших – іншими. Спостерігається своєрідна валентність функціонально-морфологічних зв'язків, їхня адресна спрямованість. Структура системи може містити набір системотвірних компонентів з усією сукупністю усталених між ними зв'язків» [230].

У науковій літературі трапляються й інші підходи до визначення структури педагогічних систем, зокрема через виявлення (за Б. П. Бітінас) *статистичності* (відмова від однозначності й жорсткого детермінізму); *багатомірності* (сприйняття цілісності під час вивчення об'єкта); *ієрархічності* (застосування комбінованого ймовірнісного та системно-структурного підходу) [36, с. 76–80].

У процесі обґрунтування важливості системного підходу до вивчення навчального процесу у ВНЗ С. І. Архангельський зазначає, що «навчальний процес – система специфічна; основна її відмінність від інших систем у тому, що її функціонування відбувається на основі внутрішніх психічних процесів студентів і викладачів, кожен з яких аналізує і формує різноманітні інформаційні потоки з огляду на свою індивідуальну, змістову діяльність під час розв'язання тих або тих загальних задач навчання» [11, с. 24]. На думку вченого, ця особливість навчального процесу потребує, упорядкованого розподілу зв'язків і відношень її компонентів з урахуванням запрограмованого очікування, реального стану функціонування, а також оновленого вибору критеріїв упорядкованості, тобто уточнення окремих процедур системного підходу.

Будь-яка система, до того ж така складно організована, як процес формування й розвитку МКФ, має певну структуру – сукупність стійких зв'язків між її компонентами із забезпеченням цілісності й тотожності самій собі, тобто збереженням основних властивостей під час різних зовнішніх і внутрішніх змін. Структура поєднує компоненти цього процесу в єдине ціле – систему – і надає їй внутрішньої форми і порядку. Структуру системи ми розглядаємо як певну композицію взаємозалежних і взаємозумовлених зв'язків, що втримують компоненти системи в межах цілісного утворення, не даючи системі зруйнуватися. Структура процесу формування й розвитку МКФ не змінюється слідом за його компонентами для цього потрібні зміни, здатні перевести його в інший якісний стан.

Однією з системних ознак формування й розвитку МКФ є наявність у цього процесу *функціональних характеристик* як єдиного цілого, так і окремих компонентів. Ця ознака є важливою в процесі *функціонального* опису об'єкта через «...визначення функціональних залежностей між параметрами, частинами об'єкта або між параметрами і частинами об'єкта...», тому функціональні залежності виводяться з характеристик самого об'єкта [18].

У дослідження І. В. Блауберга та Е. Г. Юдіна виокремлено такі типи зв'язків: *зв'язки взаємодії*; *генетичні зв'язки*, коли один об'єкт виступає як основа для виникнення іншого; *зв'язки перетворення*, тобто перехід об'єкта (компонента) з одного стану в інший; *зв'язки побудови* або структурні; *зв'язки функціональні*, що забезпечують життєдіяльність об'єкта; *зв'язки розвитку*, що забезпечують якісну зміну станів об'єкта; *зв'язки управління* є різновидом функціональних зв'язків, або зв'язків розвитку, які належать до системотвірних. У процесі формування й розвитку МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики виявляються всі згадані зв'язки, якщо розглядати його з позицій МСН ММФ. Вплив одного компонента на інший в системі загалом супроводжується її переходом з одного стану до іншого з виникненням нових системних якостей, що підтверджує наявність зв'язків взаємодії, перетворення, функціональних зв'язків, розвитку та управління. Підстави такі: неможливість

повної формалізації об'єкта управління; багатокритеріальність управління і нечітке завдання самих критеріїв доцільності; наявність у системах людей, які володіють свободою дії в межах функціонування системи, що створює можливості для загальної теорії прийняття педагогічних рішень [39].

Між компонентами системи існує значна кількість зв'язків і відношень, тому, на нашу думку, важливе місце з-поміж них посідають *системотвірні зв'язки* – *системоутворювальний фактор G* , який має враховувати одну або декілька основних функцій системи.

Процесу формування й розвитку МКФ, окрім особливої структури, зв'язків і відношень між компонентами, характеризується *цілеспрямованістю* на результат – МКФ. Якщо припустити, що цілеспрямованість є визначальною рисою, тоді вона й буде системоутворювальним фактором G й у формулі (3.1) – додатковим елементом:

$$\Sigma: \{\{M\}, \{x\}, F, G\}.$$

Водночас слід враховувати, що процес формування й розвитку МКФ взаємодіє з освітнім середовищем, а це позначається не лише на F властивостях системи, але й на основних системоутворювальних факторах G .

Аналіз літератури [2; 5; 230] щодо визначення системотвірних чинників указує на існування принаймні двох напрямів: перший, якого дотримуються переважно дослідники природничих наук, полягає у вивченні специфіки системотвірних зв'язків у кожній конкретній системі; другий характеризується спробами виокремлення специфіки, унікальності конкретних системотвірних чинників загальної закономірності, яка властива всім системам без винятку, але виявляється по-різному, на різних рівнях організації.

У межах предмета нашого дослідження значущим є другий напрям, характерний для соціальних систем, до яких також належать педагогічні.

У спробах визначити системотвірні чинники в таких системах розглядають декілька позицій. Зокрема П. К. Анохін системотвірним чинником вважає результат функціонування системи [5], проте результат функціонування навчального процесу забезпечується передусім суб'єкт–суб'єктними відносинами

між його учасниками і не завжди виявляється очікуваним. Більш переконливою, як нам видається, є думка О. М. Авер'янова [2], який стверджує, що визначальним системотвірним чинником є мета. Елементи системи об'єднуються і функціонують для реалізації певної мети. На думку вченого, саме мета є об'єктивним критерієм відбору із середовища всіх елементів і відношень, які утворюють систему. У працях В. Г. Афанасьєва *цілеспрямованість* також визнано важливою специфічною системною ознакою [18]. Отже, цілеспрямованість є однією з найголовніших ознак процесу формування й розвитку МКФ як системного об'єкта, оскільки його спрямовано для досягнення певної мети – МКФ майбутнього вчителя і викладача фізики. З огляду на це функції компонентів МСН ММФ повинні відповідати меті і функціям усієї системи.

На те, що ця властивість є специфічною для педагогічних систем, указує також З. А. Абасов, окреслюючи функції компонентів системи залежно від її цілей і зауважує, що саме тому вони підкоряються їй і «працюють» на неї [1].

Незважаючи на важливість, цілеспрямованість є не єдиною характеристикою педагогічних систем. Зокрема Н. В. Кузьміна зазначає, що «...на одному з етапів системного дослідження моделі педагогічної системи виникли труднощі, обумовлені особливостями педагогічних систем, насамперед їх цілеспрямованістю і самоорганізацією» [198, с. 91], тобто системний підхід у дослідженні потребує не лише попереднього моделювання досліджуваного об'єкта, але й розроблення та дотримання обмежувальних правил у процесі експериментальної перевірки стану теоретичної моделі процесу формування й розвитку МКФ, оскільки результат діяльності відповідної МСН ММФ залежатиме від багатьох взаємозв'язаних факторів, які не завжди можна врахувати – матеріальне забезпечення, традиції, способи комплектування академічних груп, викладачів кафедр тощо.

Як зазначає Н. В. Кузьміна, педагогічну систему можна схарактеризувати як самоорганізовану, оскільки її компоненти («педагоги» і «суб'єкти навчання») є істотами; відповідальність за вибір дій у будь-якій конкретній ситуації розподіляється між двома або більшою кількістю індивідів (групами індивідів) і

хтось бере ініціативу на себе; *самовиховання, самоосвіта, саморозвиток* студентів є важливою *передумовою* успішної діяльності педагогічної системи й водночас найважливішою *метою* педагогічних систем [198, с. 93].

Згідно з навчальними планами на самостійну роботу студентів нині відведено 50–70% навчального навантаження, тому *самовиховання, самоосвіта, саморозвиток* є важливим елементом цілепокладання і **третім етапом** застосування системного підходу до аналізу процесу формування й розвитку МКФ як системного об'єкта.

Відбір системотвірних чинників щодо формування й розвитку МКФ як цілісності пов'язано з *інтегративною ознакою* і належністю цього об'єкта до систем. На думку В. Г. Афанасьєва, наявність *інтегративних якостей* є основною ознакою системності в об'єкта дослідження, тобто таких якостей, якими не володіє жоден з окремих його елементів. Якщо *системність* – це властивість об'єкта дослідження володіти усіма ознаками системи, яка функціонує за всіма принципами системології, то *інтегративність* – це результат, що виявляється під час взаємодії елементів [18]. Вивчення досвіду розвитку методології системного підходу дає підстави А. Г. Кузнецовій стверджувати, що загальними ознаками методики практично орієнтованих досліджень було розуміння *неконгруентності* реальних педагогічних об'єктів та їх теоретичних зображень; вимога покладання на конкретні *соціально-педагогічні умови* функціонування системи, а не лише на загальні параметри системи навчання під час проектування конкретного педагогічного об'єкта; поєднання науковості, практичного досвіду й здорового глузду, раціонального й ірраціонального проектування педагогічних систем та реалізації проектів: зорієнтованість на еволюційний шлях зміни реальної педагогічної системи, на «зростання», а не «запровадження»; ідея інтеграції виховних зусиль суб'єктів педагогічного процесу [193, с. 121]. Інакше кажучи, виявлення інтегративних ознак під час *дослідження поводження об'єкта* спрямовано на визначення цілісної картини існування об'єкта й механізмів, що забезпечують це існування, і ґрунтується на комбінованому (*структурно-функціональному*) описі.

Інтегративний характер процесу формування й розвитку в студентів МКФ виявляється у структурі професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики (див. п. 2.3).

Така послідовність системних ознак процесу формування й розвитку в студентів МКФ створює зростаючу за складністю ієрархію з більш ускладнювальними способами його опису. На нашу думку, застосування системного підходу до аналізу цього процесу пов'язано з визначенням його компонентного складу, взаємозв'язку його властивостей, ознак і відношень, структури, а також із визначенням функціональних залежностей між параметрами, компонентами, або між параметрами і компонентами, або з описом того як він виявляється в освітньо-науковому середовищі, або, як складний комбінований процес.

Взаємодію системи із середовищем визначають її *комунікативні властивості*, які виявляються у двох формах: 1) у взаємодії із зовнішнім середовищем (середовище – це сукупність усіх умов, які знаходяться навколо речі, рослини, тварини, людини та безпосередньо або опосередковано впливають на них; розмежовують ідеологічне, політичне, економіко-виробниче, соціально-побутове, культурне, природничо-екологічне середовище); 2) у взаємодії аналізованої системи із суб- і суперсистемами, тобто із системами більш низького або вищого порядку [18].

Середовище впливає на систему, спонукаючи її до постійних змін, однак воно не безпосередньо впливає на показники стану існування системи, оскільки вона зберігає певну автономію, не залежить від зовнішніх впливів, а впливає сама на себе. Розкриваючи характер та співвідношення внутрішніх і зовнішніх чинників у розвитку об'єктів і явищ, Е. Г. Юдін зазначає, що зміни, які відбуваються з об'єктом унаслідок його взаємодії із зовнішнім середовищем, є результатом взаємодії зовнішніх і внутрішніх факторів, причому чим складніший об'єкт, тим більшою мірою характер цих змін визначається властивими йому внутрішніми закономірностями [468].

У процесі визначення шляхів формування самоосвітньої компетентності

О. М. Микитюк [239] зауважує, що в найзагальнішому сенсі середовище можна розглядати як навколишнє, з яким взаємодіє той або той суб'єкт, те, з-поміж чого перебуває суб'єкт, завдяки чому формується його спосіб життя, що опосередковує розвиток і типізує особистість. *Освітнє середовище* є певною *субстанцією*, яка, на відміну від порожнього простору, має певні властивості, що впливають на взаємодію між об'єктами.

Аналіз наукових досліджень у галузі педагогіки, психології, соціології, культурології й екології засвідчує те, що освітньо-наукове середовище визнається вченими одним з провідних факторів розвитку студентської молоді, і важливим фактором становлення та соціалізації фахівця.

Наприкінці ХХ ст. Ю. С. Мануйлов сформулював *середовищний підхід*, що характеризує поняття «середовище» низкою ознак, з-поміж яких ключовими є: стихія, ніша, спосіб життя, особистість [231]. За переконанням О. М. Микитюк, особистість виступає суб'єктом навчання й виховання, а тому середовище, на її думку, має величезний особистісно-розвивальний і професійно-утворювальний потенціал, яке слід розглядати як простір значущих подій, що мають освітню цінність. Середовищний підхід виявляється у зв'язку з наслідками впливу середовища (єдиний інформаційно-освітній простір, етнічна належність та ін.), а також у зв'язку з мотивацією самоосвітньої діяльності як наслідку певних, зокрема й самоосвітніх, потреб [239, с. 152].

У нашому випадку *освітньо-наукове середовище* – це конкретний простір можливостей, який дає змогу задовольняти освітні потреби, наприклад, науково-дослідницький проект (курсова робота, дипломна робота, магістерська робота та ін.). Водночас зазначимо, що незважаючи на важливість *середовища* (*зовнішніх факторів*), *джерело розвитку* системи перебуває в ній самій. Таким джерелом є потреба розв'язання суперечності між завданням формування й розвитку МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики та традиційними підходами до її розв'язання. Зокрема середовище може прискорити створення й поширення зазначеної суперечності, впливати на цей процес через дію на його структурні компоненти. Зміна освітньої парадигми (наприклад, знаннєвої на

компетентнісну) супроводжується змінами в цілях навчання ММФ, потреба підвищення якості ПП фахівців може викликати зміни в змісті й технологіях навчання. Під час переходу на нові технології навчання (зокрема засоби навчання) виникає потреба внесення коректив до підготовки викладачів, які повинні їх упроваджувати. Водночас слід зважати, що в конкретному навчальному закладі, який виступає освітньо-науковим середовищем на професійну підготовку фахівців істотно впливатиме професорсько-викладацький склад випускової кафедри, матеріальна й інформаційна база, традиції педагогічного колективу, зв'язки з іншими навчальними закладами, науковими установами та спільнотами тощо.

Процес формування й розвитку МКФ майбутніх учителів і вчителів фізики під впливом освітньо-наукового середовища є *відкритою педагогічною системою*, яка є підсистемою їхньої професійної підготовки, що активно розвивається, тобто змінюючись під впливом середовища, вона перетворює саме середовище. У межах системи зміни в підготовці вчителя та викладача фізики неодмінно викликають зміни в подальшій підготовці його вихованців, які взаємодіючи із середовищем, змінюватимуть і його.

Дослідження взаємодії процесу формування й розвитку МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики з освітньо-науковим середовищем дає змогу стверджувати, що чинники середовища мають не однакове значення для його функціонування. Одні з них впливають безпосередньо на всю систему або окремі її компоненти (перехід на нові показники якості освіти – компетенції), інші – виступають тлом, на якому розгортається функціонування системи (збільшення або зменшення терміну навчання, зменшення аудиторного навантаження та ін.).

Системною ознакою педагогічних систем, на яку вказує В. Г. Афанасьєв [18], є їх *історичність, спадкоємність*, або зв'язок минулого, теперішнього й майбутнього в системі та її компонентах. Аналізуючи сучасний стан фундаментальної підготовки фахівців, Г. П. Бахтіна прогнозує поступове зникнення такої підготовки, проте наполягає на потребі пошуку шляхів збереження й підтримки пріоритетів, традицій такої підготовки та осучасненого

її наповнення. На думку вченої, розв'язання цієї проблеми перебуває між універсальністю знань, їх фундаментальним характером та прагматичною зорієнтованістю на реальні потреби сучасного спеціаліста. Зокрема в її працях наголошено на збереженні глибоких традицій фундаментальної підготовки (прим. авт. *генетична властивість такої педагогічної системи*), проте з наданням їй більшої прикладної спрямованості [25]. За нашим переконанням, прагнення відшукати інноваційні шляхи щодо формування й розвитку МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики повинно зберігати традиційні підходи й урахувати генетичні властивості відповідної МСН ММФ.

Вирішальним етапом застосування системного підходу до дослідження педагогічних систем, на думку Е. Г. Юдіна, є вивчення процесів керування, що забезпечують стабільний характер існування системи та досягнення запланованих результатів. Системна ознака *управління*, так само як і цілеспрямованість, є специфічною для систем соціального походження. За визначенням В. Г. Афанасьєва, соціальні системи постійно перебувають як під зовнішнім, так і під внутрішнім впливами, які спричиняють їх збуджений стан [19]. На нашу думку, управління як процес активний і безперервний має блокувати ці впливи, регулювати їх, охороняючи МСН ММФ від руйнування. Управління ми розглядаємо як свідомий і цілеспрямований вплив на МС або її окремі компоненти для забезпечення функціонування в досягненні поставлених цілей.

Одним з об'єктивних критеріїв цілісності та стійкості педагогічної системи є те, що вона впродовж певного часу здатна виявляти супротив зовнішнім впливам, проте до певної міри, оскільки існує ймовірність незворотних процесів. У нашому випадку такий незворотний процес виявляється тоді, коли зменшується кількість елементного складу в компонентах системи, пов'язаного із суб'єктами навчання (наприклад, відрахування зі складу студентів за неуспішність). З часом, якщо цей процес не припиниться, ми можемо прийти до констатації того факту, що не буде кого навчати: компонент ліквідується, а структура системи при цьому зруйнується. Для того, щоб запобігти руйнуванню системи потрібно завчасно вводити зміцнювальні механізми, які містяться в

самій системі, в інших її компонентах і зв'язках між ними. Наприклад, оновлення змістового компонента виконувати із дотриманням принципу посиленої сприйняття студентом навчальної інформації, або, що досить важливо для процесу формування й розвитку МКФ студентів у навчанні ММФ і ТФ, не зосереджуватися лише на теоретичних підходах та формалізмі математичного моделювання, а спрямовувати пізнавальний процес у реальні умови засобами навчального фізичного експерименту, адаптувати систему навчальних задач і завдань контекстного змісту з урахуванням умов шкільного навчання фізики та ін.

Застосування системного підходу до аналізу процесу формування й розвитку МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики дає підстави розглядати його системним об'єктом, оскільки цей процес володіє більшістю системних ознак (компонентним складом, структурою, інтегративною якістю, функціональними характеристиками, цілеспрямованістю, комунікативними властивостями, спадкоємністю, управлінням та розвитком). З огляду на це можна вважати, що цей процес має відбуватися у відповідній методичній системі – МСН ММФ у педагогічних університетах, під якою ми розуміємо *цілеспрямовану цілісність взаємозв'язаних компонентів*.

До *компонентів* МСН ММФ належить підсистема складників, кожен з яких функціонує відповідно до принципів загальної теорії систем, елементний склад компонентів МС визначає їхню природу, *зв'язки* між компонентами МС – її *структуру*. *Рівень цілісності (якість)* МС залежить від: а) *цілеспрямованості*, тобто зв'язку всіх елементів з метою; цільовий компонент МС є одним з системоутворювальних; б) *повноти набору* компонентів МС; в) *кількості зв'язків* між компонентами МС, щільності й міцності цих взаємозв'язків; г) *повноти функціонування* всіх елементів МС.

Ураховуємо, що МСН ММФ має володіти новими *інтегрованими* якостями, які не властиві жодному з її компонентів, досягаються через співвіднесення цільового і результативного компонентів МС. Усі компоненти МС взаємозв'язані, тому зміни в одному з них зумовлюють зміни в інших.

Будь-які процеси змін у такій МС взаємозумовлені, тому вона належить до класу *динамічних систем*, усі компоненти якої перебувають у динамічному зв'язку. Досліджувана МС має *комунікативні властивості*, оскільки невіддільно пов'язана з *освітньо-науковим середовищем*, яке активно змінюється та розвивається, що дає підстави вважати її *відкритою МС*.

Зміна зовнішніх умов перебування МС в освітньо-науковому середовищі сприяє змінам елементного складу кожного з її компонентів для збереження цілісності, тобто джерело стійкості системи до зовнішніх впливів криється всередині самої системи, що уможливорює управління такою системою. *Управління* ми розглядаємо як свідомий і цілеспрямований вплив на МС завдяки впливу на окремі її компоненти або їхні зв'язки для забезпечення функціонування МС в досягненні її мети – МКФ.

Для відкритої динамічної МС, у структурі якої відбуваються зміни, одним з об'єктивних критеріїв цілісності та стійкості є те, що вона впродовж певного часу здатна виявляти супротив зовнішнім впливам, оскільки їй властива *гнучкість*. Лише після накопичення певних змін у компонентах МС вона переходить у стан, який характеризується іншими якісними показниками за законом переходу кількісних змін у якісні. Для того, щоб запобігти незворотним змінам та руйнуванню МС, важливо завчасно передбачати ці зміни (проводити моніторингові дослідження з ефективності її функціонування), визначати умови та критерії стійкості такої МС і, зрештою, ставити питання про доцільність її існування.

Наявність історичності, спадкоємності, або зв'язку минулого, сучасного і майбутнього в МС та її компонентах, є важливою ознакою подальшого розвитку, тому МСН ММФ належить до класу *гнучких, відкритих і динамічних методичних систем*.

Для розроблення й упровадження МСН ММФ на засадах системного підходу слід дотримуватися основних принципів теорії систем: 1) *цілісність* – кожен компонент МС вивчено й описано з урахуванням його місця та функцій у системі; 2) *структурність* – кожен компонент МС має різні характеристики;

функціонування МС зумовлено не стільки їх особливостями, скільки властивостями її структури (характером взаємозв'язків), проте властивості МС виникають з властивостей компонентів і навпаки; 3) *взаємозалежність* МС і освітньо-наукового середовища – МС формується й виявляє властивості в процесі взаємозв'язків із середовищем і як ціле протиставляється середовищу (умовам її існування); 4) *ієрархічність* – у будові МС повинна спостерігатись ієрархія між компонентами МС, при цьому кожен компонент МС можна розглядати як підсистему, а МС є складником більш загальної системи – ПП майбутніх учителів і викладачів фізики; 5) *доцільність* – невіддільна риса застосування МС у структурі ПП майбутніх учителів і викладачів фізики; б) *стійкість* – джерело перетворення МС має перебувати в самій системі для забезпечення факту її існування; 7) *множинність описів* – через принципову складність МС її адекватне пізнання вимагає побудови множини різних моделей, кожна з яких описує лише певний аспект системи.

3.2. Методологічні засади педагогічного моделювання для розроблення методичної системи навчання математичних методів фізики

Зміни в системі вищої освіти України зумовлюють виникнення нових соціально-педагогічних умов, які уможливають розроблення й упровадження компетентнісно зорієнтованих моделей навчання, розроблення та практичної реалізації нових технологій навчання, здатних забезпечити разом з високим рівнем теоретичної та практичної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики переорієнтованість навчально-виховного процесу на особистісне спрямування процесу навчання ММФ; створення сприятливих умов для засвоєння кожним студентом вимог, визначених ОКХ з відповідного напрямку (спеціальності) підготовки фахівця.

Застосування системного підходу до аналізу процесу формування й розвитку МКФ майбутніх учителів і викладачів дав змогу виокремити в цього об'єкта системні ознаки, властиві педагогічним системам: *функціональність, інтегративність, цілеспрямованість, здатність до самоорганізації тощо.* З

погляду предмета нашого дослідження реалізація такого процесу у відповідній МСН ММФ повинна мати й методичні ознаки.

За твердженням Н. В. Кузьміної, методична система є компонентом ієрархічно підпорядкованим дидактичній і педагогічній системам (рис. 3.2); має ті самі складники, розбіжність полягає лише в тому, що кожен з них виконує методичні функції [198].

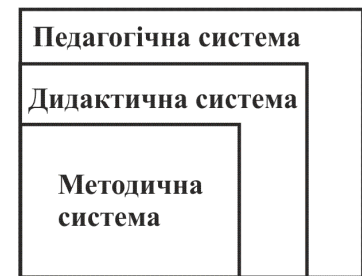


Рис. 3.2. Взаємозв'язок педагогічної, дидактичної та методичної систем

Нині основою освіти є «пріоритет соціально-мотиваційних факторів і загальнолюдських цінностей, методологічна переорієнтація освіти на особистість, на найповнішу реалізацію здібностей, інтелектуального, духовного і творчого потенціалу молодого людини» [46, с. 78], тому спрямованість навчального процесу на особистість студента передбачає дотримання нових вимог до реалізації освітніх функцій.

Інтегрований підхід (фундаменталізація, міждисциплінарна інтеграція, контекстний, інформаційний і компетентнісний підходи) як теоретична основа МСН ММФ має забезпечити реалізацію *моделі компетентнісної освіти* для формування й розвитку в майбутніх учителів і викладачів фізики МКФ. Цей підхід *передбачає* врахування особливостей навчальної діяльності на різних рівнях реалізації змісту навчання ММФ, посилення практично-діяльнісного та творчого складників змістово-процесуальної основи МСН ММФ, пріоритет розвивальної функції навчання, науковість, наступність тощо.

У педагогічному дослідженні слід застосовувати певний *комплекс методів*, які традиційно класифікують на теоретичні й емпіричні.

До *теоретичних методів* професійної педагогіки (за Ю. З. Кушнер [205]) належать: аналіз педагогічної літератури, архівних матеріалів, документації і продуктів діяльності; практичні методи (аналіз процесу практичної діяльності, хронометрія, професіографія, метод незалежних характеристик); абстрагування, ідеалізацію, аналіз і синтез, індукцію та дедукцію, класифікацію, аналогію; порівняння; побудову гіпотез; прогнозування, проектування, а також

моделювання та ін.; до *емпіричних* (за А. А. Киверялг [207]) – спостереження та експеримент. 3-поміж етапів реалізації педагогічного експерименту науковець розмежує: пілотажний, констатувальний, формувальний, оцінний та ін.

Моделювання є універсальним методом і дозволяє об'єднати в педагогічному дослідженні теоретичне й емпіричне. Під час добору методології розроблення та впровадження МСН ММФ це виявилось для нас найбільш привабливим, оскільки в процесі формування й розвитку МКФ студентів дало змогу реалізувати модель квазіпрофесійної діяльності, яка готує майбутніх учителів і викладачів фізики до співпраці з вихованцями.

Аналіз науково-педагогічної літератури з дослідження проблеми моделювання освітнього процесу засвідчує, що її вивчено в різних аспектах, з-поміж яких: дидактичні (С. У. Гончаренко [98], В. Ф. Заболотний [131], Л. Я. Зоріна [142], М. Ю. Корольов [181] та ін.); моделі, методи і механізми підвищення ефективності навчального процесу (О. В. Бернацька [28], Е. С. Заїр-Бек [132], І. А. Зязюн [145], А. І. Кузьмінський [195] та ін.); моделювання педагогічних ситуацій як засіб підготовки майбутніх спеціалістів (Г. С. Данілова [114], М. І. Жалдак [123], О. А. Коновал [175] та ін.); психологічні аспекти моделювання (В. В. Давидов [112], Е. Ф. Зеєр [139], Г. С. Костюк [185] та ін.); навчання з використанням рольового моделювання (М. Л. Катаєва [162] та ін.); моделювання в навчально-виховному процесі як навчальна діяльність, більш усвідомлена й продуктивна, як зміст, метод пізнання, навчальна дія, метод для повноцінного навчання (О. І. Іваницький [149], Л. Р. Калапуша [157], С. Є. Каменецький [157] Є. В. Коршак [184] та ін.).

Зокрема, науковці зазначають, що метод моделювання залучає студентів до дослідницької діяльності, сприяє формуванню наукового світогляду, є засобом навчання і навчальними діями, зокрема в навчанні фізики як метод пізнання (О. А. Коновал [177] та ін.); як принцип навчання (В. Г. Разумовський [353] та ін.), як засіб навчання (П. С. Атаманчук [13]; Л. Р. Калапуша [155], Ю. М. Кулюткіна [243], М. С. Смірнов [242] та ін.); як метод навчання, що сприяє формуванню дослідницьких умінь, розвитку творчих здібностей

(Л. Р. Калапуша [155], В. Г. Разумовський [355] та ін.); як метод навчального пізнання, проектування педагогічного процесу й управління цим процесом (О. А. Коновал [175], Є. М. Павлютенков [273] та ін.); як метод викладання, спосіб пояснення навчального матеріалу; засіб формування знань, розвитку теоретичного мислення й забезпечення пізнавальної активності суб'єктів навчання, інструмент контролю та корекції знань (М. В. Головкин [91], А. М. Гуржій [110] та ін.); як засіб проектування навчальної діяльності (В. Г. Гриценко [106] та ін.); як об'єкт і мета навчання (М. В. Дудик [117] та ін.); як ефективний засіб реалізації педагогічних задач (В. Д. Шарко [463] та ін.); як один з методів складання та розв'язування фізичних задач (Ю. М. Галатюк [80], Є. В. Коршак [184], А. І. Павленко [272] та ін.); як засіб дослідницької діяльності (М. Г. Алексєєв, А. В. Леонтович [3]; М. І. Шефер [471] та ін.); як засіб розвитку теоретичного мислення (М. Ю. Корольов [181]; В. В. Мултановський [250] та ін.).

Аналіз праць науковців засвідчує, що кількість характеристик, які визначають «моделювання» як об'єкт і мету, принцип, метод, засіб навчання й інших типів діяльності або процесів, може бути відповідно від одного до п'яти. При цьому моделювання входить до складу будь-якого етапу навчання фізики й виконує різні функції, що підкреслює його універсальний характер.

Процес ПП майбутніх учителів і викладачів фізики передбачає вироблення вмінь і навичок практичної діяльності, оволодіння сучасними методами, прийомами і формами роботи з учнями та студентами, тому формування кваліфікованого педагога найефективніше може здійснюватися тоді, коли майбутній фахівець під час навчання у ВНЗ перебуватиме в умовах, схожих на реальну професійну діяльність. Майбутній учитель і викладач фізики повинен уміти передбачати реакцію вихованців на ту чи ту ситуацію або інформацію. Метод педагогічного моделювання готує майбутніх фахівців до співпраці й ґрунтується на заміні об'єкта дослідження його моделлю, яка дає змогу отримати нову інформацію про цей об'єкт.

Моделюючи процес формування й розвитку в майбутніх учителів і

викладачів фізики МКФ, ми будемо ідеалізовану модель реального навчального процесу, що реалізується в МСН ММФ. Під час опису специфіки процесу формування й розвитку МКФ у МСН ММФ ми будемо ідеалізовану модель – умовний образ педагогічного об'єкта. Модель потрібна для того, щоб віддзеркалити основні характеристики цього об'єкта (компоненти, взаємозв'язки, структурні та функціональні властивості), суттєві для мети нашого дослідження. Зважаємо, що в процесі моделювання ця модель здатна виконувати функцію засобу пізнання, віддзеркалюючи його зміст.

Основними рисами моделі вважаємо теоретичну й практичну функції: *теоретична* уможливорює *реалізацію* специфічного образу *дійсності (модель)*, який відповідає діалектичним закономірностям єдності загального і часткового, логічного і чуттєвого, абстрактного і конкретного; *практична* передбачає використання моделі як інструменту і *засобу наукового пізнання*.

Похідними функціями моделі як засобу пізнання О. М. Кочегрін вважає такі: засіб осмислення дійсності; засіб спілкування; засіб навчання та тренування; інструмент прогнозування; засіб постановки та проведення експериментів. Зокрема модель як засіб осмислення дійсності, допомагає впорядкувати та формалізувати первинні нечіткі або суперечливі уявлення про те чи інше явище, об'єкт, систему [188]. Справді, у процесі розроблення моделі процесу формування й розвитку МКФ значною мірою виявляються взаємозалежності, послідовність дій, потрібні для її реалізації ресурси. Як зазначає Д. О. Новіков для врахування контуру управління модель повинна виконувати додаткові функції, з-поміж яких учений виокремлює дескриптивну, прогностичну та нормативну функції [244].

Дескриптивна функція моделі процесу формування й розвитку МКФ у навчанні ММФ і ТФ полягає в тому, щоб у процесі абстрагування від реалій кожного окремого ВНЗ виокремити специфіку та зміст означених її компонентів. Частковим виявом дескриптивної функції є пізнавальна, уможливаючи встановлення суттєвих змістових характеристик процесу формування й розвитку МКФ на засадах інтегрованого підходу (див. п. 2.4);

прогностична функція дає змогу передбачити перспективний розвиток окремих методик і технологій навчання ММФ і ТФ як найбільш ефективних; *нормативна функція* – описати наявний ресурс інтегрованого підходу щодо формування й розвитку МКФ та побудувати бажаний ідеальний образ цього процесу із застосуванням адекватних його цілям методик і технологій навчання.

У науковій літературі моделі класифікують за певними ознаками. Зокрема О. О. Веденов пропонує класифікувати моделі за способом реалізації:

- 1) *субстанціональні моделі* – ті, які враховують субстанціональний підхід, що дає змогу виокремлювати базові субстанції для наукового аналізу; у межах проблем нашого дослідження такою субстанцією є освітньо-наукове середовище, у якому розгортається процес формування й розвитку МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики; із цих позицій найбільш перспективним є середовищний підхід до моделювання такого процесу;
- 2) *структурні моделі* – такі, у процесі побудови яких найважливішими є взаємозв'язки між структурними компонентами; у межах проблеми нашого дослідження зв'язки є різнотипними: міждисциплінарні, зв'язки перетворення, управління, а також генетичні, функціональні, комунікативні зв'язки між компонентами МС;
- 3) *функціональні моделі* – це такі, створення яких здійснюється з урахуванням функцій усіх компонентів та їхньої ролі в досягненні очікуваного результату, зокрема *інтегративності*, властивою процесу ПП майбутніх учителів і викладачів фізики, що передбачає врахування функцій усіх компонентів МСН ММФ для досягнення очікуваного результату – МКФ;
- 4) *комбіновані моделі* – ті, що поєднують риси двох або всіх попередніх; найбільш поширеними в педагогічних дослідженнях є структурно-функціональні моделі [54].

На нашу думку, структурно-функціональний підхід до моделювання процесу формування і розвитку МКФ студентів є найбільш адекватним засобом, який дозволяє врахувати як міждисциплінарні зв'язки циклу дисциплін ПП майбутніх учителів і викладачів фізики, так і зорієнтованість навчально-виховного процесу на інтегрований результат – МКФ. Така модель

має як структурні компоненти, так і специфічні функції, які «працюють» на загальносистемні функції МСН ММФ. Структура характеризує систему в статиці, функції – у динаміці, що дає змогу розглядати процес формування й розвитку МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики як структурно-функціональну цілісність, у якій кожний компонент має функціональне призначення, узгоджуючись з цілями МСН ММФ.

Педагогічні системи та процеси, що в них відбуваються, спрямовано на досягнення певних освітніх цілей, які зазвичай класифікують. Традиційно у вітчизняній педагогічній науці та практиці [17; 21; 22; 191; 264; 398] виокремлюють три групи освітніх цілей: *навчальні, розвивальні та виховні*, які конкретизують у процесі педагогічного проектування.

За системним підходом до проектування цільовий компонент МСН ММФ, можна розглядати як сукупність підсистем кожної з поставлених цілей і проектувати на основі взаємопов'язаних освітніх (навчальних, розвивальних і виховних) цілей.

Навчальні цілі передбачають поглиблення й розширення знань з ММФ і ТФ та інших дисциплін ПП майбутніх учителів і викладачів фізики; розуміння явищ і процесів природи під час математичного моделювання фізичних систем; застосування здобутих знань для розв'язування фізичних задач і завдань. *Розвивальні* утворюють систему цілей, пов'язаних з внесенням можливих змін до різних структурних сфер студента: розумової (мисленнєвої), психічної (емоційної), соціальної, фізіологічної, духовної тощо. *Виховні цілі* пов'язано із соціалізацією студентів, формуванням у них таких особистісних якостей, які виражають ціннісне ставлення до проблем навколишнього середовища та власного здоров'я, їхні прагнення, переживання, почуття, які виявляються в ставленні до навколишнього світу (явищ природи, пізнання, взаємодії з людьми на рівні прагматичної компетенції тощо).

Досліджуючи змістово-процесуальні аспекти професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики, М. В. Опачко з-поміж цілей змісту навчання фізики виокремлює такі: *глобальні* – цілі суспільства, які

віддзеркалюють рух освіти в цивілізованому контексті, вони трансформуються, відповідним чином, змінюються і стають власне цілями педагогічних систем, зокрема висловлюють вимоги суспільства до професійної підготовки випускників педагогічних університетів і, зрештою, до всіх членів суспільства; *стратегічні* – цілі, у яких віддзеркалено потреби конкретного суспільства в модельному представленні особистості майбутнього фахівця (формування особистості за принципово новим (постнекласичним) типом мислення; *етапні* – цілі, які виникають на конкретних етапах підготовки людини до життя в суспільстві (початковий етап, загальноосвітній, професійний тощо), інтегративний результат реалізації яких на кожному етапі забезпечить досягнення стратегічних освітніх цілей; *локальні* – цілі охоплюють зміст основ наук, оволодіння якими на кожному етапі підготовки фахівців забезпечить досягнення етапних цілей, тому вони представляють предметну галузь фізики в теоріях; у процесі формування й розвитку МКФ локальні цілі віддзеркалюють вимоги ОКХ майбутніх учителів і викладачів фізики; *тактичні* – цілі конкретизують шляхи оволодіння основами наукових теорій і виявляються в програмах окремої дисципліни, навчальних планах тощо; *проміжні* – цілі навчання, які передбачають засвоєння програмного матеріалу за розділами, темами; *оперативні* – цілі навчання, віддзеркалені в змісті кожного навчального заняття, технологіях, конкретній пізнавальній діяльності [267].

З цього погляду проектування цілей формування й розвитку МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики доцільно здійснити за такою ієрархією (рис. 3.3): цілі суспільства (соціальне замовлення) – *глобальні*; позиція особистості – *стратегічні*; загальні цілі функціонування *педагогічної системи* щодо ПП майбутніх учителів і викладачів фізики – *етапні*; цілі функціонування *дидактичної системи навчання фізики* майбутніх учителів і викладачів фізики на різних рівнях її вияву та існування – *локальні*; цілі функціонування МС у межах кожної окремої дисципліни циклу ПП майбутніх учителів і викладачів фізики – *тактичні*; цілі функціонування МС у змісті розділів і тем дисципліни – *проміжні*; цілі педагогічного процесу, який виявляється в його елементарних

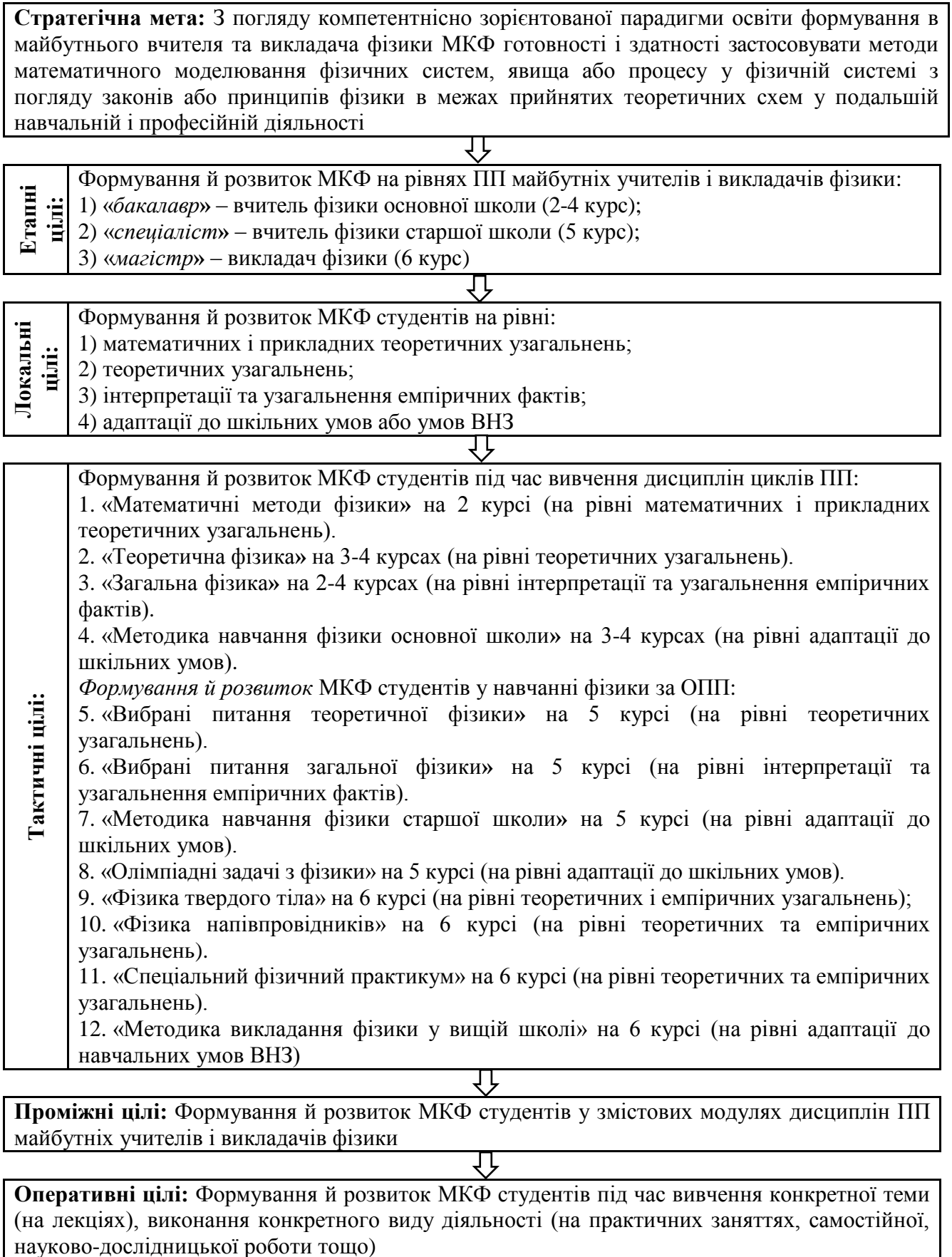


Рис. 3.3. Реалізація цільового компонента методичної системи навчання математичних методів фізики в педагогічних університетах

формах (лекція, практичне заняття, самостійна робота, науково-дослідницька робота та ін.) – *оперативні*.

Реалізацію поставлених цілей можна *діагностувати* за показниками *когнітивного компонента* МКФ (знання змісту фахової наукової дисципліни), *діяльнісного компонента* МКФ (умінь аналізувати фізичну систему та бачити проблему, прогнозувати наслідки впливу зовнішніх умов на процеси і явища в фізичній системі, пропонувати способи розв'язання проблем з погляду адекватної теоретичної схеми, здатності оцінювати коректність утворених при цьому математичних задач, здатність бачити цілісність поставленої задачі щодо відбору раціональних методів її розв'язання, здатність застосовувати методи побудови дискретних аналогів диференціальних задач і алгоритмів їх розв'язку із залученням комп'ютерної техніки тощо); *особистісного компонента* МКФ (сформованість мотиваційної, ціннісно-рефлексивної, емоційно-вольової та інших компетенцій майбутнього фахівця).

Реалізація поставлених цілей вимагає врахування *педагогічних, організаційно-методичних та інших умов*. Відбір адекватних цілям та умовам форм і методів реалізації навчального процесу є *системотвірним діяльнісним фактором* і може мати різне забарвлення в умовах, у яких відбувається навчально-виховний процес. Саме діяльнісний фактор віддзеркалює методичні ознаки, *формує МСН ММФ*.

Характеризуючи особливості ПП майбутніх учителів і викладачів фізики О. В. Сергєєв зазначає, що система вищої педагогічної освіти в Україні посідає одне з чільних місць у світі, однак їй все ж не вдалось уникнути серйозних недоліків: технологічна незабезпеченість формування професійної діяльності, її зорієнтованість на повідомлення готових знань; неадекватність структури навчально-пізнавального процесу ВНЗ структурі особистості майбутнього вчителя; суто дисциплінарний характер освітнього процесу, слабкість міжпредметних зв'язків; віддаленість логіки засвоєння навчального матеріалу від вивчення загальнокультурної і предметної інформації майбутньої фахової діяльності; слабка вираженість загальногуманітарної і професійно-педагогічної

спрямованості освітнього процесу; неповне використання потенціалу особистісних можливостей майбутнього вчителя; відсутність у студентів умов для побудови власних освітніх траєкторій та ін. [380].

З цього погляду вагомим етапом моделювання процесу формування й розвитку МКФ є не лише цілепокладання, але й організація навчального процесу, який найбільше відповідає за досягнення поставлених цілей.

Формування й розвиток МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики є *педагогічним процесом*, який відбувається в МСН ММФ і віддзеркалює зміни в цьому керованому об'єкті. Зміни можна оцінювати за показниками, з-поміж яких Г. К. Селевко [375] виокремлює якість засвоєння знань, умінь і навичок, розумового розвитку, вихованості.

З погляду результативного компонента МСН ММФ оцінювання визначатиметься за показниками рівнів сформованості МКФ, яка має структуру й віддзеркалює динамічну комбінацію знань, умінь, навичок, здібностей, способів мислення та інших особистісних якостей, які студент зобов'язаний продемонструвати після завершення частини або повного курсу навчальної програми дисципліни.

У працях О. І. Іваницького [149], Н. В. Кузьміної [197], О. М. Новікова [260], А. М. Пишкало [351], В. О. Сластьоніна [397] та ін. схарактеризовано основні компоненти педагогічної системи: цілі, зміст, методи і засоби навчання, організаційні форми. Перший компонент педагогічної системи – цільовий, який є системоутворювальним, визначаючи функції решти компонентів системи. Конкретизацію цілей навчання зумовлено потребою проектувальної діяльності на засадах системного підходу (визначено нами у п. 3.1).

Схематичне зображення етапів проектування МСН ММФ представлено на рис. 3.4: 1. Перший крок «спіралі» починається з урахування кваліфікаційних вимог (ОКХ), визначених Галузевим стандартом вищої освіти напряму 6.040203 Фізика * та спеціальностей: 7.04020301 Фізика *; 8.04020301 Фізика *. Цілі ПП майбутніх учителів і викладачів фізики характеризують відповідну педагогічну систему. 2. Проектувальна діяльність з погляду локальних цілей формування

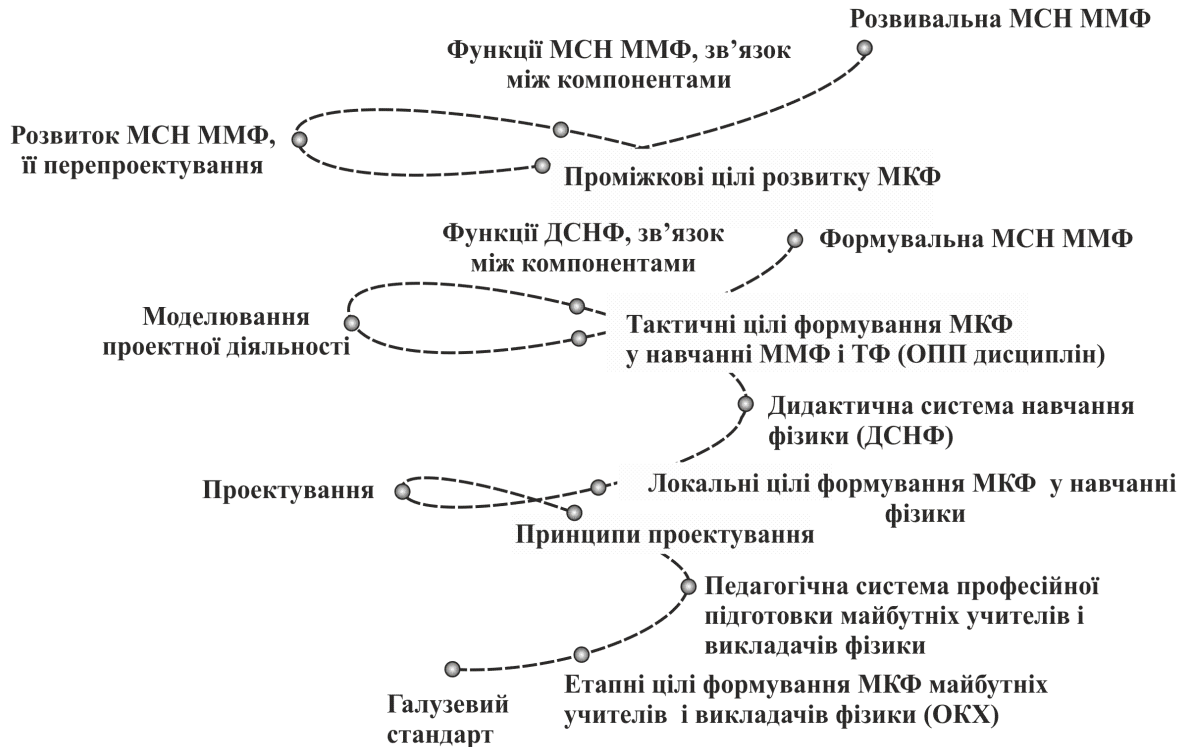


Рис. 3.4. Етапи проектування методичної системи навчання математичних методів фізики в педагогічному університеті

МКФ у навчанні фізики є вихідною для цілепокладання дидактичної системи навчання фізики (ДСНФ) майбутніх учителів і викладачів фізики. У педагогічному університеті враховуються функції ДСНФ, особливо важливі зв'язки між її компонентами, які забезпечують перехід до наступної проектної діяльності. 3. Уточнення цілей навчання фізики за ОПП фахових дисциплін ММФ і ТФ дає змогу окреслити тактичні цілі формування МКФ, які визначають етап моделювання МСН ММФ формувального типу з урахуванням компонентного складу, функцій та іншого, що зумовлює проектувальну діяльність. 4. На етапі досягнення проміжних цілей розвитку МКФ (за змістом програми дисципліни у межах розділу, теми) зумовлюють врахування відповідних функцій МСН ММФ, зв'язків між її компонентами, визначають потенціал і перспективи процесу розвитку МКФ на етап моделювання МСН ММФ розвивального типу. У дослідженні встановлено, що найбільший потенціал розвитку МКФ виявляється в змісті тих навчальних дисциплін, змістово-процесуальна основа яких покладається на теоретичні основи

математичної фізики, зокрема «Теоретична фізика», «Вибрані питання теоретичної фізики», «Фізика твердого тіла» та інших, зміст яких дозволяє залучити студентів до творчої навчально-пізнавальної діяльності з фізики, науково-дослідницької тощо.

У педагогічній науці та методичній практиці поняття «методична система» розглянуто багатьма дослідниками (табл. 3.2). Аналіз таблиці засвідчує, що поняття «методична система» віддзеркалює цілеспрямованість навчання, має структурні компоненти та враховує взаємозв'язки між ними в досягненні цілей навчання. З огляду на це виокремлення структурних компонентів системи є першим етапом до її проектування.

Таблиця 3.2

Різні означення поняття «методична система» в педагогічній науці

Учені, які досліджували поняття	Характеристика
О. І. Іваницький [150, с. 39]	сукупність взаємопов'язаних і взаємозумовлених елементів – цілей, змісту, форм, методів і засобів навчання
О. М. Новіков [367]	загальна спрямованість навчання, залежно від цілей навчання визначаються психологічні механізми навчання та види діяльності, а також методи навчання, які є засобами реалізації цілей та змісту навчання, унаслідок чого отримується методична система пояснювально-ілюстративного, відтворювального або проблемно-пошукового навчання
А. М. Пишкало [351]	цілі, зміст, методи, засоби і форми навчання

Теорія проектування є підґрунтям, на якому безліч наук сформулювали різноманітні інтерпретації поняття – «проектування». Проектування має технічні витoki, що спричиняє суперечки з-поміж науковців про його використання в контексті гуманітарних наук. Утім, категорію «проектування» застосовують у педагогічній галузі, проте ознака реальності і можливість реалізації проекту дає нам підстави розмежовувати два близькі поняття «проектування» та «концептуалізацію».

Концепція – це одна з форм, завдяки якій висловлюється основний погляд, задум, ідея, теоретичні вихідні принципи щодо можливості їх практичної

реалізації, тому на першому етапі ми плануємо сформувавши концепцію розроблення й упровадження МСН ММФ у педагогічних університетах. Концептуалізація передбачає подання теоретичних засад у конструктивній, прикладній формі та містить лише ті ідеї і погляди, які можна реалізувати на практиці в будь-якому педагогічному університеті й визначати загальні умови та вимоги розроблення й упровадження МСН ММФ. Отже, під концептуалізацією ми розуміємо засіб формування ідеальної реальності.

На відміну від концептуалізації, *проекткування віддзеркалює практичну реалізацію* задуманого. За словами М. В. Опачко, «...проекткування – це науково обґрунтоване визначення системи параметрів модельованого об'єкта, який включає в себе опис, креслення, макети або якісно новий стан існуючого об'єкта чи процесу, в єдності із засобами його досягнення» [265, с. 42].

Дефініція «проект» уживається в значенні «... розробки плану створення чого-небудь»; «...задуманого плану дій» [151, с. 376]. Під педагогічним проектуванням розуміють «цілеспрямовану діяльність, яка визначає необхідність педагогічних перетворень, прогнозує та оцінює наслідки реалізації певних педагогічних задумів» (за І. М. Дичківською) [116, с. 345].

У теорії управління проектування – самостійний аспект управлінської діяльності, суть якого полягає у випереджальному віддзеркаленні дійсності, створенні прообразу (прототипу) передбачуваного об'єкта, явища або процесу за допомогою специфічних методів. Його метою є створення, вибір і реалізація оптимального варіанта перетворення об'єктивної дійсності так, щоб додати задані проектувальником параметри об'єкта проектування, які забезпечують здійснення його керованості: організованості, контрольованості й регулювання [30].

Проектування дидактичної системи – це складний тривалий процес, який передбачає розроблення цілей, змісту, завдань, процесу, середовища, взаємодії. до компонентів структури системи дидактичного проектування належать: *діагностика* вихідного стану об'єкта педагогічної діяльності (рівень навченості, рівень успішності навчальної діяльності студентів, рівень матеріально-технічної забезпеченості або стан засобів навчання, рівень інформаційно-

комп'ютерного оснащення, програмного забезпечення тощо); *цілепокладання* (визначення стратегічних, тактичних, локальних і діагностичних цілей навчання); *планування* шляхів реалізації змісту навчання, зокрема й способів взаємопов'язаної діяльності; *структурування* навчального матеріалу; *прогнозування* (передбачення очікуваних результатів, ефективних способів та умов взаємодії, визначення етапів контрольної діагностики); *моніторинг* динаміки змін (визначення критеріїв оцінки ефективності процесу, розроблення й створення еталонних показників якості навчання) [265, с. 43].

Діагностування – це діяльність, пов'язана із з'ясуванням фактичного стану об'єкта, його відхилення від норми (заданих параметрів). Дидактичне діагностування спрямовано на з'ясування рівнів засвоєння студентами програми дисципліни (початковий і кінцевий стани), на визначення рівнів функціонування дидактичного середовища та самоаналіз процесу навчання [265, с. 43].

Цілепокладання – «інформація про проблему, умови, ситуацію, її аналіз; формулювання проблеми і задумів щодо її розв'язання; перелік визначених цілей (уточнення цілей); загальні цілі проекту (навчальні); цілі проекту (конкретно вимірюваного результату); цілі проектування, спрямовані на створення умов щодо розвитку навчального процесу» [132], або «...діяльність, спрямована на визначення цілей навчання: стратегічних, тактичних, локальних і діагностичних. Залежно від цілей здійснюється відбір і структурування навчального матеріалу, здійснюється відбір форм і методів організації навчання, вибір засобів діагностики та оцінка результатів» [265, с. 43]:

Планування уможливорює поетапне досягнення цілей і водночас забезпечує системність, логічність і послідовність у засвоєнні матеріалу, поєднання теоретичних (аналіз, синтез, класифікація, систематизація тощо) і практичних (розв'язування задач і проблем, виконання дослідницьких завдань, спостереження, експериментування) методів засвоєння знань; послідовність етапів засвоєння та оцінки, корекції знань тощо.

Структурування – перерозподіл, перегрупування навчального матеріалу так, щоб наявне дидактичне і технологічне забезпечення та технічне оснащення

(технічні засоби, комп'ютерна техніка, засоби навчального фізичного експерименту) дали змогу оптимізувати засвоєння студентами змісту навчання відповідно до вимог навчальної програми дисципліни.

Прогнозування – наукове передбачення та очікування результатів взаємопов'язаної діяльності викладача і студентів від форм взаємодії (монологічної, діалогічної, інтерактивної) залежно від цілей навчання і попереднього планування.

Кожен етап проектної діяльності – це практичний крок упровадження МСН ММФ у реалії педагогічного університету.

Створення моделі навчально-виховного процесу (за В. М. Монаховим) є поетапним: входження в процес і вибір методологічних підстав для моделювання, якісний опис предмета дослідження; формулювання задач моделювання; конструювання моделі з уточненням залежності між основними елементами досліджуваного об'єкта, визначенням параметрів об'єкта і критеріїв оцінки змін цих параметрів, вибір методик вимірювання; дослідження валідності моделі в розв'язуванні поставлених завдань; застосування моделі в педагогічному експерименті; змістовна інтерпретація результатів моделювання [244, с. 75–89].

Метод моделювання як інструмент дослідження уможливорює побудову різних моделей компетентнісно зорієнтованої МСН ММФ у педагогічному університеті як формувального, так і розвивального типів.

Модель компетентнісно зорієнтованої МСН ММФ – це підсистема ПП майбутніх учителів і викладачів фізики. Кожна *модель* віддзеркалює лише окремий аспект *МСН ММФ*, має той самий компонентний склад: цільовий, змістовий, процесуальний і результативний, проте більш просту структуру.

Моделюючи МСН ММФ, покладаємося на її теоретичну основу та системний підхід до структурування всіх її компонентів:

1. З позицій компетентнісного підходу визначаємо *ціль навчання* ММФ, які утворюють цільовий компонент МСН ММФ (див. рис. 3.3). У межах *цільового компонента* розв'язується питання: «З якою метою здійснюється навчання ММФ у процесі фахової підготовки вчителя та (або) викладача фізики?» і «Що

має стати результатом такого навчання і підготовки?». Цільовий компонент визначає наповнюваність усієї моделі й визначається у вигляді МКФ.

Проектування цільового компонента відбувається відповідно до принципів цілепокладання: доступність і зрозумілість як викладачеві, так і студентові (точність і зрозумілість формулювань); у формулюванні цілей віддзеркалено структурні елементи цілепокладання (ключові слова: уміти, знати, застосувати, мати уявлення, характеризувати; зміст мети: засвоєвані поняття, операції, твердження і зв'язки між ними); формулювання вимог мовою цілей (бачення нового рівня, на якому має бути студент після реалізації конкретної мети); формулювати цілі з урахуванням можливості діагностування, оскільки воно забезпечується простим установленням факту досягнення студентом мети; дотримання послідовності процедури цілепокладання; вибір методів навчання – упорядковані способи взаємопов'язаної діяльності викладача й студента, спрямовані на досягнення цілей навчання і представлені в процесуальному компоненті МС.

2. *Змістовий компонент* виявляє специфіку змісту щодо формування й розвитку МКФ. Його представлено змістом дисциплін ПП майбутніх учителів і викладачів фізики на засадах *інтегрованого підходу* (фундаменталізації, міждисциплінарної інтеграції, контекстного, інформаційного і компетентнісного підходів).

Фундаменталізація визначає предметне поле *змісту* процесу формування й розвитку МКФ. Контекстний, міждисциплінарний та інформаційний підходи віддзеркалюють сутність структури навчально-пізнавальної діяльності з фізики. Додатково з погляду психолого-педагогічних проєкцій змісту навчання ММФ і ТФ зважаємо, що «когнітивні, особистісні, емоційно-вольові й діяльнісні характеристики студентського віку потребують залучення принципів систематизації знання за роками навчання у ВНЗ» [345], а також важливих для МС дидактичних принципів: науковості, доступності, наочності, систематичності і послідовності, складності потоку інформації, свідомості та активності навчання, комунікації та ін. [73].

Специфіка змістового компонента полягає у тому, що впливають певні умови (педагогічні, організаційно-методичні та ін.), значущість впливу яких підтверджується чи заперечується під час педагогічного експерименту.

У проектуванні змістового компонента залежно від цілей здійснюється відбір і структурування навчального матеріалу, відбір форм і методів організації навчання, вибір засобів діагностики та оцінювання результатів, утілених у компонентах системи.

3. Моделювання *процесуального компонента* МСН ММФ забезпечує розроблення технологій формування й розвитку МКФ.

Нині на засадах моделювання розроблюють і впроваджують різноманітні педагогічні технології: розвивальне навчання [3], професійна підготовка вчителя [463], інноваційні технології навчання фізики [148], комп'ютерно зорієнтовані технології навчання [433] та ін. Зокрема, обґрунтовуючи теоретико-методичні основи підготовки майбутнього вчителя і викладача фізики до впровадження інноваційних технологій навчання, О. І. Іваницький зазначає, що «технологізація навчання фізики полягає в обґрунтованому виборі системи організаційних форм, методів, засобів навчання фізики на основі цілепокладання та в їх оптимальному поєднанні» [149, с. 2].

У вітчизняній педагогіці спостерігаються значні розбіжності з-поміж позицій учених та практиків щодо розуміння та вживання поняття «освітня технологія» («педагогічна технологія»), що представлено в табл. 3.3.

На нашу думку, різні підходи до розуміння поняття «освітня технологія» спричиняють різні тлумачення цього поняття, утім усі, зазначені авторами принципи педагогічної технології мають загальний характер.

Зокрема Г. К. Селевко, виокремлює три ієрархічно супідрядні рівні використання поняття «освітня технологія» в освітній практиці: *загально-педагогічний рівень*: загально-педагогічна технологія характеризує цілісний освітній процес у регіоні, навчальному закладі, на певному етапі навчання. З цього погляду педагогічна технологія тотожна педагогічній системі; вона охоплює цілі, зміст засобів та методів навчання, алгоритм діяльності суб'єктів і

Визначення поняття «педагогічна технологія» в педагогічній науці

Автор	Характеристика
В. П. Беспалько [33, с. 6–19]	мистецтво вчителя у створенні всього процесу навчання й засвоєння знань учнями як процесу взаємодії учня та викладача, який складається з двох видів діяльності – викладання та навчання, невіддільно пов'язаних між собою
Г. М. Кождаспіров [168, с. 29]	система способів, прийомів, кроків, послідовність виконання яких забезпечує розв'язання завдань виховання, навчання та розвитку особистості вихованця, а саму діяльність представлено процедурно, тобто як визначену систему дій
М. В. Кларін [163, с. 224]	системна сукупність і порядок функціонування всіх особистісних, інструментальних і методичних засобів, які використовують для досягнення поставленої мети
І. Ф. Прокопенко, В. І. Євдокимов [349, с. 15]	принципи практичного втілення закономірностей формування особистості: зорієнтованість на чітко і детально визначені цілі; ефективності навчання (дидактичного вибору); суб'єктності навчання; варіативності навчання; педагогічної компетентності; професійної аналогії та запозичення
Г. К. Селевко [375]	сукупність способів, прийомів, форм взаємопов'язаної діяльності вчителя й учня, що забезпечують ефективність функціонування педагогічної системи для досягнення поставлених педагогічних цілей; педагогічна технологія виступає як динамічна, операційно-сутнісна характеристика процесу, що відбувається в педагогічній системі
ЮНЕСКО [163, с. 220]	системний метод створення, застосування і визначення всього процесу викладання та засвоєння знань з урахуванням технічних і людських ресурсів та їхньої взаємодій, що своїм завданням уважає оптимізацію форм освіти

об'єктів процесу; *окремо методичний (предметний) рівень*: окремо предметна педагогічна технологія вживається в значенні «окрема методика», тобто як сукупність методів та засобів реалізації певного змісту навчання й виховання у межах одного предмета, класу, вчителя (методика викладання предметів, методика компенсувального навчання, методика роботи вчителя, вихователя); *локальний (модульний) рівень*: локальна технологія – це технологія окремих частин навчально-виховного процесу, розв'язання окремих дидактичних і виховних завдань (технологія окремих видів діяльності, формування понять, виховання окремих особистісних якостей, технологія уроку, засвоєння нових знань, технологія контролю матеріалу, технологія самостійної роботи та ін.)

[375, с. 15]. Усі три ієрархічно супідрядні рівні поняття «освітня технологія» залежно від мети дослідження віддзеркалюють свій зміст.

Слід зазначити, що в науково-педагогічній літературі співвіднесено категорії «педагогічна технологія» та «методика». Так, О. М. Пехота стверджує, що «найчастіше термін «методика» означає сукупність методів вивчення чогось, а також науку про методи навчання» [280, с. 33], тобто зміст поняття «методика» подвійний: з одного боку, це сукупність методів, а з іншого – наука про методи навчання. Аналіз наукової літератури щодо співвіднесення цих понять [95; 108; 144; 145; 212; 280; 284; 375; 392] дає підстави для висновку, що основна проблема, яку повинна розв'язати *педагогічна технологія* – це *керованість процесом навчання*, спрямованим на розвиток особистості в досягненні запланованих цілей навчання. *Управління* ми розглядаємо як свідомий і цілеспрямований вплив на МСН ММФ через вплив на окремі її компоненти або їхні зв'язки для забезпечення функціонування системи під час досягнення поставлених цілей. Водночас потрібно враховувати, що елементи процесуального компонента МС мають забезпечувати практичну реалізацію цілей навчання. Поняття «педагогічна система», «педагогічний процес» і «педагогічна технологія» співвідносяться: «педагогічна система» описує основні зв'язки і відношення, структуру й організацію об'єкта; «педагогічний процес» пояснює, що відбувається з досліджуваним об'єктом, а «педагогічна технологія» – як це відбувається.

Важливо наголосити на тому, що методологія педагогічного моделювання не вичерпується лише розв'язанням проблеми побудови педагогічних систем, організації навчально-виховного процесу. Як зазначає А. С. Макаренко, педагогічне моделювання використовують також «для оптимізації структури змісту навчання й виховання, побудови технологій навчально-виховного процесу та ін.» [228]. З огляду на це важливим чинником впливу на функціонування МСН ММФ є суб'єкт-суб'єктні (викладач-студент, студент-студент) відносини, а також освітньо-наукове середовище (умови, у яких перебувають суб'єкти навчання та відбувається навчально-виховний процес у

ВНЗ). При цьому роботу всіх підсистем ВНЗ (наукових і навчальних підрозділів, служби забезпечення, керівного складу, викладачів та ін.) слід зорієнтувати на досягнення основної мети ВНЗ – підготовку висококваліфікованого вчителя фізики і викладача фізики.

Як бачимо у проектуванні *процесуального компонента* МСН ММФ слід урахувати: 1) організацію навчально-виховного процесу у ВНЗ; 2) умови організації навчально-виховного процесу з фізики на відповідному факультеті (в інституті): наукові і навчальні підрозділи, служба забезпечення, керівний та професорсько-викладацький склад, матеріально-технічне та методичне забезпечення та ін.; 3) сукупність форм, методів та засобів організації навчальної діяльності студентів, спрямованих на забезпечення реалізації змістової частини технології формування й розвитку МКФ у межах відповідної дисципліни; 4) розроблені в процесі дослідження методи і форми роботи викладача щодо формування нових знань і вмінь; діяльність викладача щодо керівництва процесом засвоєння навчального матеріалу, контролю за самостійною роботою та ін.; діагностику навчального процесу. Зазначені етапи проектування віддзеркалюють основні технологічні аспекти формування й розвитку МКФ.

Моделюючи процесуальний компонент МСН ММФ, ураховуємо, що моделювання має особливості, «природа яких ґрунтується на нечіткості, розпливчастості педагогічних понять, практичній відсутності прийнятних механізмів виміру розвитку особистості у процесі навчання..., що дозволяє виокремлювати із сукупності характеристик педагогічного явища поодинокі характеристики й досліджувати їх із застосуванням відомих чи спеціально розроблених методик» [219]. Під час розроблення технологій формування й розвитку МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики в кожному конкретному випадку слід зважати на наявні можливості, здатні забезпечити реалізацію методичних рішень, спроектованих авторами методик у межах конкретних навчальних дисциплін, тобто процесуальний компонент може віддзеркалювати й авторські нововведення – інтегрований курс, інноваційні форми, методи, застосування ІКТ у процесі підготовки фахівців та ін. У нашому випадку таким

нововведенням є порівняльно-узгоджувальний підхід до цілеспрямованого формування МКФ у навчанні ТФ (див. п. 3.4).

4. *Результативний компонент* МСН ММФ детермінує співвіднесення мети і результату розробленої МСН ММФ та відповідає за інтерпретацію одержаних результатів формування й розвитку МКФ, що перевіряється на засадах педагогічного експерименту. Проектування результативного компонента передбачає визначення критеріїв, показників і рівнів сформованості та розвитку МКФ; розроблення засобів діагностики; інтерпретацію результатів засобами математичної статистики.

3.3. Функції моделювання та дидактичні лінії навчання математичних методів фізики в курсі теоретичної фізики

У теорії та методиці навчання фізики проблема взаємодії освіти і науки потребує ретельного вивчення. Нині спостерігається виокремлення напряму взаємозв'язку освіти і науки не лише на рівні передачі наукових результатів досліджень, але й *методів*, за допомогою яких ці результати одержано. У фізиці на засадах моделювання, зокрема й математичного, отримано не лише емпіричні закони фізики, але й більшість теоретичних схем. До загальновідомих математичних моделей фізики належать такі моделі: скалярних, векторних і тензорних полів фізичних величин, математичні методи визначення їхніх диференціальних характеристик (градієнт, дивергенція, ротор, тензор і ін.); диференціальні форми рівнянь фізики (динаміки матеріальної точки, системи точок; гідродинаміки, динаміки суцільного середовища; квантової механіки і ін.); математичні основи гамільтонової механіки; математичні методи інтерпретації термодинамічних тотожностей мовою диференціальних форм; диференціальні форми рівнянь Максвелла класичної електродинаміки, які набули коваріантного узагальнення в спеціальній теорії відносності. Розглядають і менш традиційні підходи: доведення існування ентропії складних систем на засадах класичного формулювання другого начала термодинаміки, теорія калібрувальних полів з позиції загальної теорії зв'язності полів та ін. Значна кількість прикладних задач

математичної фізики дозволяє тим, хто вивчає фізику усвідомити значущість математичних методів фізики в пізнанні природи.

З цього погляду для предмета нашого дослідження важливими є декілька питань: з'ясування змісту і структури категорії «моделювання» та проблем застосування цього поняття в навчально-виховному процесі з фізики; визначення тих функції математичного моделювання, які віддзеркалюють дидактичні лінії формування й розвитку МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики в навчанні ММФ і ТФ.

У теорії та методиці навчання фізики моделювання як загальнонауковий метод пізнання потрапляє під посилену увагу, що віддзеркалено в багатьох публікаціях науковців, навчальних посібниках для студентів фізичних спеціальностей ВНЗ і викладачів фізики, учителів шкіл і методистів та ін. У сучасній освіті і науці, метод моделювання є значущим, оскільки це невіддільний етап будь-якої цілеспрямованої діяльності, який виконує провідну роль у сучасних наукових дослідженнях.

У філософії моделювання розглядають як *метод наукового пізнання*, спрямований на вивчення явищ реального світу (А. І. Уємов [435], В. О. Штофф [474] та ін.), тобто він є засобом пізнання. У педагогіці «широке розповсюдження моделювання пояснюється різноманіттям його гносеологічних функцій» [241, с. 5], тому його розглядають по-різному: 1) це об'єкт і методом дослідження закономірностей навчального процесу (С. І. Подмазін [290], В. Г. Гриценко [106], М. Ю. Корольов [181] та ін.); 2) це мета, метод і засів навчального пізнання. Зокрема В. Г. Разумовський [353] увів *циклічну модель* навчального пізнання (факти–модель–наслідки–експеримент), яка визначала структуру навчального матеріалу з фізики загальноосвітньої школи; Л. Р. Калапуша [155] виокремлює *дидактичні функції* моделювання для розроблення методики моделювання фізичних процесів і явищ під час викладання фізики в загальноосвітній школі; В. Ф. Паламарчук [275] розглядає моделювання як *метод навчання* в педагогічному проектуванні технології інтелектуальної діяльності учнів; Ю. М. Галатюк [80], Є. В. Коршак [184], А. І. Павленко [272] використовують

моделювання як *засіб навчального пізнання у практиці розв'язування фізичних задач*; Х. Гулд, Я. Тобочник [109] розглядають моделювання як засіб навчання *фізичних експериментів на комп'ютері*; М. В. Дудик, С. А. Хазіна [117] навчають моделювати фізичні явища різних типів засобами комп'ютерної техніки та ін.

Підґрунтям процесу формування й розвитку МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики в навчанні ММФ і ТФ є наукове пізнання, реалізацію якого ми вбачаємо у використанні різноманітних рис математичного моделювання, віддзеркалених у його функціях. Використання й освоєння моделювання в процесі ПП майбутніх учителів і викладачів фізики забезпечують такі навчальні дисципліни: загальна фізика, математичні методи фізики; теоретична фізика; методика навчання фізики та ін. Аналіз змісту та процесуальних аспектів зазначених дисциплін дає змогу виокремити пізнавальну, евристичну, унаочнювальну, уніфікаційну та інтеграційну функції методу математичного моделювання в навчально-виховному процесі з фізики.

Пізнавальна функція передбачає навчальне пізнання в процесі формування пізнавального образу об'єкта вивчення. Реалізація пізнавальної функції математичного моделювання не вимагає наукового пізнання, її мета полягає в ознайомленні студентів з найбільш раціональним способом дослідження фізичної системи, процесу або явища у фізичній системі.

Евристична функція є засобом ефективного засвоєння нового навчального матеріалу. У прикладних методиках навчання фізики математичне моделювання зорієнтовано передусім на вироблення в студентів умінь здійснювати математичне моделювання досліджуваних фізичних процесів і явищ.

Унаочнювальна функція є найвищим ступенем прояву принципу наочності математичного моделювання, його розвитком і узагальненням, пов'язаним з вирішальними змінами в цілях і типах навчального процесу.

Інтеграційна функція забезпечує систематизацію й узагальнення знань, зокрема, уніфікованість математичних моделей фізичних об'єктів, що вивчаються, є засобом узагальнення досліджуваних фізичних явищ і процесів.

Діяльнісну функцію розглядають як засіб організації навчально-

пізнавальної, зокрема дослідницької діяльності з фізики на засадах математичного моделювання в процесі розв'язування практично зорієнтованих завдань.

Розвивальна функція формує мислення студентів (абстрактно-логічне, дивергентне, теоретичне, критичне та ін.), їхні інтелектуальні та творчі здібності, активізацію навально-пізнавальної діяльності з фізики тощо.

Реалізацію *пізнавальної функції* математичного моделювання в навчально-виховному процесі з фізики найбільш ґрунтовно представлено базовими фаховими науковими дисциплінами: загальною фізикою, математичними методами фізики, теоретичною фізикою, у яких віддзеркалено адаптовані основи відповідних наукових галузей знань – експериментальної, математичної та теоретичної фізики.

Водночас математична модель може бути *джерелом навчальної інформації*, якщо вона містить невідомі елементи, порядок розташування зв'язків між елементами, незрозумілу структуру системи елементів. У цьому разі математичне моделювання виявляє *евристичні функції*.

Евристична функція математичного моделювання в процесі формування й розвитку МКФ виявляється в навчанні фізики на рівні теоретичних узагальнень стрижневих елементів змісту відповідної фахової навчальної дисципліни. Навчальні математичні моделі фізичних об'єктів теоретичної фізики мають досить корисні дидактичні властивості (науковість, системність, структурованість та ін.), що дозволяє виокремлювати суттєві елементи під час вивчення предмета дослідження (скалярні, векторні, тензорні поля фізичних величин); показувати студентам ті характеристики, які є закритими або недоступними для унаочнення (переважна більшість квантових і статистичних закономірностей), що сприяє формуванню мислення; математичні моделі, реалізовані в навчальному процесі засобами комп'ютерного моделювання, уможливають спостереження за процесами в зручному для навчання темпі з демонстрацією їх перебігу; обирати об'єктом дослідження такі явища, які можна продемонструвати засобами навчального фізичного експерименту в курсах загальної фізики або методики

навчання фізики в процесі розв'язування проблеми комплексного представлення теоретичних і емпіричних методів у навчанні фізики.

Під час дослідження фізичних процесів і явищ студенту потрібно дослідити частку об'єктивної реальності – об'єкт пізнання. Застосовуючи емпіричні методи пізнання (спостереження, експеримент), установлюють факти, які характеризують об'єкт пізнання. Елементарні факти узагальнюють і формулюють емпіричні закони (у математичній або словесній формі). Наступний етап полягає в розвитку теорії та побудові теоретичної моделі, яка пояснює поведження об'єкта і враховує найбільш суттєві фактори, які впливають на досліджуваний об'єкт. Ця теоретична модель повинна бути логічною й відповідати встановленим фактам. Можна вважати, що будь-яка наука є теоретичною моделлю певної частки дійсності.

Залежно від мети дослідження моделювання може забезпечити: 1) пізнання сутності досліджуваного об'єкта, з'ясування причин його поведження, структури та механізмів складників об'єкта; 2) пояснення вже відомих результатів емпіричних досліджень, верифікація параметрів моделі за експериментальними даними; 3) прогнозування поведження системи в нових умовах під впливом різноманітних зовнішніх чинників і способів управління; 4) оптимізація функціонування досліджуваних систем, пошук правильного управління об'єктом залежно від вибору критеріїв оптимальності.

Моделі, які застосовують у процесі навчання фізики, різноманітні. Системний аналіз потребує класифікації і систематизації. Зокрема С. Е. Каменецький і М. А. Солодухін визначають класифікацію моделей за типами їхньої реалізації в навчальному процесі з фізики: предметні (фізично-подібні, аналогії); рисунково-фотографічні (рисунок, фотографії, навчальні фільми); образні (чуттєві образи, ідеалізовані образи); символні (описові, математичні, графічні) моделі [157]. На нашу думку, з огляду на широке впровадження інформаційних комп'ютерних технологій навчання фізики рисунково-фотографічний компонент доцільно замінити мультимедійним.

Вивчення специфіки реалізації методу моделювання в навчально-

пізнавальному процесі з фізики дало змогу створити різні класифікації моделей (табл. 3.4): 1) детерміновані і стохастичні [8]; 2) дискретні, неперервні, дискретно-неперервні [256]; 3) мисленнєві й реальні [10]. В інших дослідженнях [227; 469] моделі класифікують за їхніми функціями в процесі пізнання, з-поміж них можна виокремити такі: 1) за характером модельованих рис об'єкта дослідження; 2) за плином часу; 3) за способом представлення стану системи; 4) за випадковістю модельованого процесу; 5) за способом реалізації.

Таблиця 3.4

Класифікації моделей у навчально-пізнавальному процесі з фізики

Класифікаційна ознака	Типи моделі	Характеристика, приклади
За характером модельованих рис об'єкта дослідження	Кібернетичні (функціональні) моделі	Модельований об'єкт уявляється як «чорний ящик», внутрішня структура якого невідома. Поводження такого об'єкта може описуватися математичним рівнянням, графіком або таблицею, які пов'язують вихідні сигнали (реакції) пристрою з вхідними (стимулами). Структура і принципи дії такої моделі не мають нічого спільного з досліджуваним об'єктом, проте мають схоже функціонування. Наприклад, комп'ютерна програма, яка моделює гру в шахи та ін.
	Структурні моделі	Моделі, структура яких відповідає структурі модельованого об'єкта. Наприклад, модель електронної схеми та ін.
	Інформаційні моделі (вербальні, табличні, графічні, математичні)	Сукупність спеціально підібраних величин та їхніх значень, які характеризують досліджуваний об'єкт. Наприклад, інформаційна модель студента – це сукупність оцінок за практичні й лабораторні роботи, колоквиуми, індивідуальні завдання, екзамени та ін.
За плином часу	Статичні моделі	Моделі, стан яких не змінюється з часом. Наприклад, модель електростатичного або магнітостатичного поля та ін.
	Динамічні моделі	Об'єкти, стан яких неперервно змінюється. Наприклад, діючі моделі електродвигуна або генератора, комп'ютерна модель термоядерного синтезу, анімаційні моделі роботи ЕОТ та ін.
За способом представлення стану системи	Дискретні моделі (уявні, реальні)	Автомати, дискретні пристрої з деяким набором внутрішніх станів, які перетворюють вхідні сигнали на вихідні. Наприклад, логічні елементи, тригер, аналогові перетворювачі та ін.

Класифікаційна ознака	Типи моделі	Характеристика, приклади
	Неперервні моделі	Моделі, які віддзеркалюють плин неперервних процесів. Наприклад, застосування комп'ютерної програми для розв'язування диференціального рівняння, моделювання радіоактивного розпаду за допомогою конденсатора, який розряджається через резистор та ін.
За випадковістю модельованого процесу	Детерміновані моделі	Моделі, яким властивий перехід з одного стану до іншого за визначеним алгоритмом. Наприклад, модель світлофора.
	Стохастичні моделі	Моделі, які функціонують як ймовірнісні автомати, сигнал на виході й стан в наступний момент часу визначається матрицею ймовірностей. Наприклад, комп'ютерна модель передачі повідомлень у каналі зв'язку з перешкодами та ін.
За способом реалізації	Абстрактні (мисленнєві) моделі	Моделі, які уявляються. Наприклад, структура алгоритму, яку можна подати як блок-схему, функціональна залежність, диференціальне рівняння, графічні моделі, схеми, структури, анімації та ін.
	Матеріальні моделі	Нерухомі макети або діючі пристрої, які функціонують подібно до досліджуваного об'єкта. Наприклад, модель молекули з кульок, макет ядерного реактора, діюча модель генератора змінного струму

Класифікацію здійснено на основі аналізу [8; 10; 227; 256; 469].

Вагомими для нашого дослідження є абстрактні математичні моделі, що утворюють клас знакових моделей, у яких застосовуються математичні дії та оператори. Досить часто вони є системою алгебраїчних або диференціальних рівнянь та співвідношень.

Уміння здійснювати математичне моделювання досліджуваних фізичних процесів і явищ у студентів не виникає спонтанно, оскільки це цілеспрямований і тривалий процес формування. При цьому визначальним є таке проектування навчально-пізнавального процесу, за якого моделі фізичних процесів і явищ вивчаються *унаочнювальним* способом, уможливаючи формування найбільш важливих навичок пізнавальної діяльності, віддзеркалюючи модельний характер знань про природу. Вивчення фізичних явищ і процесів дозволяє

окреслити етапи побудови моделі, перевірити її адекватність умовам постановки задачі, уточнити модель, знайти можливості застосування моделі в змінених умовах, установити критерії виродження, визначити ієрархію моделей та ін.

Особливої уваги потребує *інтеграційна функція* математичного моделювання, яка дозволяє об'єднати в єдине ціле теоретичні та емпіричні методи навчального пізнання для з'ясування цілісної картини досліджуваного фізичного процесу або явища відповідно до законів і принципів фізики.

Математичні моделі теоретичної фізики гуртуються на теоретичній основі математичної фізики, яка розробляє універсальний математичний інструментарій, що дає змогу описати більшість фізичних виявів матерії за спільною ознакою стандартними математичними методами. Переважна більшість навчальних задач з ММФ передбачає складання й розв'язування диференціальних рівнянь, які віддзеркалюють внутрішні механізми процесів, що відбуваються в нескінченному розмаїтті навколишнього середовища, з різною формою, розмірами і властивостями. Математичне моделювання важливе скрізь, де є потреба кількісного опису явищ. При цьому слід наголосити на *інформаційній ємності* рівнянь математичної фізики. Ця їхня особливість дозволяє описати однаковим за математичною формою рівнянням, на перший погляд, різні досліджувані фізичні процеси: перенесення тепла в суцільному середовищі, дифузія хімічних компонентів, проникнення магнітного поля в провідник, поширення хвиль епідемій та ін. У процесі моделювання об'єктів різної природи інтеграційні зв'язки набувають якісно нового вияву і поєднують різні галузі знань на основі спільних законів, понять, методів дослідження. З цих позицій методи математичного моделювання та наукового пізнання є найбільш перспективними для реалізації інтеграційних зв'язків між математикою і фізикою (див. п. 2.3).

Міждисциплінарну інтеграцію дисциплін циклів природничо-наукової (математичний аналіз, лінійна алгебра та аналітична геометрія, основи векторного і тензорного аналізу, диференціальні й інтегральні рівняння, теорія

ймовірностей і математична статистика) і професійної (загальна фізика, математичні методи фізики, теоретична фізика, методика навчання фізики) підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики забезпечує комплексне представлення математичних, теоретичних та експериментальних методів фізики в процесі формування й розвитку МКФ. Фізико-математичні дисципліни мають особливу роль у ПП майбутніх учителів і викладачів фізики для засвоєння студентами методів математичного моделювання досліджуваних фізичних явищ і процесів з позицій формування певного рівня фізико-математичної культури, інтелектуального розвитку, формування наукового світогляду, розуміння сутності практичної спрямованості фізико-математичних дисциплін тощо. На нашу думку, найбільш сприятливі умови для розв'язання такого завдання виникають у процесі реалізації теоретичної та практичної підготовки студентів з дисципліни. Математичні методи фізики дозволяють реалізувати навчально-пізнавальний процес з ТФ в структурі навчально-пізнавального процесу з фізики в узгодженості зі змістом дисциплін ПП майбутніх учителів і викладачів фізики. При цьому забезпечується інтеграція теоретичних знань студентів у прикладну площину навчальних дій, що сприяє підвищенню рівня їхньої фундаментальної підготовки з фізики [323].

Навчання майбутніх учителів і викладачів фізики методу моделювання, з'ясування його сутності й ролі в науковому пізнанні змінює ставлення до навчальної дисципліни, до самого процесу навчання, тому навчальна діяльність стає більш усвідомленою й продуктивною. *Діяльнісні функції* методу математичного моделювання виявляються тоді, коли в студентів формуються навички організації навчальних дій, уміння самостійно будувати різноманітні моделі. У такому разі моделювання є засобом навчання, завдяки якому досягаються навчальні цілі, зокрема спрямовані на формування наукового світогляду, мислення, на розвиток інтелектуальних і творчих здібностей студентів, тобто виявляються також *розвивальні функції* моделювання. Водночас формування й розвиток МКФ як однієї з умов реалізації навчально-пізнавального процесу студентів з ТФ має відповідати основним дидактичним

вимогам навчально-виховного процесу з фізики та можливостям активізації й управління цим процесом. Діяльнісна функція полегшує орієнтувальні, комунікативні і контролювальні навчальні дії. Орієнтувальні дії спрямовано на планування діяльності, комунікативні – на дослідження отриманих результатів, а контролювальні – на виявлення помилок.

Слід зазначити, що успіх математичного моделювання фізичного процесу або явища визначається також вдалим вибором самої моделі. Уміння обирати модель з уже відомих чи будувати нову передбачає засвоєння потрібних практичних знань і навичок, які формуються в процесі навчально-пізнавальної діяльності з фізики. Професійна підготовка майбутніх учителів і викладачів фізики потребує комплексного підходу до вироблення в студентів умінь застосовувати методи математичного моделювання. Навчити студентів правильно обирати або будувати математичні моделі досліджуваних фізичних процесів і явищ, а також *уніфікованих* властивостей ММФ під час аналізу та перевірки наслідків теоретичних моделей ТФ на відповідність умовам натурального фізичного експерименту є одним із завдань МСН ММФ у педагогічних університетах.

Схарактеризовані вище дидактичні функції математичного моделювання в навчально-пізнавальній діяльності з теоретичної фізики зазнають *інтеграції*, виявляючи кожну із своїх ознак у процесі формування й розвитку МКФ.

Наведемо приклад дослідження властивостей гідрогеноподібних атомів. Найпростіша модель такої квантової системи – модель атома Гідрогену. Історичну першість з-поміж теоретичних моделей Гідрогену посідає напівкласична модель Н. Бора (1913), розроблена для розв'язання низки непереборних суперечностей, що виникли наприкінці ХІХ ст. та на початку ХХ ст. у спробах пояснити з погляду класичної фізики явища мікросвіту.

Проблема стабільності атомів як електричних систем, пов'язаних електромагнітними силами. Будь-яка класична система, що складається з рухомих заряджених частинок, не може перебувати в статичній рівновазі, динамічна рівновага вимагає фінітного руху, а це означає рух з прискоренням,

тоді така система має випромінювати енергію і, за класичними уявленнями, нестабільна, однак дослідні факти підтверджують, що атоми, молекули, гази, рідини, тверді тіла – стійкі системи.

Атом у незбудженому стані не випромінює електромагнітних хвиль. Це суперечить класичній електродинаміці, якою доведено, що найпростіша модель електричного диполя дає інтенсивність його випромінювання, прямо пропорційну четвертому степеню частоти:

$$\bar{I} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\omega^4 p_{0l}^2}{3c^3},$$

де p_{0l} – максимальний дипольний момент, ω – частота випромінювання диполя, c – швидкість поширення електромагнітної хвилі у вакуумі, $1/4\pi\epsilon_0$ – стала, що пов'язана з вибором одиниць вимірювання (СІ).

Досліди вказують на те, що атоми випромінюють, перебуваючи в збудженому стані, спектр випромінювання не неперервний, а дискретний і для Гідрогену об'єднуються в спектральні серії за формулою Бальмера-Рідберга:

$$\omega = 2\pi R_0 \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

де $n > m$ – цілі числа, $R_0 = 3,29 \cdot 10^{15}$ Гц – стала Рідберга.

Класична фізика не змогла розв'язати задачу щодо *випромінювання абсолютно чорного тіла*. Одержана на основі класичних уявлень формула Релея-Джинса для моделі абсолютно чорного тіла спричинила «ультрафіолетову катастрофу», оскільки за умови високих частот (ультрафіолетовий діапазон спектру) і сталої температури $T = \text{const}$ енергія випромінювання зростала необмежено, тоді як до тіла було підведено певну енергію (рис. 3.5).

Це наочно видно за емпіричною формулою Релея-Джинса:

$$e(\nu, T) = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} kT,$$

де $e(\nu, T)$ – спектральна випромінювальна здатність – енергія, що

випромінюється абсолютно чорним тілом в інтервалі частот $[\nu; \nu + d\nu]$; або для довжин хвиль $\lambda = c/\nu$.

Тоді повна інтегральна випромінювальна здатність:

$$E(T) = \int_0^{\infty} e(\nu, T) d\nu = \int_0^{\infty} \frac{2\pi\nu^2}{c^2} kT d\nu,$$

за високих частот $\nu \rightarrow \infty$ і $T = \text{const}$,
 $E(T) \rightarrow \infty$, «ультрафіолетова катастрофа».

Класична теорія не змогла пояснити явище фотоефекту, відкритого наприкінці XIX ст., а також витлумачити й інші властивості твердих тіл (залежність теплоємності твердих тіл від температури, діа-, пара- і особливо феромагнетизм, природу сил, що об'єднують атоми в молекулу, атоми і молекули у тверді тіла та ін.). З погляду на це в класичній фізиці того періоду виникла потреба переходу до нових закономірностей для опису явищ мікросвіту, до пошуку цих закономірностей та способів їх опису.

Кожне згадане вище фізичне явище з теоретичного погляду можна обґрунтувати за найпростішими моделями (модель атома Гідрогену, модель квантового гармонічного осцилятора та ін.), адаптованими для навчальних цілей. Ускладнення цих моделей, або їх розгляд як стрижневих елементів знань для вивчення більш складних систем дає змогу пояснити фізичні властивості речовини з позицій квантових уявлень про її структуру, тому в теоретичних курсах фізики ці моделі є базовими, а їх універсальний математичний аналіз ґрунтується на стандартних рівняннях математичної фізики та їхніх інтегральних розв'язках. Ускладнення моделі об'єкта потребує застосування відповідних математичних методів, представлення яких у навчанні фізики унаочнює етапи наукового пізнання природи.

На нашу думку, комплексне представлення варіативних математичних методів до аналізу того самого фізичного явища віддзеркалює дидактичні

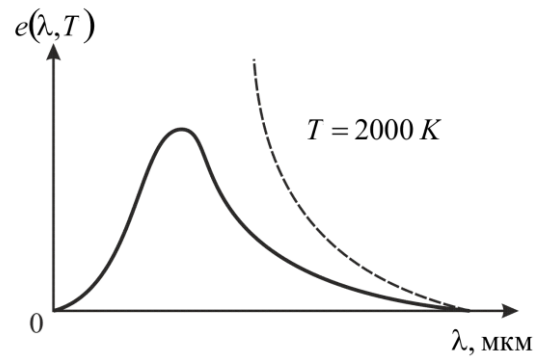


Рис. 3.5. Залежність спектральної випромінювальної здатності моделі абсолютно чорного тіла від температури

функції кожного з них, демонструючи не лише раціональність, а й доцільність вибору того або того математичного методу для різної категорії слухачів та виявлення місця ММФ у ДСНФ майбутніх учителів і викладачів фізики (див. п. 3.2). Уживаючи слово «комплексність», ми не маємо на увазі, що всі пропонувані методи слід представляти студентам на одному занятті. Йдеться про доцільність представлення певної групи методів під час вивчення теми, розділу, або усього курсу.

Пропонуємо розглянути це на прикладі вивчення теми «Експериментальні основи квантової механіки». Не будемо зупинятися на загальновідомих ідеях М. Планка, А. Ейнштейна, Луї де Бройля щодо пояснення дискретності процесів випромінювання і поглинання світла (щодо експериментального вивчення випромінювання і поглинання світла в спектрах абсолютно чорного тіла: закони Кірхгофа, Стефана-Больцмана, Віна; формули Релея-Джинса, Планка), корпускулярно-хвильового дуалізму (досліди Франка і Герца, Штерна і Герлах, Девісона і Джермера), а розглянемо ті базові моделі, які на засадах генералізації дають змогу здійснити теоретичне узагальнення для пояснення спектральних властивостей атомів у таблиці Д. І. Менделєєва.

Модель атома Резерфорда-Бора.

Е. Резерфорд (1911), досліджуючи разом із співробітниками бомбардування альфа-частинками тонких металевих пластинок, установив, що вони певним чином розсіюються в речовині (рис. 3.6). Вузький пучок швидких альфа-частинок 1 спрямовувався на тонку золоту чи платинову

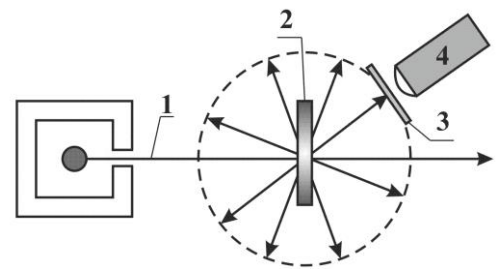


Рис. 3.6. Схема досліду Е. Резерфорда

пластинку 2, за якою розміщувався екран 3, здатний фіксувати потрапляння альфа-частинок на екран спалахами. За допомогою спеціального оптичного пристрою 4 можна було спостерігати і вимірювати кут відхилення θ альфа-частинок, більшість із них рухалася майже прямолінійно (кут відхилення θ становив $1-2^\circ$), проте незначна їхня кількість відхилялася на більші кути. Було

зафіксовано і такі альфа-частинки, які після розсіювання змінювали свій напрямок руху на протилежний ($\theta > 90^\circ$).

Теорію розсіювання альфа-частинок на важких ядрах розроблено Е. Резерфордом. Розглянемо адаптований варіант цієї теорії в навчальному курсі квантової механіки. Характер руху зарядженої мікрочастинки та йонів речовини за відсутності зовнішніх

полів визначається розсіюванням частинок у кулонівському полі. Розрізняють елементарні процеси розсіювання частинок на йонах і йонів на йонах. Кожний акт розсіювання, зумовлений пролітанням досліджуваної частинки біля розсіювального центра (рис. 3.7),

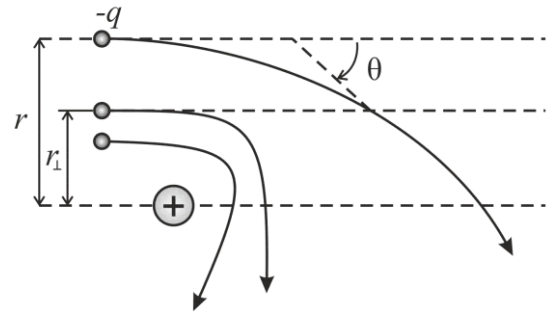


Рис. 3.7. Гіперболічні траєкторії руху α -частинок поблизу йона атома; θ – кут їхнього відхилення від прямолінійної траєкторії

що зумовлює зміну напрямку її траєкторії на деякий кут θ (кут розсіяння) та зменшення швидкості в початковому напрямі від v_0 до $v_0 \cos\theta$. Наприклад, частинка із зарядом $-q$ і масою m пролітає уздовж додатнього йона відхиляється силою кулонівського притягання на кут θ , що приблизно дорівнює відношенню потенціальної енергії до кінетичної, так що $\theta = 2r_\perp/r$; $r_\perp = q^2/2m \approx q^2/kT$, де r_\perp – прицільна віддаль, за якої кут відхилення $\theta = 90^\circ$. На невеликі кути $\theta \sim 1$ рад розсіюються всі електрони, які потрапляють в коло з площею $\sigma_\perp \approx 4\pi r_\perp^2$ (переріз близьких зіткнень).

Кількісною мірою імовірності елементарного акту кулонівської взаємодії частинок є *ефективний переріз кулонівської взаємодії* σ і *ефективний переріз зіткнення* σ_0 . Ефективний переріз пружного зіткнення будь-якої частинки з нейтральною молекулою дорівнює

$$\sigma_0 = \pi r_0^2, \quad (3.2)$$

де r_0 – радіус молекули, яку уявляють у вигляді кульки.

Через ефективний переріз зіткнення виражають такі важливі кінетичні поняття, як *середня довжина вільного пробігу* частинок

$$\lambda = \frac{1}{n\sigma_0}, \quad (3.3)$$

де n – концентрація частинок, і *середній час вільного пробігу* частинок

$$\sigma = \frac{\lambda}{v}, \quad (3.4)$$

де v – середня квадратична швидкість частинок.

Змоделюємо процес пружної взаємодії двох частинок $q_1 = Z_1e$ і $q_2 = Z_2e$, припускаючи, що перша частинка масою m налітає із швидкістю \vec{v}_0 на іншу частинку, яку

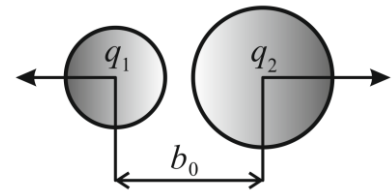


Рис. 3.8. Пружна взаємодія двох заряджених частинок

для спрощення розрахунків вважатимемо нерухомою. Відшукаємо найменшу віддаль b_0 (рис. 3.8), на яку підійде перша частинка до другої. Очевидно, що налітаюча частинка зупиниться тоді, коли витратить всю свою кінетичну енергію, долаючи силу кулонівського відштовхування між взаємодіючими частинками. Зіткнення вважатимемо лобовим, кут розсіяння $\theta = \pi$. Тому в момент зупинки налітаючої частинки вся її кінетична енергія перетвориться в потенціальну енергію відштовхування від нерухомого центру, тобто

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{Z_1Z_2e^2}{4\pi\epsilon_0 b_0}, \quad (3.5)$$

звідки

$$b_0 = \frac{Z_1Z_2e^2}{2\pi\epsilon_0 mv_0^2}. \quad (3.6)$$

За «радіус» частинки, за звичай, обирають величину $r_0 = b_0/2$, тобто

$$r_0 = \frac{Z_1Z_2e^2}{4\pi\epsilon_0 mv_0^2}. \quad (3.7)$$

Враховуючи (3.2), отримуємо ефективний переріз лобового зіткнення частинок:

$$\sigma_0 = \frac{Z_1^2 Z_2^2 e^4}{16\pi m^2 v_0^4}, \quad (3.8)$$

зарядами $q_1 = Z_1 e$ і $q_2 = Z_2 e$ в наближенні (3.2).

Формулу (3.8) одержано, коли враховано лише «близькі» (парні) взаємодії і знехтувано «далекими», тому знайдена величина є заниженою.

Досліди і теорія розсіювання Е. Резерфорда започаткували основи сучасних уявлень про будову атома. Щоб пояснити одержані результати, Е. Резерфорд припустив, що атом має будову схожу на Сонячну систему: всередині атома міститься позитивно заряджене ядро, навколо якого обертаються електрони (рис. 3.9). Таке уявлення легко адаптується до шкільних умов навчання фізики.

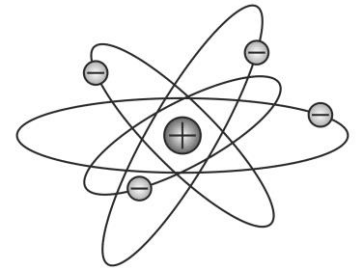


Рис. 3.9. Модель атома Е. Резерфорда

У 1913 році Н. Бор, покладаючись на ідеї Е. Резерфорда, розробив напівкласичну теорію атома Гідрогену. В процесі її обґрунтування були використані закони класичної фізики тому найпростіший варіант цієї теорії вивчається в загальноосвітній школі на засадах постулатів Бора:

1. Існують стаціонарні стани атома, в яких його енергія не змінюється і атом її не випромінює і не поглинає:

$$E_1 = E_2 = E_3 = \dots = E_n = \text{const.}$$

2. Випромінювання або поглинання енергії атомом відбувається під час стрибкоподібного переходу з одного стаціонарного стану в інший:

$$\varepsilon_\phi = E_m - E_n = \hbar\omega,$$

ε_ϕ – енергія випромінювання або поглинання фотона (кванта електромагнітного поля) атомом, \hbar – стала Планка, ω – частота випромінювання фотона, $m, n = 1, 2, 3, \dots$ – цілі числа, найменше з них дорівнює одиниці (що принципово).

Для того, щоб з усіх можливих квантових станів атома відібрати стаціонарні використовують правило квантування момента імпульсу $m_e v_n r_n = n\hbar$ для електрона, який рухається за коловою орбітою навколо ядра атома (рис. 3.10). Користуючись законами класичної механіки і постулатами Бора легко визначити радіус r_n електрона на борівській

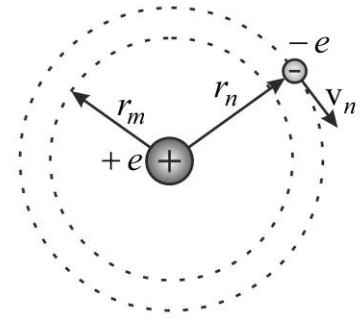


Рис. 3.10. Модель атома Н. Бора

орбіті, його повну енергію E_n та отримати формулу Бальмера-Рідберга:

$$\omega_{mn} = \frac{E_m - E_n}{\hbar} = \frac{m_e e^4}{32\pi^2 \epsilon_0^2 \hbar^3} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right), \text{ або } \omega_{mn} = 2\pi R_0 \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right),$$

де $n < m$ – цілі числа, $R_0 = \frac{m_e e^4}{64\pi^3 \epsilon_0^2 \hbar^3} = 3,29 \cdot 10^{15} \text{ c}^{-1}$ – стала Рідберга, яка

узгоджується з експериментальними фактами.

У лабораторному практикумі з курсу загальної фізики заплановано виконання лабораторних робіт, які передбачають перевірку наслідків теорії Н. Бора, з-поміж яких можна виділити такі: вивчення потенціалів збудження атомів (дослід Дж. Франка і Г. Герца (1914), які показали, що атоми, взаємодіючи з електронами, можуть одержувати енергію окремими порціями, що підтверджує дискретність енергетичних станів атомів [210, с. 8–12]; дослідження спектру випромінювання Гідрогену й інших інертних газів [210, с. 13–18].

Під час аналізу моделі атома Н. Бора були використані закони класичної механіки на тому рівні, на якому вони вивчаються в *загальноосвітній школі*, тому інтерес до даної моделі щодо реалізації професійної спрямованості навчання основ квантової механіки майбутніх учителів фізики є виправданим. Однак теорія Н. Бора, яка наочно описує спектральні характеристики випромінювання Гірогена дає неузгоджені з експериментом результати вже для атома гелію, який містить не один, а два електрони. Таким чином, теорію Н. Бора можна розглядати як проміжний етап на шляху пошуку універсальної

методології дослідження атомарних систем – квантової механіки.

На цьому етапі слід наголосити студентами, що між класичною і квантовою теоретичними схемами існує зв'язок, який забезпечено фундаментальним принципом фізики – *принципом відповідності*: за певних умов квантові закони переходять у класичні, тобто нова фізична теорія включає в себе попередню як окремий частковий випадок. Це стосується і теоретичної моделі напівкласичної теорії Н. Бора, що варто продемонструвати. Згідно теорії Н. Бора:

$$r_n = \frac{4\pi\epsilon_0\hbar^2}{m_e e^2} n^2; \quad v_n = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0\hbar n},$$

тоді можна визначити частоту обертання електрона в атомі:

$$\omega_{\text{кл}} = \omega_{\text{об}} = \frac{v_n}{r_n} = \frac{m_e e^4}{16\pi^2 \epsilon_0^2 \hbar^3 n^2}.$$

Порівняємо цей класичний результат із граничним наслідком аналізу квантової формули Бальмера-Рідберга. Якщо припустити, що в формулі Бальмера-Рідберга, де $n < m$ – цілі числа, $m = n + 1$, тоді:

$$\omega_{mn} = 2\pi R_0 \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{(n+1)^2} \right),$$

за великих квантових чисел $n \gg 1$, а у граничному випадку $n \rightarrow \infty$,

$$\lim_{n \rightarrow \infty} 2\pi R_0 \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{(n+1)^2} \right) \cong 2\pi R_0 \frac{2}{n^3},$$

де $R_0 = \frac{m_e e^4}{64\pi^3 \epsilon_0^2 \hbar^3}$, тоді матимемо, що

$$\omega_{\text{кв}} \cong 2\pi R_0 \frac{2}{n^3} = \frac{m_e e^4}{16\pi^2 \epsilon_0^2 \hbar^3 n^2} \Rightarrow \omega_{\text{кв}} \cong \omega_{\text{кл}},$$

дійсно квантові закономірності переходять у класичні як окремий частковий випадок, критерій виродження – великі квантові числа.

Для фундаментальної науки теорія Н. Бора не має великої цінності оскільки неспроможна пояснити багатьох експериментальних фактів про

властивості складніших за Гідроген систем. Добираючи теоретичні засади для напівкласичної теорії атома Гідрогену, автору багато разів прийшлося вдаватися до припущень і постулатів не лише на початку її розроблення, а й наприкінці, зокрема враховувати, що найменше квантове число для квантового стану електрона в Гідрогені має дорівнює саме одиниці?

Сучасна модель квантової механіки розробила універсальний механізм теоретичного опису проявів матерії на мікрорівні. За базову модель квантової механіки було обрано абстрактну модель – *хвильову функцію*, яка є математичним образом того хвильового поля, яке приписується кожній частинки в тих або інших гіпотетичних умовах.

З погляду дидактичних функцій моделювання модель хвильової функції не є наочною з об'єктивних причин, ми звикли мислити образами. На цій властивості людської пам'яті розроблені і вдало функціонують сучасні ейдотехнології навчання [295].

Формуванню абстрактно-логічного типу мислення сприяє вивчення знакових категорій математики, якими студенти-фізики мають оволодіти на прикладному рівні їхньої реалізації, зокрема в процесі навчально-пізнавальної діяльності з ТФ. Мова математики у процесі навчання ТФ набуває діалектичного розвитку, притаманного лише фізиці і якого не мають окремі математичні дисципліни.

Унаочнення варіативних можливостей реалізації ММФ в навчанні ТФ під час опису стандартних теоретичних моделей квантової механіки дозволяє обґрунтувати не лише порядок розміщення атомів у періодичній системі елементів Д. І. Менделєєва, але й виконати порівняно детальне передбачення їхніх хімічних властивостей.

Універсальною формою представлення квантово-механічних величин є операторна, тому математична теорія операторів є сучасною математичною основою теоретичної фізики. Для квантової механіки особливо важливим є клас операторів на спеціальних нормованих просторах, зокрема Гільбертових, які визначають самоспряжені, нормальні, унітарні, додатні оператори та ін. З їх

допомогою вдається обґрунтувати фізичний зміст основних операторів квантової механіки в координатному зображенні [309, с.84–90].

Важливим класом операторів для опису властивостей атомів або багатоатомних систем є самоспряжені комутативні оператори, власні значення яких для досліджуваної частинки одночасно можна спостерігати (виміряти). Для електрона в атомі операторами, які мають класичні аналоги є оператор проекції орбітального моменту імпульсу електрона на одну з осей координат, оператор квадрата імпульсу і оператор повної механічної енергії.

Електрон перебуває в стаціонарному центральносиметричному полі ядра атома, тому оптимальним вибором для квантово-механічного опису його станів є сферична система координат, тоді хвильова функція електрона залежатиме від трьох координатних змінних – радіальної та двох кутових $\psi = \psi(r, \theta, \varphi)$.

1. Найпростішу математичну форму представлення має оператор проекції орбітального моменту імпульсу електрона на вісь Oz :

$$\hat{L}_z = -i\hbar \frac{\partial}{\partial \varphi},$$

де $L_z = m\hbar$ – спектр власних значень оператора, $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ – магнітне квантове число, фізичний зміст якого узгоджує поняття спектра власних значень відповідного оператора із спостережуваною в експериментальних умовах характеристикою частинки.

2. Оператор квадрата моменту імпульсу:

$$\hat{L}^2 = -\hbar^2 \bar{\nabla}_{\theta, \varphi}^2 = -\hbar^2 \left(\frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{\sin^2 \theta} \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2} \right)$$

дозволяє скласти відповідне операторного рівняння:

$$-\hbar^2 \left(\frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{\sin^2 \theta} \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2} \right) Y(\theta, \varphi) = L^2 Y(\theta, \varphi),$$

розв'язування якого узгоджується з розв'язками *рівняння Лежандра* – *функціями Лежандра* [309, с. 148–154], тобто власні функції оператора \hat{L}^2 матимуть такий вигляд:

$$Y_l^m(\theta, \varphi) = \sqrt{\frac{(2l+1)(l-|m|)!}{4\pi(l+|m|)!}} P_l^m(\cos\theta) e^{im\varphi}. \quad (3.9)$$

Отже, для аналізу моделей ТФ потрібний адекватний інструментарій, який забезпечує математична фізика. Зокрема, якщо ввести змінну $\xi = \cos\theta$, то розв'язок (3.9) можна подати як приєднані поліноми Лежандра:

$$P_l^m(\xi) = (1-\xi^2)^{\frac{|m|}{2}} \frac{d^{|m|}}{d\xi^{|m|}} P_l(\xi),$$

де $P_l(\xi)$ – звичайний *поліном (многочлен) Лежандра*:

$$P_l(\xi) = \frac{1}{2^l l!} \frac{d^l}{d\xi^l} \left((\xi^2 - 1)^l \right).$$

Нормувальний множник для $Y_l^m(\theta, \varphi)$ обирають так, щоб ця функція була ортогональною і нормованою на поверхні сфери:

$$\int_0^\pi \int_0^{2\pi} Y_{l'}^{*m'}(\theta, \varphi) Y_l^m(\theta, \varphi) \sin\theta d\theta d\varphi = \delta_{ll'} \delta_{mm'}.$$

З фізичної точки зору важливим наслідком моделі атома Гідрогену є аналіз спектра власних значень оператора \hat{L}^2 :

$$L^2 = \hbar^2 l(l+1), \text{ або } L = \hbar \sqrt{l(l+1)},$$

$l = 0, 1, 2, \dots$ – орбітальне квантове число, кожне з яких в експериментальній фізиці має відповідну назву, запозичену в спектроскопії: $l = s, p, d, f, g, \dots$, де s (sharp) – чіткий, виразний; p (principal) – головний; d (diffuse) – розмитий, дифузний; f (fundamental) – основний; g – наступний за f .

У спектрі атома Гідрогену спостерігається шість серій, кожна з яких віддзеркалює *енергетичний стан* атома – це серії Лайнмана (ультрафіолетова), Бальмера (видима), Пашена (близька інфрачервона), Брекета (середня інфрачервона), Пфунда (далека інфрачервона), Хемфрі (найбільш віддалена інфрачервона). Спектральною серією називають сукупність характерних спектральних ліній, які в своєму розташуванні проявляють певні закономірності: йдуть одна за одною у певному порядку і порівняно близько

розташовані одна до одної. Обґрунтувати експериментальні наслідки в спектрах атома Гідрогена покликано адекватній теоретичній моделі. Вочевидь, що на цьому етапі дослідження теоретичні та експериментальні методи пізнання не лише взаємозумовлені і взаємодоповнювальні, а на засадах математичного моделювання інтегровані.

Останнім етапом розв'язування задачі про атом Гідрогену є складання і розв'язання радіального рівняння Шредінгера, яке для електрона в одновимірному центральносиметричному полі є операторною Гамільтоніановою формою представлення стаціонарного рівняння Шредінгера для радіального складника хвильової функції електрона:

$$\vec{\nabla}_r^2 R(r) - \frac{l(l+1)}{r^2} R(r) + \frac{2m_e}{\hbar^2} (E - U(r)) R(r) = 0,$$

E – повна енергія електрона, $U(r)$ – одновимірне потенціальне поле, в якому перебуває електрон, m_e – маса електрона, l – орбітальне квантове число для електрона на відстані r від центру поля $U(r)$, $R(r)$ – радіальна хвильова функція електрона, квадрат модуля якої описуватиме ймовірність реалізації енергетичного стану електрона в атомі.

Очевидно, що розв'язок цього рівняння залежить від вигляду функції $U(r)$, яку визначають експериментально. Поле нерухомого точкового ядра має наступний вигляд:

$$U(r) = -\frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r},$$

що в непоганому наближенні задовольняє полю гідрогеноподібних атомів H, He⁺, Li⁺⁺, Be⁺⁺⁺, B⁺⁺⁺⁺ та ін. Це поле – стаціонарне, центральносиметричне, а тому для опису енергетичного стану електрона біля ядра такого атома можна застосувати радіальне рівняння Шредінгера. При цьому під час складання цього диференціального рівняння необхідно дотримуватись аналітичних математичних правил у зведенні рівняння до канонічної форми, тоді очевидним виявляється фізичний зміст безрозмірних змінних, які доцільно ввести в

процесі перетворень: $\rho = r/a$ і $\varepsilon = E/E_1$, де $a = \frac{4\pi\varepsilon_0\hbar^2}{m_e e^2} = 0,0529$ нм;

$$E_1 = \frac{m_e e^4}{32\pi^2 \varepsilon_0^2 \hbar^2} = 13,5 \text{ еВ}, \quad a - \text{радіус першої борівської орбіти}, \quad E_1 - \text{енергія}$$

електрона на цій орбіті, що вже на цьому етапі вказує на узгодженість параметрів рівняння з експериментально відомими фактами. У нових змінних $R(\rho) = v(\rho)/\rho$ рівняння Шредінгера має безрозмірний вигляд:

$$v''(\rho) + \left(\varepsilon + \frac{2Z}{\rho} - \frac{l(l+1)}{\rho^2} \right) v(\rho) = 0.$$

Якщо врахувати загальні властивості радіальних хвильових функцій, тоді доцільно підібрати загальний розв'язок цього рівняння як:

$$v(\rho) = f(\rho)e^{-\lambda\rho},$$

де $\lambda = \sqrt{-\varepsilon}$, що дозволяє скласти рівняння для амплітуди $f(\rho)$:

$$f''(\rho) - 2\lambda f'(\rho) + \left(\frac{2Z}{\rho} - \frac{l(l+1)}{\rho^2} \right) f(\rho) = 0, \quad (3.10)$$

це рівняння має особливі точки в околі $\rho = 0$, тому розв'язок рівняння представляють у вигляді степеневого ряду, який на певному граничному значенні $n_r = 0, 1, 2, \dots$ (радіальне квантове число) слід обірвати, перетворюючи розв'язок у многочлен:

$$f(\rho) = \sum_{v=0}^{n_r} a_v \rho^{v+l+1},$$

де коефіцієнти ряду пов'язані між собою рекурентним співвідношенням:

$$a_{v+1} = \frac{2\lambda(v+l+1) - 2z}{(v+l+2)(v+l+1) - l(l+1)} a_v, \quad (3.11)$$

згідно якого, починаючи з $v = n_r$ степеневий ряд перетворюється в многочлен, коли $a_{n_r} \neq 0$; $a_{n_r+1} = a_{n_r+2} = \dots = 0$, $n_r = 0, 1, 2, \dots$ Це можливо, тоді коли $2\lambda(n_r + l + 1) - 2z = 0$, звідки

$$\lambda = \frac{Z}{n_r + l + 1}.$$

Якщо ввести головне квантове число $n = n_r + l + 1$, тоді, враховуючи, що $n_r = 0, 1, 2, \dots$; $l = 0, 1, 2, \dots$, отримуємо $n = 1, 2, \dots$

Оскільки $\lambda = \sqrt{-\varepsilon}$, а $\varepsilon = E/E_1$, $E_1 = \frac{m_e e^4}{32\pi^2 \varepsilon_0^2 \hbar^2} = 13,59 \text{ eV}$ остаточно

отримуємо енергетичний спектр електрона поблизу ядра атома:

$$E_n = -\frac{m_e Z^2 e^4}{32\pi^2 \varepsilon_0^2 \hbar^2 n^2}, \quad n = 1, 2, \dots$$

Висновки: 1) спектр енергії електрона в гідрогеноподібному атомі – дискретний; 2) одержані рівні енергії співпадають із тими, що одержано в теорії Н. Бора; 3) на відміну від теорії Н. Бора, де спеціально потрібно було домовлятися, що $n \neq 0$, в квантовій теорії є очевидним наслідком оскільки $n = n_r + l + 1$, $n_r = 0, 1, 2, \dots$, $l = 0, 1, 2, \dots \Rightarrow n_{\min} = 1$; 4) картина рівнів енергії в гідрогеноподібному атомі має вигляд діаграми Гротріан.

Хвильові функції атома Гідрогену, зважаючи на логіку виконаного нами математичного аналізу, мають наступне представлення:

$$R(\rho) = v(\rho)/\rho; \quad v(\rho) = f(\rho)e^{-\lambda\rho}; \quad f(\rho) = \sum_{v=0}^{n_r} a_v \rho^{v+l+1},$$

де коефіцієнти ряду, пов'язані між собою рекурентним співвідношенням (3.11). Щоб остаточно визначити всі коефіцієнти необхідно відшукати a_0 , наприклад, з умови нормування:

$$\int_0^{\infty} |R(\rho)|^2 \rho^2 d\rho = 1. \quad (3.12)$$

Досить часто замість змінної ρ використовують інші змінні: $\xi = \frac{2Z\rho}{n}$ або

$\xi = \frac{2Zr}{an}$, тоді радіальна хвильова функція буде представлена в канонічному

вигляді як *поліноми Лагерра* [309, с. 156–158].

$$R_{nl}(\xi) = N_{nl} e^{-\frac{1}{2}\xi} \xi^l L_{n+l}^{2l+1}(\xi), \quad (3.13)$$

де: $L_k = e^{\xi} \frac{d^k}{d\xi^k} (e^{-\xi} \xi^k)$ – звичайний поліном Лагерра k -го порядку;

$$L_k^s(\xi) = \frac{d^s}{d\xi^s} L_k(\xi) = \frac{d^s}{d\xi^s} \left[e^{\xi} \frac{d^k}{d\xi^k} (e^{-\xi} \xi^k) \right] – зведений поліном Лагерра,$$

у нашому випадку $k = n + l$; $s = 2l + 1$.

Поліном задовольняє диференціальному рівнянню Лагерра:

$$\left(L_{n+l}^{2l+1}(\xi) \right)'' - \frac{2Z}{n} \left(L_{n+l}^{2l+1}(\xi) \right)' + \left(\frac{2Z}{\rho} - \frac{l(l+1)}{\rho^2} \right) L_{n+l}^{2l+1}(\xi) = 0, \quad (3.14)$$

узгоджуючись із (3.10).

З умови нормування (3.12) знаходять N_{nl} :

$$N_{nl} = \frac{1}{(2l+1)!} \sqrt{\frac{(n+l)!}{2n(n-l)!}} \left(\frac{2Z}{an} \right)^{3/2}.$$

Остаточно одержуємо:

$$R_{nl}(\xi) = \frac{1}{(2l+1)!} \sqrt{\frac{(n+l)!}{2n(n-l)!}} \left(\frac{2Z}{an} \right)^{3/2} e^{-\frac{1}{2}\xi} \xi^l L_{n+l}^{2l+1}(\xi), \quad (3.15)$$

де $L_{n+l}^{2l+1}(\xi) = \frac{d^{2l+1}}{d\xi^{2l+1}} \left[e^{\xi} \frac{d^{n+l}}{d\xi^{n+l}} (e^{-\xi} \xi^{n+l}) \right].$

Основною перевагою аналітичних математичних представлень є їх детальність і можливість зв'язування фізичного змісту кожного з отриманих квантових станів досліджуваного мікрооб'єкта, проте для навчальних цілей великим недоліком є їх не наочність. Непоодинокі випадки, коли студенти втомлюються під час сприйняття такого інтегрованого потоку фізико-математичної інформації. На нашу думку, допомогти розв'язати цю проблему мають *засоби комп'ютерного моделювання*. У найліпшому випадку коли фізичний зміст отриманих інтегральних розв'язків рівняння Лежандра або Лагерра буде представлений не лише в вигляді аналітичного виразу, а графічно, що зрештою нескладно зробити на засадах інформаційного підходу. З цього

погляду можливі два варіанти реалізації: на засадах предметно-інформаційного підходу можна написати програму, яка буде обраховувати зазначені поліноми (і це потребує досвіду програмування), причому зобразити графічно не сам поліном, оскільки він не має фізичного змісту, а квадрат його модуля з урахуванням відповідного нормувального коефіцієнту, тоді студенти зможуть побачити щось більш реальне – ймовірність перебування частинки в досліджуваному центральносиметричному полі. Другий варіант – це інформаційно-комунікаційний підхід, що в загальному випадку доцільніше (бо простіше, та й зрештою не всі вчителі фізики мають стати програмістами), тому скористатись готовим програмним продуктом для отримання того ж самого.

Обчислення радіальних функцій доцільно виконати за допомогою інформаційних математичних пакетів і продемонструвати шукані поліноми і відповідні їм хвильові функції наочно. На рис. 3.11–3.12 представлено один з варіантів реалізації інформаційно-комунікаційного підходу до обрахунку поліномів Лагерра для електрона в розглянутій вище моделі атома Гідрогена за допомогою інформаційного математичного пакету Mathcad. Інші квантові стани електрона в атомі Гідрогену представлено в додатку Е.

При цьому слід наголосити студентам, що сама хвильова функція фізичного змісту не має, за де Бройлем – це лише математичний образ того хвильового поля, яке описує квантовий стан частинки в атомі. Фізичний зміст має квадрат модуля цієї функції як густина ймовірності реалізації квантового стану, у даному випадку (n, l) .

Висновки: Хвильова функція гідрогеноподібного атома має вигляд:

$$\psi(r, \theta, \varphi) = R_{nl}(r)Y_{lm}(\theta, \varphi),$$

$R_{nl}(r)$ являє собою зведений поліном Лаггера; $Y_{lm}(\theta, \varphi)$ – зведений поліном Лежандра, тобто залежить від трьох квантових чисел n , l і m . Енергія атома:

$$E_n = -\frac{m_e Z^2 e^4}{32\pi^2 \varepsilon_0^2 \hbar^2 n^2}, \quad n = 1, 2, \dots,$$

залежить від n і не залежить від l і m . Таким чином заданому E_n відповідає

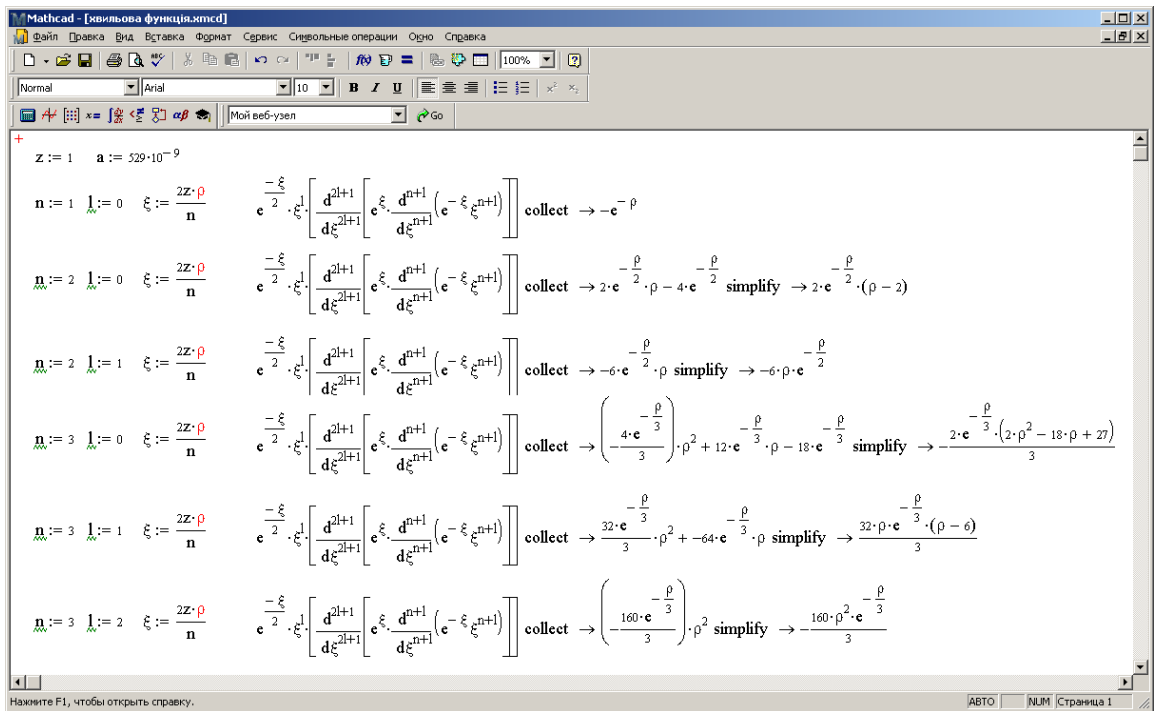


Рис. 3.11. Обрахунок зведених поліномів Лагерра для електрона в Гідрогені

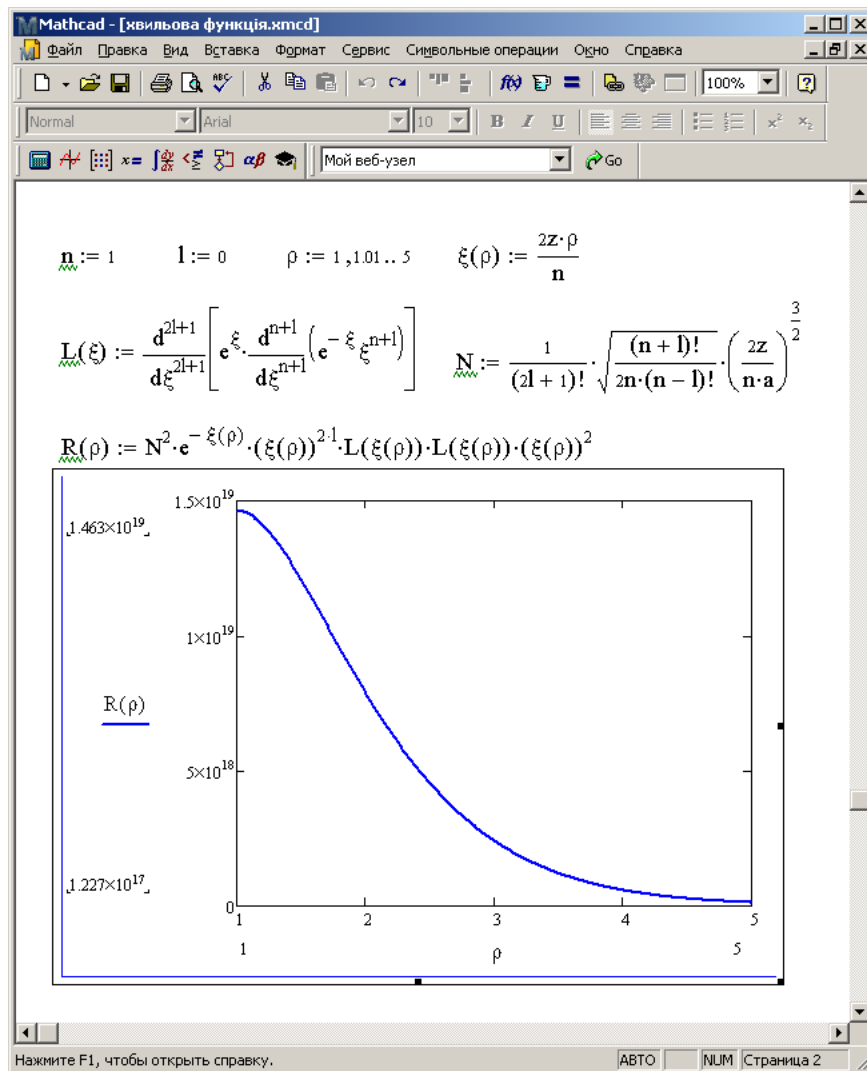


Рис. 3.12. Розподіл густини ймовірності перебування 1s електрона в Гідрогені

кілька різних хвильових функцій. Скільки їх? Якщо задане l , тоді число m набуває $2l+1$ різних значень, а кількість хвильових функцій, які відповідатимуть n визначатиметься за арифметичною прогресією:

$$N = \sum_{l=0}^{n-1} (2l+1) = n^2.$$

Отже, заданому E_n відповідає n^2 різних хвильових функцій, тобто стан електрона і гідрогеноподібному атомі є виродженим, кратність виродження дорівнює n^2 . Оскільки цього виродження бути не повинно, то його називають «випадковим». Це виродження за квантовим числом l пов'язано із тим, що потенціальна енергія електрона обернено пропорційна його віддалі до ядра, що віддзеркалює тип симетрії простору – ізотропність (ідеальну гіпотетичну умову).

Описати квантовий стан електрона в атомі можна за допомогою хвильової функції, але її математична форма представлення є складною, тому шукають більш прості способи, один з них, – це представлення квантового стану частинки за допомогою спектра власних значень тих операторів, які одночасно спостережувані (енергія, орбітальний момент імпульсу й одна з його проєкцій):

$$E_n = -\frac{m_e Z^2 e^4}{32\pi^2 \epsilon_0^2 \hbar^2 n^2}, \quad n = 1, 2, \dots; \quad L = \hbar \sqrt{l(l+1)}, \quad l = 0, 1, 2, \dots; \quad L_z = m\hbar, \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots,$$

або замість спостережуваних величин можна обрати трійку чисел (n, l, m) .

Зрозуміло, що на цьому етапі дослідження властивостей атомних систем не завершується, проте модель атома Гідрогену є базовою для подальшого вивчення теоретичних і математичних основ квантової механіки. Зокрема доповнення моделі атома Гідрогену спіновими власними функціями і власними значеннями відповідного оператора та вивчення математичного апарату, розробленого Паулі; потреба введення принципу тотожності; вивчення й застосування наближених методів квантової механіки в зв'язку з ускладненням моделі для багатоелектронних атомів, й зрештою для пояснення природи багатьох властивостей твердих тіл у межах теоретичної схеми квантової фізики в *електронній теорії речовини*. Експериментальні дослідження макроскопічних

властивостей феромагнітних матеріалів досить добре узгоджуються з теоретичними наслідками дослідження електронної структури атомів, які мають властивість феромагнетизму [331, с. 202–212].

Наведені приклади переконливо демонструють важливість застосування ММФ у навчанні ТФ. На рівні узгодження теоретичного й емпіричного в навчальному пізнанні відповідні методи є не лише взаємодоповнювальними й взаємозумовленими, а й *інтегрованими на засадах математичного моделювання*. При цьому в студентів формуються спеціальні знання й уміння математичного аналізу фізичних систем, а також розуміння фізичного змісту наслідків такого аналізу. Динамічна комбінація знань, умінь і навичок визначатиме здатність студента застосовувати методи математичного моделювання до розв'язування фізичних задач за допомогою стандартних (аналітичних) і нестандартних (синтетичних) методик, сприяючи розумінню теоретичних основ фізики як науки, її місця в загальній системі наук і цінності; розвитку мислення в процесі навчально-пізнавальної діяльності з властивою їй навчальними, розвивальними й виховними функціями; формуванню в студентів уміння користуватися методами індукції та дедукції, аналізу й синтезу, робити висновки та узагальнення, набувати досвід відбору раціональних математичних методів для розв'язування завдань у пізнавальній та практичній діяльності; розвитку інформаційно-комунікаційних умінь, заснованому на досвіді роботи з інформацією, та інших компетенцій.

Пізнавальні, евристичні, унаочнювальні, інтегративні, діяльнісні та розвивальні функції математичного моделювання визначають основні дидактичні напрями навчання ММФ у курсі ТФ на засадах міждисциплінарної інтеграції (див. дод. Ж, табл. Ж.1). Дані таблиці засвідчують, що ММФ є математичним основою теоретичних моделей ТФ, на рівні теоретичних узагальнень віддзеркалюють закони й принципи фізики та водночас слугують засобом аналізу прикладних задач ТФ.

Інтегративними чинниками взаємозв'язку ММФ і ТФ є емпіричні закони фізики, теоретичні принципи, математичні моделі вихідних фізичних величин,

теоретичні схеми. Зокрема, класична механіка на основі математичної теорії поля та теорії диференціальних рівнянь формує не лише свої основні моделі (механічного руху, матеріальної точки, швидкості, прискорення та ін.), але й ядро (основне рівняння динаміки, теореми та ін.). Теоретичні принципи фізики (незалежності дії сил, дальності, інваріантності, симетрії, збереження, перетворення, причинності) доповнюють ядро механіки і забезпечують формування в студентів розуміння її практичної значущості та перспектив розвитку. Висновки класичної механіки охоплюють більшість її практичних задач, які застосовуються в технічній галузі, розв'язування яких у навчально-пізнавальній діяльності студентів з ТФ є доцільним для унаочнення розвитку науково-технічного прогресу людства.

Прогностичні властивості теоретичних узагальнень на рівні математичних гіпотез указують на перспективи подальшого розвитку фізики. Зокрема феноменологічна теорія Максвелла, розбудована на математичній теорії поля, віддзеркалює всі емпіричні закони класичної електродинаміки, отримані людством до її створення, і ті, які спрогнозовані її теоретичними розрахунками. Базові моделі операторної алгебри є інструментарієм сучасної квантової механіки, яка є математичною основою новітніх розділів ТФ – ядерної фізики, фізики твердого тіла та інших модельних теорій, які мають перспективи подальшого розвитку для ще невинайдених теоретичних схем. Теорія ймовірності й математична статистика є основою сучасної статистичної фізики не лише в обґрунтуванні законів термодинаміки, але й у розумінні електронної теорії речовини.

Отже, застосування ММФ у курсі ТФ є не лише важливою умовою, що забезпечує курс ТФ адекватним математичним інструментарієм, а підґрунтям для віддзеркалення предмета дослідження ТФ. З огляду на це навчання студентів ТФ без ґрунтовної теоретичної і практичної підготовки з ММФ не виявляється можливим. Культурологічні традиції методу математичного моделювання в прикладних задачах ТФ дозволяють продемонструвати студентам варіативні способи їх розв'язування й навчити обирати з-поміж них раціональні, що

доводить значущість ММФ у навчально-пізнавальній діяльності з ТФ.

Методи математичного моделювання щодо вивчення властивостей фізичних систем є настільки різноманітними, що їх вичерпний опис навряд чи можливий, проте з-поміж функцій моделювання можна виокремити ті, що визначають дидактичні можливості ММФ в курсі ТФ: *методологічну* (завдяки використанню в змісті навчання ТФ категоріально-понятійного апарату та теоретичних основ математичної фізики); *професійно орієнтувальну* (через проникнення змісту навчання ММФ до структури практичного складника курсу теоретичної фізики); *інтегративну* (пов'язану з формуванням системності знань з ММФ на основі глибокого розуміння сучасних проблем ТФ); *розвивальну* (забезпечує формування теоретичного й критичного мислення, пізнавальної активності, самостійності та творчих здібностей студентів); *прогностичну* (спрямовану на визначення перспектив подальшого розвитку моделей ТФ на рівні математичних гіпотез).

Дидактичні лінії навчання ММФ у змісті курсу ТФ забезпечують такі міждисциплінарні зв'язки: *фактичні*, що зорієнтовують на поглиблене й розширене вивчення студентами фактичних даних про метод математичного моделювання в теоретичній фізиці; *понятійні*, спрямовані на усвідомлене засвоєння теоретичних знань, які входять до змісту дисциплін; *теоретичні*, які забезпечують усвідомлене засвоєння теорій, оскільки є основою сучасної математичної та теоретичної фізики. Для забезпечення послідовності вивчення навчального матеріалу враховано *хронологічний критерій*, який забезпечує впорядкування попередніх, супутніх та перспективних напрямів навчальної діяльності студентів. Змістове віддзеркалення міждисциплінарних зв'язків за хронологічним критерієм має три очевидні типи взаємодії: 1) за спільністю наукових фактів, теорій, понять; 2) за спільністю використання наукових методів; 3) за спільністю характеру розумової діяльності.

Незважаючи на це, відкритим залишається питання реалізації компетентнісного підходу до цілеспрямованого формування готовності й здатності майбутнього фахівця застосовувати в навчальній і професійній

діяльності методи математичного моделювання фізичних систем, явища або процесу у фізичній системі, що представлено в наступному підрозділі.

3.4. Цілеспрямоване формування математичної компетентності з фізики: порівняльно-узгоджувальний підхід

Математичні методи фізики в циклі дисциплін професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики є джерелом прикладних математичних методологічних знань для вивчення курсу теоретичної фізики. Водночас слід ураховувати, що вагомим структурним складником методології є сукупність пізнавальних засобів, однак формування основ механізму пізнавального процесу в межах однієї науки або навчальної дисципліни є досить проблематичним.

Математичні методи фізики посідають особливе місце в структурі ПП майбутніх учителів і викладачів фізики, перебуваючи на стику математичних і фізичних дисциплін (див. п. 2.3), сприяючи формуванню й розвитку математичної компетентності студентів у навчанні теоретичної фізики.

Специфіка наукового пізнання природи виявляється у взаємодоповнюваності, взаємозумовленості і водночас незалежності та узгодженості теоретичного й емпіричного в пізнанні, що віддзеркалено в структурі теоретичних та експериментаторських компетенцій з фізики. У кожній з них виявляються МКФ віддзеркалені, проте по-різному. У першому випадку відповідають за виконання пізнавальних, евристичних, унаочнювальних, інтеграційних функцій, у другому – інтерпретаційних, хоча в обох випадках МКФ відповідають за інформаційну ємність як теоретичних, так і емпіричних узагальнень, виявляють уніфікованість, сприяють активізації навчально-пізнавальної діяльності з фізики, виконуючи діяльнісну й розвивальну функції [335].

З цього погляду доцільно врахувати ті структурні складники МКФ, які є універсальними для реалізації прикладного фізичного змісту математичних методів фізики в навчанні теоретичної фізики.

Принцип фундаменталізації є невичерпним джерелом оновлення змісту навчання як ММФ, так і ТФ, проте з позицій знаннєвої парадигми він зумовлює

зростання обсягу навчальної інформації. Відтак виникає декілька проблем: *по-перше*, деструктуризація в уявленні знання як єдиного цілого через його диференціацію, *по-друге*, неможливість сприйняття чисельної інформації студентом через об'єктивні психофізіологічні чинники (нервово-психічні розумові перевантаження). Балансування фундаменталізації змісту навчання ММФ комплексним представленням діяльнісно зорієнтованих міждисциплінарного, контекстного та інформаційного підходів сукупністю пізнавальних засобів у навчальному процесі, безумовно, є корисним, однак завжди важливо дбати про умови *підсильності* сприйняття студентом навчальної інформації. З огляду на це актуальними виявилися декілька завдань: *по-перше*, відшукати з-поміж математичних компетенцій з фізики такі структурні складники, які мають універсальний, міждисциплінарний характер, оскільки саме вони, на нашу думку, можуть бути основними в розв'язанні проблеми формування в майбутніх учителів і викладачів фізики цілісних уявлень про сучасну фізичну картину світу, методологію наукового пізнання природи, науковий світогляд та інші інтегративні чинники міждисциплінарної взаємодії дисциплін ПП майбутніх учителів і викладачів фізики; *по-друге*, слід урахувувати, що формування основ механізму пізнавального процесу в межах однієї науки або навчальної дисципліни досить проблематичне, тому важливим для розв'язання зазначених проблем є обґрунтований вибір теоретичних основ щодо цілеспрямованого формування МКФ студентів.

Розв'язання таких завдань зумовлює потребу виходу на міждисциплінарний рівень взаємодії ММФ з ТФ (див. п. 2.3, рис. 2.4), на якому спостерігається взаємозумовленість теоретичних, емпіричних і математичних методів наукового пізнання, що потребує розроблення технологій навчання, здатних забезпечити інтеграцію різних навчальних дисциплін на процесуальній основі, а також перенесення умінь когнітивного характеру з одної сфери діяльності до іншої.

Такий підхід потребує зміщення акцентів на процесуальний компонент МСН ММФ, не передбачаючи протиставлення змісту до методів навчання, оскільки спроби реалізації традиційних міждисциплінарних зв'язків лише на

змістовому рівні через їх багатоаспектність і багатовимірність здатні розв'язати цю проблему умовно.

Реалізація міждисциплінарних зв'язків між курсами ММФ і ТФ на процесуальній основі навчання ТФ створює умови для цілеспрямованої підготовки студентів до сприйняття двох різних навчальних дисциплін як єдиного цілого, що пізнається завдяки єдиному механізму навчально-пізнавальної діяльності з ТФ. Багатовимірна структура сучасної *фізичної картини світу, методології наукового пізнання природи та наукового світогляду* об'єднуються одним механізмом навчально-пізнавального процесу. При цьому слід зазначити, що пізнання природи неможливе в межах однієї науки, а з позицій навчального процесу – у межах однієї навчальної дисципліни, чим підкреслюється об'єктивна вагомість усіх наук, усіх навчальних дисциплін в здобутті якісної освіти.

Розуміння цілісності процесу пізнання і наших знань про світ, за твердженням Б. О. Комарова, дає змогу виокремити інтегративний компонент у структурі кожної дисципліни не лише на змістовому, але й процесуальному рівнях [173, с. 21]. Учений розробив й упровадив інноваційну технологію узгоджувального навчання для цілеспрямованого формування ключових компетентностей учнів у навчально-пізнавальному процесі з фізики [172].

На засадах системи узгоджувального навчання для організації навчально-пізнавального процесу з ТФ виокремлення інтегративного компонента (фізичний закон або принцип – математичне співвідношення або рівняння) є доцільним, оскільки він віддзеркалює об'єктивний характер взаємозумовленості математичних, теоретичних та емпіричних методів пізнання на рівні прогностичних узагальнень ТФ (див. п. 2.3, рис. 2.4).

Універсальними елементами навчально-пізнавальної діяльності студентів на процесуальному рівні є узагальнені прийоми розумової діяльності (мисленнєві операції), математичне моделювання, теоретичний та емпіричний методи наукового пізнання, а на змістовому – універсальний понятійний апарат математичної та теоретичної фізики, ключові символні та знакові категорії математики (рис. 3.13). Виокремлений таким чином інтегративний компонент

ми переносимо на міждисциплінарний рівень взаємодії ММФ і ТФ, на якому здійснюється *порівняльний аналіз компонентів* у різних теоретичних схемах теоретичної фізики та різних розділах математичної фізики. Узгодив і сформував єдиний зміст інтегративного компонента, який можна перенести на *процесуальну* основу відповідних теоретичних курсів фізики.

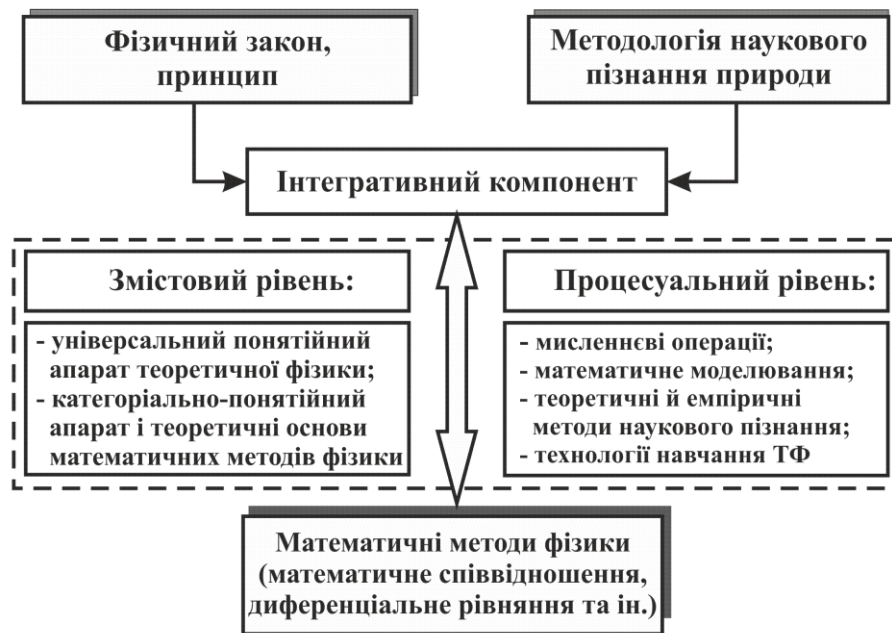


Рис. 3.13. Схема виокремлення інтегративного компонента цілеспрямованого формування математичної компетентності з фізики в структурі навчально-пізнавального процесу з теоретичної фізики

За змістом навчальної дисципліни можна скласти навчальну програму, зберігаючи при цьому характеристики інтегративного компонента, підкреслюючи його універсальний характер. Так створюються об'єктивні умови для представлення пізнавального процесу як універсального, спільного для обох дисциплін – ММФ і ТФ. Під *універсальністю* навчально-пізнавального процесу завдяки інтегративному компоненту ми розуміємо можливість його використання в різних навчальних дисциплінах та екстраполяцію на інші, окрім аудиторних, види навчальної діяльності, зокрема самостійну роботу студентів, дослідницько-пошукову, науково-дослідницьку тощо.

Виокремлений інтегративний компонент має міждисциплінарний характер, але не є настільки чисельним, як змістові міждисциплінарні зв'язки, до того ж

цей компонент створює сприятливі умови для їх реалізації.

Доречно також звернути увагу на вплив освітньо-наукового середовища як вагомого чинника у функціонуванні МСН ММФ. Бажаною є скоординована співпраця викладачів різних навчальних дисциплін для створення сприятливих умов інтегративного навчально-пізнавального процесу, яка передбачає узгодженість діяльності всіх суб'єктів навчального процесу щодо цілеспрямованого формування в студентів основ процесу пізнання природи, розвитку розумових здібностей механізмами узагальненого характеру з подальшою конкретизацією на дисциплінарному рівні, що безумовно впливає на розвиток інтелекту, критичного мислення та раціонального пізнання, сприяючи адаптації в змінному соціальному середовищі.

Проблему цілеспрямованого формування МКФ слід розв'язувати завдяки розробленню універсального механізму – *порівняльно-узгоджувального підходу*, який передбачає виокремлення інтегративного компонента (фізичний закон або принцип – математичне співвідношення або рівняння), порівняння його зі змістом навчання математичних методів фізики і теоретичної фізики та узгодження з процесуальною основою навчання теоретичної фізики в структурі навчально-пізнавальної діяльності студентів.

Схематичне зображення реалізації *порівняльно-узгоджувального підходу* для цілеспрямованого формування МКФ у навчально-пізнавальному процесі з теоретичної фізики на рівні ключових методологічних компетенцій подано на рис. 3.14. *Ключові методологічні компетенції* ми розглядаємо як *пізнавальний фундамент* для організації навчально-пізнавального процесу з теоретичної фізики оскільки вони віддзеркалюють особливості пізнавального процесу на засадах методології наукового пізнання природи; наявність операційного компонента мислення лише сприяє цілеспрямованому засвоєнню структури мисленнєвої операції. Цілеспрямоване залучення мисленнєвих операцій до структури ключових методологічних компетенцій забезпечує об'єктивні умови для *зворотного зв'язку* від конкретної моделі реалізації узагальненого прийому розумової діяльності до абстрактної моделі мисленнєвої операції,

уможливлуючи вихід на міждисциплінарний рівень засвоєння пізнавальних механізмів, забезпечуючи формування математичної компетентності з фізики.



Рис. 3.14. Реалізація навчально-пізнавального процесу з теоретичної фізики під час цілеспрямованого формування математичної компетентності з фізики

Застосування наслідків такої моделі навчання в змісті інших дисциплін досить проблематичне, якщо такий перехід утворюватиме стійкий зв'язок лише в межах однієї навчальної дисципліни, тоді У цьому разі міждисциплінарний рівень взаємодії стосується навчання ММФ у змісті різних дисциплін курсу теоретичної фізики (класична механіка, електродинаміка, квантова механіка, термодинаміка і статистична фізика, вибрані питання теоретичної фізики, зокрема ядерної фізики і фізики елементарних частинок, фізика твердого тіла), що підсилює єдність та універсальність таких механізмів, які формують основу для реалізації міждисциплінарних зв'язків на методологічному рівні, тобто створюється мобільна структура навчально-пізнавальної діяльності з теоретичної фізики, здатна адекватно й оперативно реагувати на суб'єктивні та об'єктивні запити суб'єктів навчального процесу.

Цілеспрямоване залучення мисленнєвих операцій створює стійкий

спонукальний мотив до використання в навчальному процесі змісту дещо іншого характеру: вищого рівня узагальнення, складнішого за структурою, оскільки більш прості пізнавальні структури дають змогу засвоювати навчальний матеріал в оптимальних, за часовим параметром, умовах. Так утворюються умови для переходу до пізнавальних механізмів більш високого рівня складності – методів наукового пізнання. На рис. 3.14 ці методи представлено таблицею за рівнями, методологічною основою і формами реалізації. Складники таблиці не є вичерпними, проте зорієнтовані на конкретні науки – математичну та теоретичну фізику, що стосується також списку мисленнєвих операцій. Кожен з етапів методів наукового пізнання природи передбачає застосування однієї або декілька домінуючих мисленнєвих операцій, що й зумовлює потребу застосування технологічного компонента ключових методологічних компетенцій. У частині схеми (рис. 3.14), умовно позначеної як «зміст», значущими є змістові складники: універсальний понятійний апарат математичної та теоретичної фізики, знакові категорії математики, які ми розглядаємо як своєрідні гілки, основу для оцінювання, аналізу фактів галузі фізико-математичних наук.

Теоретичною основою *порівняльно-узгоджувального підходу* є *семіотика* та *педагогічна герменевтика*, які детермінують відповідні семіотичний і герменевтичний підходи. Комплексне застосування вказаних підходів забезпечує можливість реалізації порівняльно-узгоджувального підходу до цілеспрямованого формування в майбутніх учителів і викладачів фізики МКФ.

Порівняння знакових категорій математики покладається на семіотичний підхід, який дозволяє дослідити будь-які системи як самодостатні цілісні утворення в єдності їхніх іманентних характеристик, побачити взаємозалежність та взаємозумовленість опозицій, які раніше розглядались як протидіючі.

Семіотика – наука про загальні властивості знаків і знакових систем, які використовуються для передачі інформації. Термін «знак» розуміють як певний емпіричний матеріальний об'єкт, який сприймається на чуттєвому рівні і виступає в процесі спілкування та мислення людей є представником якогось

іншого об'єкта, а в широкому сенсі, як деякий об'єкт (узагалі кажучи, довільної природи), що за певних умов, які разом утворюють знакову ситуацію, набуває деякого значення. До того ж він може бути конкретним фізичним предметом (явищем, процесом, ситуацією) або абстрактним поняттям [221].

Термін «семіотика» запроваджено Ч. С. Пірсом. Значною мірою ідеї семіотики розвинув Ч. У. Морріс. Розрізняють загальну семіотику, яка є філософською дисципліною, і спеціальні семіотичні науки, з-поміж яких мовна семіотика (глосеміотика, або лінгвосеміотика). Розвиток семіотики невіддільно пов'язано з розвитком функціональної структурної лінгвістики. Розроблення проблем семіотики має важливе значення для математичної логіки, математичної лінгвістики, інформатики тощо [437, с. 109].

У процесі дослідження знаків і знакових систем у семіотиці розрізняють синтаграматику (установлює сукупність правил побудови знакового тексту), семантику (вивчає зв'язок знаків з означуваними об'єктами) і *прагматику* (досліджує зв'язок між знаками, означуваними об'єктами й тими, хто користується знаковою системою) [437, с. 108]. З огляду на це семіотичний підхід уможливорює проектування «суб'єкт-об'єктних» відносин між студентом і навчально-пізнавальною задачею з фізики і передбачає встановлення зв'язку між математичною моделлю об'єкта (знаком), реальним об'єктом та студентом, який його вивчає [319].

Зважаючи на семіотичний підхід до навчання фізики в загальноосвітній школі, Б. О. Комаров на концептуальних засадах культурологічної семіотики [221] обґрунтував доцільність зіставлення ключових методологічних компетенцій з знаковими категоріями культури [173]. У процесі опису специфіки навчання математики Н. А. Тарасенкова встановила, що важливим для навчання й розвитку учнівської молоді є не лише предметний зміст, його сутність та логічна організація, але й ті форми, у яких цей зміст матеріалізується, набуває реальності буття. На думку вченої, розуміння абстрактного математичного змісту та оперування ним неможливе без певної семіотичної діяльності, оскільки зміст зберігається в деякій оболонці, а його

перетворення пов'язано з певними змінами цієї оболонки [420]. З позицій семіотики під час математичного моделювання фізичного об'єкта визначальним є виокремлення найсуттєвішого аспекта, риси, знака до побудови або аналізу вже розробленої моделі на відповідність у процесі зіставлення.

На нашу думку, для навчання ММФ і ТФ досить важливим, щоб завдяки математиці фізичний зміст згортався в уніфіковані оболонки. При цьому студентам слід навчитись оперувати кожною з них. Досить проблематичними виявляються ситуації, які трапляються під час навчальних занять з теоретичної фізики, коли студентам не вдається абстрагуватися від стандартних математичних форм, засвоєних ще в школі, зрозуміти фізичний зміст теоретичних наслідків задачі та усвідомити, наприклад, розбіжність між елементарною функцією типу $y(x) = kx + b$ і кінематичним рівнянням рівноприскореного прямолінійного руху $v(t) = at + v_0$. При цьому важливе виявляється не формальне абстрактно-логічне зіставлення, тобто заучування, а найкращий варіант, коли навчання фізики розглядатиметься з позицій «учіння» (за Д. Б. Ельконіним [479]).

З огляду на викладене ми вважаємо, що формування МКФ студентів у процесі навчання ТФ потребує підсилення процесуальних аспектів когнітивно-діяльнісного складника МКФ, чому сприяє застосування *герменевтичного підходу*. Потреба в герменевтичному підході пояснюється тим, що його теоретична основа (педагогічна герменевтика) дає змогу сформувати в студентів *розуміння* фізичного змісту та *вміння інтерпретувати* знакову математичну інформацію в навчанні теоретичної фізики не лише на засадах порівняння й зіставлення.

Проблеми *розуміння, інтерпретації та пояснення* різного типу повідомлень розв'язує *герменевтика*. Основним її завданням є побудова теорії та загальних правил інтерпретації і розуміння текстів різних типів, причому предметом дослідження герменевтики є не лише аналіз логіко-граматичної структури тексту, а й особистісний аспект розуміння та інтерпретації, тобто з'ясування намірів, мотивації, цілей і прагнень автора тексту, ролі особистого досвіду

суб'єкта в процесах розуміння та інтерпретації. Дослідження механізму «розуміння», яке є основним поняттям герменевтики, потребує визначення умов реалізації тріадної активності творчо-пізнавального духу людини, що виражається такими категоріальними структурами: «пізнання–розуміння–знання», «розуміння–уміння–мислення» та ін. Герменевтично-педагогічний підхід, як зазначає В. Д. Шарко, сприяє до наповненню новим змістом категоріально-понятійного апарату педагогіки й методик, зорієнтовує на нові дидактичні форми й методи навчання. Знання поетапності процесу набуття знань, результатом якого є розуміння того, що вивчається, дає змогу викладачеві усвідомити умови, за яких суб'єкти навчання досягають розуміння змісту навчального процесу, і з'ясувати причини можливого їх невстигання. Для теорії навчання фізики це означає, що, по-перше, усі методи і методики навчання студентів слід спрямувати на те, щоб вони не перебували під впливом якоїсь однієї ідеї; по-друге, освіту треба зорієнтувати на методологію, засновану на взаємодії різних самостійних ідей [463].

Цілеспрямовану навчальну діяльність студентів щодо формування МКФ ми розглядаємо з позицій теорії розвивального навчання (В. В. Давидова [111; 112], Д. Б. Ельконіна [479]). Творчість і творча діяльність визначають цінність людини, тому формування творчої особистості має не лише теоретичний, але й практичний сенс. Активізація творчої пізнавальної діяльності студентів залежить більшою мірою від методів навчання, які використовуються в навчально-виховному процесі. Розвиток творчих можливостей студентів важливий на всіх етапах навчання, проте не кожне навчання розвиває студентів.

Як зазначає Б. Д. Ельконін, «категорії навчання і розвиток різні. Ефективність навчання здебільшого вимірюється кількістю і якістю набутих знань, а ефективність розвитку вимірюється *рівнем*, якого досягають *здібності* суб'єктів навчання» [479], тобто тим, наскільки розвинені в студентів основні форми їхньої психічної діяльності, що дозволяє швидко, глибоко і правильно орієнтуватися в явищах навколишньої дійсності. Як стверджує В. В. Давидов, психологічний розвиток людини – це передовсім становлення його діяльності

свідомості й усіх психологічних процесів (пізнавальних процесів, емоцій та ін.), які їх «обслуговують». З огляду на це можна стверджувати, що розвиток суб'єктів навчання багато в чому залежить від тієї діяльності, яку вони виконують у процесі навчання [111]. Діяльність може бути репродуктивною й продуктивною, кожна з них невіддільно взаємопов'язані, проте залежно від того, який вид діяльності переважає, навчання по-різному впливає на розвиток суб'єктів навчання. Репродуктивна діяльність характеризується тим, що студент отримує готову інформацію, сприймає її, розуміє, запам'ятовує, потім відтворює. Основна мета такої діяльності – формування знань, умінь і навичок, розвиток уваги і пам'яті. Продуктивна діяльність пов'язана з активною роботою мислення і виявляється в таких мисленнєвих операціях, як аналіз і синтез, порівняння, класифікація, аналогія, узагальнення, які в педагогічній літературі називають логічними прийомами мисленнєвих дій [112].

Залучення мисленнєвих дій до процесу засвоєння математичного змісту – одна з найважливіших умов реалізації розвивального навчання, тому що продуктивна (творча) діяльність позитивно впливає на розвиток усіх психологічних функцій. При цьому організація розвивального навчання передбачає створення умов для вироблення в студентів умінь застосовувати прийоми мисленнєвої діяльності. Оволодіння ними не лише забезпечує новий рівень засвоєння, але й сприяє підвищенню рівня розумового розвитку студентів. Оволодівши цими прийомами, студенти стають більш самостійними в розв'язанні навчальних завдань, можуть раціонально застосовувати свою діяльність щодо засвоєння знань.

Наприкінці 50-х рр. ХХ ст. Д. Б. Ельконін висунув гіпотезу про те, що провідною діяльністю є навчальна [479]. При цьому вчений убачав у цьому понятті специфічний психологічний зміст, що відрізняється від загальноприйнятого в педагогічній практиці, яка на той час навчальною вважала будь-яку діяльність суб'єкта навчання в навчальному процесі, тобто *учіння* – це особлива діяльність, свідомо спрямована на здійснення цілей навчання й виховання, які студент приймає як власні, особистісні цілі. Мотивом

такої діяльності може бути лише пізнавальний, пов'язаний із засвоєнням узагальнених способів дій з науковими поняттями, передбаченими змістом фахових наукових дисциплін, оскільки саме із засвоєнням основ наук, у яких у найбільш систематизованій формі представлено основні здобутки людської цивілізації, пов'язано найвагоміші результати соціалізації – формування теоретичного мислення як вершини розвитку людського розуму й духовних потреб. Учений називає таку діяльність *цілеспрямованою навчальною діяльністю*, щоб відрізнити від традиційного розуміння учіння.

Герменевтичний підхід до цілеспрямованого формування МКФ сприяє формуванню розуміння, інтерпретації та поясненню фізичних процесів і явищ. Його роль полягає в тому, що вибір стратегії навчання слід покласти не на інтуїтивні дії викладача, а визначати усвідомленим підходом до цілеспрямованого формування особистісних якостей стосовно кожного конкретного студента в процесі здійснення ним пізнавальної діяльності і не лише навчальної, але й самостійної, що є значущим для обґрунтування доцільності підсилення уваги до когнітивно-діяльнісного складника МКФ для підвищення не лише якості знань, але й гностичної діяльності, здійснення якої неможливе без сформованих *гностичних умінь*, пов'язаних з *усвідомленням, систематизацією, трансформацією* здобутої інформації.

Формування гностичних умінь дозволяє навчити студентів виокремлювати в отриманій навчальній інформації змістовну доміную на основі виявлення й аналізу причинно-наслідкових зв'язків усередині цієї інформації; знаходити інтегративні чинники застосування ММФ у змісті курсу ТФ для використання отриманої інформації в нових умовах навчального процесу; використовувати свій творчий потенціал, сформований на основі власного соціального досвіду, методологічних і предметних знань, умінь, навичок з курсу ММФ в умовах нових ситуацій щодо вивчення ТФ; створити умови для актуалізації знань з ТФ, важливих для систематизації отриманої навчальної інформації; дати змогу студентам виявляти креативність мислення, ініціативність, активність, оригінальність в обробленні й використанні різної інформації щодо

рівномірного руху тіла (краплини води) у в'язкому середовищі (олії) передбачено лабораторною роботою № 11 «Визначення в'язкості рідини методом Стокса» [207, с. 52–56].

Приклад 1. Теоретичне завдання: Обґрунтуйте, чому тіла, які вільно падають у повітрі рухаються при наближенні до поверхні Землі рівноприскорено, а ті, що тонуть, рухаються рівномірно і прямолінійно.

Етапи моделювання: 1. Вибір базової моделі – вільне падіння тіла (краплини води, що капає з кювети А), з опорою на закон Галілея, згідно з яким за відсутності опору середовища (олія в посудині В) усі тіла падатимуть з однаковим прискоренням. 2. Ускладнення моделі із урахуванням сили опору середовища із застосуванням динамічного методу до аналізу руху тіла у в'язкому середовищі за невеликих швидкостей. 3. Ускладнення моделі з урахуванням сили Архімеда.

Аналіз процесу моделювання: для вільного падіння тіла з прискоренням g і масою m , що не зазнає від середовища жодного опору, застосовують динамічний метод розв'язання.

Базова математична модель: динамічна модель руху – це диференціальне рівняння руху матеріальної точки, що задовольняє II закону Ньютона $m\vec{a} = \vec{F}$ – об'єктивний критерій вибору базової моделі.

Якщо $\vec{F} = m\vec{g}$, то у проекції на напрям прискорення це рівняння матиме скалярну форму представлення:

$$m \frac{dv}{dt} = mg; \quad v(t) = gt.$$

Відокремлюємо змінні й знаходимо кінематичний наслідок рівняння:

$$\frac{dv}{dt} = g; \quad dv(t) = gdt; \quad \int dv(t) = \int gdt; \quad v(t) = gt + C_0,$$

де C_0 – невизначена стала інтегрування, знаходження якої забезпечують початкові умови задачі:

$$v(t)|_{t=0} = gt|_{t=0} + C_0,$$

тобто потрібно знати початкову швидкість руху об'єкта, позначимо її як v_0 , тоді є змога з'ясувати фізичний зміст сталої інтегрування $C_0 = v_0$. Наслідок розв'язання представляється у вигляді лінійної функції:

$$v(t) = gt + v_0, \text{ порівнюємо з } y(x) = kx + b,$$

де k і b – сталі, у нашому випадку g і v_0 теж сталі.

Висновок: швидкість зростає за лінійним законом.

Для координатної змінної слід звернутися до математичної моделі, яка визначає зв'язок між координатою руху точки та її швидкістю:

$$v(t) = \frac{dx(t)}{dt},$$

підставляючи результати попереднього аналізу, відокремлюємо змінні, з'ясовуємо зміст нової сталої інтегрування й отримуємо кінематичний наслідок:

$$x(t) = \frac{gt^2}{2} + v_0t + x_0, \text{ порівнюємо з } y(x) = ax^2 + bx + c,$$

де a , b , c – сталі, у нашому випадку g , v_0 і x_0 теж сталі, x_0 – початкове місце перебування тіла до початку його руху.

Висновок: координата точки за часом змінюється за квадратичним лінійним законом. Спостереження за вільним падінням тіл у повітрі підтверджують цей теоретичний факт: справді, з наближенням тіла до землі є його рух стає стрімкішим.

З виключенням часового параметру ми отримаємо математичне представлення форми траєкторії: $x(y) = x_0$ – пряма (годограф радіус-вектора).

Отже, тіло рухається вздовж прямої зі змінною за лінійним законом швидкістю та зі сталим прискоренням. Характер руху вільно падаючого тіла є прямолінійним рівноприскореним, як квадратична форма від часового параметру. Із спостережень ми знаємо, що тіла, які падають до Землі під впливом сили тяжіння набувають усе зростаючої швидкості. Із тілами, що тонуть, ситуація інша, цей процес відбувається ніби рівномірно, що й потребує теоретичного обґрунтування. Для цього випадку базову математичну модель

вільного падіння тіла слід ускладнити й урахувати ті сили, які забезпечують такий нібито очевидний наслідок – рівномірне потопання тіла.

Перший етап ускладнення моделі: За малих швидкостей у в'язкому середовищі в'язкість вважають єдиною причиною опору рухові. Сила опору пропорційна швидкості тіла v і коефіцієнту опору k (у наближенні Стокса):

$$F(v) = -kv.$$

За динамічним методом аналізу руху тіла у в'язкому середовищі без початкової швидкості згідно з основним рівнянням динаміки матеріальної точки для знаходження швидкості тіла складають диференціальне рівняння:

$$m \frac{dv}{dt} = mg - kv.$$

Відокремлюючи змінні, знаходять:

$$\frac{dv}{\frac{mg}{k} - v} = \frac{k}{m} dt, \text{ або } \frac{d\left(\frac{mg}{k} - v\right)}{\frac{mg}{k} - v} = -\frac{k}{m} dt.$$

Після інтегрування одержують:

$$\ln\left(\frac{mg}{k} - v\right) = -\frac{k}{m}t + C.$$

Сталу інтегрування C визначають з початкової умови:

$$v|_{t=0} = 0; \Rightarrow C = \ln\left(\frac{mg}{k}\right).$$

Отже, остаточно:

$$v(t) = \frac{mg}{k} \left(1 - e^{\left(-\frac{k}{m}\right)t} \right).$$

З одержаного розв'язку встановлюють, що рух тіла у в'язкому середовищі можна вважати рівномірним лише *умовно*, якщо час спостереження за процесом $t \rightarrow \infty$, а швидкість набуває максимально можливого значення $v_{\max} = mg/k$, тобто швидкість руху тіла саме за таких умов є сталою, а рух рівномірним прямолінійним. На справді ж, якщо час спостереження малий, то закон зміни

швидкості не є лінійним.

Другий етап: ускладнення моделі. На цьому етапі моделювання враховують силу Архімеда (квазістатичний випадок $\rho_m \approx \rho_p$), тому рух тіла описують рівнянням:

$$m \frac{dv}{dt} = mg - kv - \rho_p gV.$$

Після відокремлення змінних одержують:

$$\frac{dv}{\frac{mg}{k} - v - \frac{\rho_p gV}{k}} = \frac{k}{m} dt, \text{ або } \frac{d\left(\frac{mg}{k} - v - \frac{\rho_p gV}{k}\right)}{\frac{mg}{k} - v - \frac{\rho_p gV}{k}} = -\frac{k}{m} dt$$

і відповідний загальний розв'язок:

$$\ln\left(\frac{mg}{k} - v - \frac{\rho_p gV}{k}\right) = -\frac{k}{m}t + C.$$

Сталу інтегрування C визначають з початкової умови:

$$v|_{t=0} = 0; \Rightarrow C = \ln\left(\frac{mg}{k} - \frac{\rho_p gV}{k}\right).$$

Отже, остаточно залежність швидкості від часу є наступною:

$$v(t) = \left(\frac{mg}{k} - \frac{\rho_p gV}{k}\right) \left(1 - e^{\left(-\frac{k}{m}\right)t}\right).$$

Отримана функціональна залежність указує на те, що з плином часу $t \rightarrow \infty$ швидкість руху тіла у в'язкому середовищі прагне до максимального значення $v_{\max} = Vg/k$, за умови, що випадок квазістатичний. Швидкість руху тіла за таких умов теж є сталою, а рух рівномірним і прямолінійним.

Аналіз процесу механічного руху тіла в умовах запропонованої задачі уможлиблює формування в студентів логіки побудови математичної моделі щодо її узгодженості з реальним процесом, потребу виконання математичних наближень на предмет їх відповідності щодо результату спостереження з теоретично передбачуваним наслідком.

У процесі такого аналізу реального об'єкта на засадах моделювання ми порівнюємо знакові (математичні моделі), зіставляючи їх на відповідність із реально існуючим об'єктами. У такий спосіб застосовуємо *семіотичний (прагматичний) підхід* до аналізу об'єкта як деякої знакової системи, представленої у формі диференціального рівняння. При цьому встановлюємо зв'язок між знаком (математичною моделлю механічного руху об'єкта), означуваним об'єктом (тілом, що тоне) й тими (студентами), хто користується знаковою системою. Саме в такому зв'язку виявляються *суб'єкт-об'єктні* відносини між студентом і навчально-пізнавальною задачею на засадах теоретичної методології дослідження, у якій математична *модель є знаком*, а посередником – *мисленнєві операції*: аналіз, синтез, порівняння, узагальнення, абстрагування, класифікація, систематизація, конкретизація тощо. У такий спосіб забезпечується формування *особистісного компонента* МКФ, пов'язаної з *формуванням теоретичного мислення*, що передбачає створення навчальної ситуації, яка розкриває закономірності об'єкта дослідження на процесуальній основі.

У цьому процесі цілеспрямованого формування МКФ ми зосередили увагу на виокремленні двох ключових позицій: з погляду *когнітивного рівня* – на *універсальному понятійному апараті фізики* (означення швидкості, прискорення, траєкторії руху), розуміння якого формується на засадах *герменевтичного підходу* та *ключових знакових категорій математики* (канонічні форми представлення прямої і квадратичної функції), порівняння яких на засадах математичного моделювання з реально спостережуваним процесом потопання тіла в рідині з *позицій семіотичного підходу* дає змогу виокремити змістовий інтегративний компонент в процесі МКФ; на рівні «технологічного компонента» увагу зосереджено на *ключових методологічних компетенціях* (мисленнєвих операціях) та *методах наукового пізнання* (на проміжному рівні – на засадах математичного моделювання, на теоретичному – відповідно до законів класичної механіки). Пропонований порівняльно-узгоджувальний підхід не виключає застосування емпіричної методології наукового пізнання через

спостереження за реальним процесом потопання об'єкта дослідження. Утім, на рівні формування експериментаторської компетентності з фізики такий підхід має змістити акценти на відповідний практичний складник з умовами здійснення натурального експерименту.

Практичне завдання, що дозволяє застосування наслідків теоретичного аналізу: Запропонуйте спосіб визначення коефіцієнта в'язкості олії, якщо у Вас є: великий скляний посуд, наповнений олією, в'язкість якої потрібно визначити, наповнена водою кювета, здатна утворювати краплі води, які крапатимуть в олію і будуть взаємодіяти з нею під впливом сили тяжіння. У такому формулюванні завдання на основі попереднього теоретичного аналізу уможлиблюється його реалізація в змісті лабораторної роботи фізичного практикуму «*Визначення в'язкості рідини методом Стокса*» [207, с. 52–56].

З погляду реалізації професійної спрямованості навчання майбутніх учителів фізики слід урахувати умови реалізації таких завдань у лабораторному практикумі загальноосвітньої школи. Зокрема В. Н. Федорова, Е. В. Фаустов, Е. Б. Петрова [433] пропонують таке експериментальне завдання: Запропонуйте спосіб визначення об'ємної швидкості переміщення рідини в голці шприца.

Експериментальні умови перевірки пропонованих автором теоретичних міркувань передбачає лабораторна робота № 12 «*Визначення коефіцієнта в'язкості Методом Пуазейля*» [207, с. 57–59].

Розв'язування цієї задачі на етапі вибору базової моделі рівняння (закону збереження і перетворення енергії) на процесуальному етапі розв'язку є дещо ускладненим (не аналітичним, а скоріш синтетичним способом) порівняно із першим прикладом. З позиції застосування змісту математичних моделей скалярних величин (енергія, робота) до опису системи – це звичайно більш прості за математичною природою об'єкти, що дає змогу адаптувати їх до шкільних умов. Синтетичні способи розв'язання «шкільних» задач з фізики не є дидактичною проблемою, оскільки фундаментальне фізичне знання (закон збереження і перетворення енергії) не є однорідним за змістом. Нечіткість

фундаментального знання, варіативність його застосування не заважає, а навпаки, сприяє урахуванню багатьох аспектів підготовки студентів, здатних на основі здобутих знань самостійно знаходити і приймати важливі рішення в умовах невизначеності, у контексті нових, складних природних і соціальних проблем, формувати *дивергентне мислення*.

Успіх математичного моделювання визначається вдалим вибором теоретичної моделі. Уміння правильно обрати математичну модель з уже відомих чи побудувати нову вимагає сформованості не лише потрібних математичних знань і вмінь, але й мисленнєвих здібностей, які формуються в умовах вдало організованої навчальної діяльності. Цілеспрямоване формування МКФ на засадах порівняльно-узгоджувального підходу дає змогу реалізувати універсальний механізм формування особистісних якостей студентів на міждисциплінарному рівні взаємодії ключових методологічних компетенцій наукового пізнання природи із залученням мисленнєвих дій студентів.

Важливо зазначити, що врахування зв'язку математичного, теоретичного й емпіричного в навчальному пізнанні на міждисциплінарному рівні взаємодії ММФ і ТФ є об'єктивним критерієм у процесі формування МКФ і потребує не лише унаочнення теоретичних аспектів математичного моделювання з позицій теоретичних узагальнень, але й перевірки наслідків такого моделювання на відповідність в експериментальних умовах, віддзеркалених у змісті експериментальних завдань з фізики. При цьому реалізується напрям професійної спрямованості навчання ММФ, якщо зміст цих завдань передбачає адаптацію знань до шкільних або навчальних умов ВНЗ. Математичні моделі в експериментальних завданнях практичного і прикладного змісту в навчально-пізнавальній діяльності студентів з фізики представлено в публікаціях [70–72; 74; 292; 294; 297; 312; 326; 332; 333; 492].

Висновки до розділу 3

До підходів, які визначають стратегію розроблення МСН ММФ у педагогічних університетах належать системний підхід та метод педагогічного

моделювання, що дозволяє більш глибоко і повно дослідити цей феномен і дійти таких висновків:

1. Системний підхід дає підстави розглядати процес формування й розвитку МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики як системний об'єкт, який виявляє такі системні ознаки: наявність структурних компонентів (цілі, зміст, технології і методики навчання, моніторинг і результати навчання, суб'єкти навчання (студенти) і керівники (викладачі) навчального процесу, освітньо-наукове середовище); об'єктивні закономірні зв'язки між цими компонентами (структура МС); інтегративну якість (МКФ); функціональні характеристики (методологічну, професійно орієнтовальну, інтегративну, розвивальну, прогностичну); цілеспрямованість (узгоджений зв'язок усіх компонентів МС, що дозволяє вважати цільовий компонент системоутворювальним); комунікативні властивості (уплив освітньо-наукового середовища); спадкоємність (оновлення складників МС із збереженням найліпших традиційних якостей, що забезпечує її стійкість до зовнішніх впливів); управління (свідомий і цілеспрямований уплив на компоненти МС або зв'язки для функціонування системи), розвиток (історичність і спадкоємність є характерними ознаками вияву перспектив подальшого розвитку МС). Дієздатність такого системного об'єкта забезпечується динамічною, відкритою та гнучкою МСН ММФ, а системний підхід є методологічною основою її розроблення й проектування на засадах принципів загальної теорії систем.

2. Моделювання є універсальним методом і дозволяє об'єднати в педагогічному дослідженні теоретичне й емпіричне. Під час добору методології розроблення та впровадження компетентісно зорієнтованої МСН ММФ це виявилось для нас найбільш привабливим, оскільки в процесі формування й розвитку МКФ студентів під час навчання математичних методів фізики та теоретичної фізики дало змогу створити модель квазіпрофесійної діяльності, яка готує майбутніх учителів і викладачів фізики до співпраці з вихованцями. Така модель є структурно-функціональною основою, що слугує аналогом реального педагогічного процесу.

На засадах системного підходу та методу педагогічного моделювання визначено структуру компонентів МСН ММФ, з-поміж яких цільовий, змістовий, процесуальний та результативний.

Проектування цілей здійснено за такою ієрархією: цілі суспільства (соціальне замовлення) – *глобальні*; позиція особистості – *стратегічні*; загальні цілі функціонування педагогічної системи щодо ПП майбутніх учителів і викладачів фізики – *етапні*; цілі функціонування дидактичної системи навчання фізики майбутніх учителів і викладачів фізики на різних рівнях її вияву та існування – *локальні*; цілі функціонування МС у межах кожної окремої дисципліни циклу ПП майбутніх учителів і викладачів фізики – *тактичні*; цілі функціонування МС у змісті розділів і тем дисципліни – *проміжні*; цілі педагогічного процесу, який виявляється в його елементарних формах (лекція, практичне заняття, самостійна робота, науково-дослідницька робота та ін.) – *оперативні*.

Цілеспрямованість навчального процесу під час формування й розвитку в студентів МКФ передбачає врахування особливостей навчально-пізнавальної діяльності з фізики на різних рівнях реалізації змісту ММФ у циклі дисциплін ПП майбутніх учителів і викладачів фізики (математичних, теоретичних, емпіричних узагальнень, адаптації фізико-математичних знань до шкільних умов (для вчителів фізики), умов ВНЗ (для викладачів фізики); посилення практично-діяльнісного і творчого складників у навчанні; пріоритет розвивальної функції навчання; науковість, теоретичну, прикладну, професійну, інформаційну спрямованість навчання тощо, що забезпечується змістовим, процесуальним та результативним компонентами МС, на які впливають педагогічні, організаційно-методичні й інші умови.

У процесі дослідження передбачається врахування декількох формотворних станів структурно-функціональної моделі процесу формування й розвитку МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики в навчанні ММФ і ТФ – формувальний та розвивальний, що виявляються на кожному етапі проектування МС, з-поміж них виокремлено: діагностування, цілепокладання,

планування, структурування, прогнозування, моніторинг.

3. Виявлено, що моделювання розглядають різноаспектно: виокремлюють його гносеологічні риси; розглядають як об'єкт і метод дослідження закономірностей навчально-виховного процесу; розглядають як мету, метод і засіб навчального пізнання.

Досліджено пізнавальну, евристичну, унаочнювальну, уніфікаційну й інтеграційну функції математичного моделювання в навчально-виховному процесі з фізики, виокремлено методологічну, професійно орієнтовальну, розвивальну й прогностичну функції навчання ММФ, які сприяють викладанню узагальнювальних питань курсу теоретичної фізики, формуванню системності знань через вироблення дослідницьких умінь на рівні теоретичних узагальнень з погляду різних теоретичних схем, розвитку мислення.

Кожна із згаданих функцій визначає відповідну дидактичну лінію навчання ММФ у змісті курсу ТФ циклу дисциплін професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики. Зокрема дидактичні лінії навчання ММФ у змісті курсу ТФ забезпечують такі міждисциплінарні зв'язки: фактичні – завдяки зорієнтованості на поглиблене й розширене вивчення студентами фактичних даних про метод математичного моделювання в теоретичній фізиці; понятійні – спрямовані на усвідомлене засвоєння теоретичних знань, які входять до змісту дисциплін; теоретичні – зорієнтовані на усвідомлене засвоєння теорій, що є підґрунтям сучасної математичної та теоретичної фізики. Для забезпечення послідовності вивчення навчального матеріалу доцільно враховувати *хронологічний критерій*, який забезпечує впорядкування попередніх, супутніх та перспективних напрямів навчальної діяльності студентів: 1) за спільністю наукових фактів, теорій, понять; 2) за спільністю використання наукових методів; 3) за спільністю характеру розумової діяльності.

4. Обґрунтовано, що проблему цілеспрямованого формування МКФ слід розв'язувати в процесі розроблення універсального механізму – *порівняльно-узгоджувального підходу*, який передбачає виокремлення інтегративного

компонента (фізичний закон або принцип – математичне співвідношення або рівняння), порівняння його зі змістом навчання математичних методів фізики і теоретичної фізики та узгодження з процесуальною основою навчання теоретичної фізики в структурі навчально-пізнавальної діяльності студентів.

Універсальними елементами навчально-пізнавальної діяльності студентів на процесуальному рівні є узагальнені прийоми розумової діяльності (мисленнєві операції), математичне моделювання, теоретичний та емпіричний методи наукового пізнання, а на змістовому – універсальний понятійний апарат математичної та теоретичної фізики, ключові символні та знакові категорії математики. Такий підхід є виправданим, оскільки реалізація міжпредметних зв'язків на процесуальній основі МСН ММФ створює умови для цілеспрямованої підготовки студентів до сприйняття різних навчальних дисциплін як єдиного цілого, що засвоюється на основі єдиного механізму навчального пізнання. Багатовимірну структуру сучасної фізичної картини світу, закони і принципи фізики, різні теоретичні схеми, методологію наукового пізнання природи, наукового світогляду поєднано в цілісному механізмі навчально-пізнавального процесу.

Теоретико-методологічною основою порівняльно-узгоджувального підходу є комплексна реалізація таких підходів: 1) семіотичного, який забезпечує порівняння знакових категорій математики, що дає змогу дослідити будь-які системи як самодостатні цілісні утворення в єдності їхніх іманентних характеристик, побачити взаємозалежність і взаємозумовленість опозицій, які раніше розглядались як протидіючі, та узгодити їх з реальністю; 2) герменевтичного, який сприяє формуванню розуміння, інтерпретації та поясненню фізичних процесів і явищ. Цей підхід забезпечує вибір стратегії навчання не з інтуїтивними діями викладача, а на основі усвідомлення важливості цілеспрямованого формування особистісних якостей кожного конкретного студента в процесі пізнавальної діяльності.

Основні положення розділу викладено в публікаціях автора [71; 72; 73; 294; 304; 307; 319; 324; 325; 327; 329; 332; 335].

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДИЧНОЇ СИСТЕМИ НАВЧАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ ФІЗИКИ У ПЕДАГОГІЧНИХ УНІВЕРСИТЕТАХ

4.1. Концепція розроблення й упровадження методичної системи навчання математичних методів фізики у педагогічних університетах

Специфіка сучасної університетської освіти є зорієнтованість на фундаментальну теоретичну підготовку в поєднанні із самостійною дослідницькою роботою студентів, що забезпечує високий рівень конкурентоспроможності випускників на ринку праці, професійну мобільність і готовність до інновацій у професійній діяльності. Унікальність сучасного педагогічного університету полягає в тому, що підготовка фахівців відбувається у взаємозв'язку з перебудовою навчально-виховного процесу в самому університеті, із змінами в його структурі, із створенням нової інфраструктури освіти. Викладачі та студенти педагогічного університету, які працюють у різних освітніх закладах, виконують основні завдання модернізації, а також активно її розробляють, вибудовуючи нову освітню практику. Унаслідок такої інтеграції науки та освітньої діяльності педагогічні університети стають аналітичними й дослідницькими центрами, що проводять моніторинг якості, виявляють проблеми і визначають шляхи їх розв'язання.

Завданням фізико-математичної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики є формування здатності студентів до вияву узагальненого характеру пізнавальної діяльності, основою якої є наукові уявлення про світ у багатоплановості та розмаїтті змісту навчання фізики в його організаційно-процесуальних аспектах, готовності фахівців до сприйняття інновацій у змісті та методах навчання фізики з урахуванням їхнього індивідуального особистісного розвитку.

Математичні методи як загальнонаукова методологія пізнання не лише оптимізують, спрощують, але й розширюють можливості студентів у вивченні

та дослідженні фізичних систем на засадах математичного моделювання, що потребує ґрунтовних знань з математики і фізики для досягнення інтегрованого результату навчання – математичної компетентності з фізики – у структурі професійної компетентності майбутніх учителів і викладачів фізики, а також віддзеркалення взаємозв'язку емпіричного, теоретичного та математичного знання в моделях квазіпрофесійної діяльності фахівця.

Методологічні засади системного підходу та педагогічного моделювання, теоретичні та методологічні засади дидактики вищої школи; дослідження, пов'язані з моніторингом якості професійної освіти; теоретико-методичні основи навчання фізики; навчальні програми і підручники з дисциплін циклу професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики; досвід практичного розроблення й упровадження модульно-рейтингової технології навчання ММФ і ТФ є підґрунтям для створення загальної концепції розроблення й упровадження методичної системи навчання математичних методів фізики в педагогічних університетах (МСН ММФ).

Актуальність і доцільність розроблення й упровадження МСН ММФ. Професійна підготовка майбутніх учителів і викладачів фізики компетентнісної моделі освіти потребує перегляду основних підходів до організації навчально-виховного процесу в педагогічних університетах, зорієнтованого на інтереси особистості та потреби суспільного розвитку.

Для досягнення високого рівня суспільного розвитку важливою є підготовка всебічно розвинених особистостей, які не потребують постійного керівництва, здатні діяти в умовах невизначеності, здійснювати самостійний пошук шляхів розв'язання складних проблем, зокрема підвищувати якість підготовки учителя-фахівця, професіонала, учителя-наставника, учителя-творця, учителя-науковця з концепцією розвитку особистості як найвищої соціальної цінності. У цій концепції передбачено навчати студентів здобувати знання, творчо мислити, активно розвиватися. Для цього потрібно вдосконалити та реформувати методи навчання, зміст і структуру подання навчального матеріалу, оптимізувати форми і методи організації самостійної роботи, що ініціюватимуть розвиток творчого

потенціалу студентів для усвідомленого вибору оптимального варіанта змісту й технології своєї діяльності, стимулюватимуть внутрішню потребу в саморозвитку і самоосвіті впродовж усього життя.

Фізико-математична підготовка майбутніх учителів і викладачів фізики є складником їхньої професійної підготовки в педагогічному університеті, у якому формуються особистісно та професійно важливі якості майбутнього фахівця, готовність до конкретного виду фахової діяльності. Кожна з дисциплін циклу професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики, з-поміж яких «Загальна фізика», «Математичні методи фізики», «Теоретична фізика», «Фізика твердого тіла», «Методика навчання фізики» тощо, впливає на формування й розвиток у майбутніх фахівців професійної компетентності.

У педагогічних університетах під час засвоєння основ фізико-математичної галузі знань студенти повинні виробити здатність застосовувати методи математичного моделювання в навчально-пізнавальній діяльності з фізики: розрізняти й уміти будувати математичні моделі досліджуваних фізичних об'єктів, явищ і процесів; вивчати теоретичні моделі фізичних систем з погляду різних теоретичних схем завдяки адекватним математичним методам. У процесі навчання студентів ММФ виявлено актуальні для циклу дисциплін професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів спільні проблеми, з-поміж яких можна виокремити такі: формування в студентів досвіду математичної інтерпретації досліджуваних фізичних явищ і процесів, досвіду застосування методів математичного моделювання під час формування системи фізичних понять, законів, теоретичних схем тощо.

Засвоєння ММФ у навчально-пізнавальній діяльності з ТФ потрібне студентам для того, щоб: 1) розвивати розумові здібності, теоретичне і критичне мислення; 2) орієнтуватися в науковій фізико-математичній інформації, потрібній для подальшої навчальної та професійної діяльності; 3) глибше розуміти зміст фахових наукових дисциплін; 3) активно застосовувати методи математичного моделювання під час вивчення спеціальних дисциплін.

Нині в педагогічних університетах накопичено значний досвід і фактичний матеріал навчання студентів фізико-математичних дисциплін, однак сучасні МСН ММФ достатньою мірою не відповідають новій освітній парадигмі. Зокрема потребує розроблення МСН ММФ, спрямована на формування й розвиток МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики, розвиток творчих здібностей студентів, формування умінь працювати в науково зорієнтованих середовищах. Об'єктивне зниження рівня якості ПП майбутніх учителів і викладачів фізики вимагає створення загальної концепції розроблення й упровадження МСН ММФ на засадах інтегрованого підходу (фундаменталізації, міждисциплінарного, контекстного, інформаційного і компетентнісного підходів).

Компетентнісно зорієнтована МСН ММФ сприятиме розвитку творчих здібностей і нахилів студентів; підвищенню рівня їхньої освіченості; розвитку інформаційно-аналітичних умінь; формуванню готовності й здатності студентів до оптимізованої практичної діяльності; виробленню вмінь розв'язувати завдання в контексті реальної професійної ситуації.

Мета і завдання розроблення МСН ММФ. Розроблення МСН ММФ забезпечить цілісну методологічну, теоретичну та методичну базу для упровадження компетентнісного підходу до навчання студентів ММФ, що створюватиме передумови його реалізації в циклі дисциплін ПП майбутніх учителів і викладачів фізики, сприятиме формуванню й розвитку *математичної компетентності з фізики* в структурі професійної компетентності фахівців.

У структурі професійної компетентності майбутніх учителів і викладачів фізики ми дотримуємося загальних підходів й виокремлюємо низку компетентностей, з-поміж яких: ключові, базові спеціальні.

Зокрема *ключові компетентності* є важливими для професійної діяльності фахівця. Вони виявляються в готовності й здатності фахівця розв'язувати професійні завдання в процесі застосування інформації, комунікації, соціальних основ поведінки особистості в суспільстві тощо.

Базові компетентності потрібні для організації професійної педагогічної діяльності вчителя або викладача фізики. До базових компетентностей належать ті, які важливі для професійної діяльності фахівця в контексті вимог до системи освіти (соціально значущі та унормовані).

Спеціальні компетентності віддзеркалюють специфіку конкретної предметної галузі з фізики або міжпредметної галузі професійної роботи. Спеціальні компетентності ми розглядаємо як реалізацію ключових і базових компетентностей у навчально-методичній роботі вчителя або викладача фізики.

З погляду професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики *математична компетентність з фізики* є інтегрованою динамічною характеристикою особистісних якостей студента, його готовністю й здатністю застосовувати в навчальній та професійній діяльності методи математичного моделювання фізичних систем, явища або процесу у фізичній системі за законами або принципами фізики в прийнятих теоретичних схемах.

Математична компетентність з фізики належать до базових професійних компетентностей майбутніх учителів і викладачів фізики, підґрунтям якої є фундаменталізація змісту навчання ММФ; міждисциплінарна інтеграція курсів ММФ і ТФ; контекстне навчання в процесі розв'язування професійно значущих навчально-пізнавальних завдань: теоретичних за змістом курсу ММФ, прикладних за змістом курсу ТФ, професійно зорієнтованих у контексті методичної діяльності фахівця, предметно-інформаційний та інформаційно-комунікаційний контексти, компетентнісний підхід до цілеспрямованого формування МКФ.

Поняття «здатність» в означенні МКФ розуміють не як «схильність», а як «уміння», «здатний», тобто той, хто «уміє робити». Поняття «підготовка» до подальшої навчальної або професійної діяльності є не лише результатною, але й процесуальною характеристикою розвитку готовності майбутнього фахівця до застосування різних аспектів професійної діяльності, тому «готовність» як характеристика особистісних якостей студента віддзеркалює його здатність успішно здійснювати подальшу навчальну діяльність на певному рівні вищої

освіти або професійну діяльність, а також готовність до цієї діяльності.

Стратегічною метою МСН ММФ є формування й розвиток МКФ студентів у циклі дисциплін ПП майбутніх учителів і викладачів фізики.

Проектування цілей формування й розвитку МКФ доцільно здійснювати за такою ієрархією: цілі суспільства (соціальне замовлення) – *глобальні*; позиція особистості – *стратегічні*; загальні цілі функціонування педагогічної системи ПП майбутніх учителів і викладачів фізики – *етапні*; цілі функціонування дидактичної системи навчання фізики майбутніх учителів і викладачів фізики на різних рівнях її вияву та існування – *локальні*; цілі функціонування МС у межах кожної окремої дисципліни циклу ПП майбутніх учителів і викладачів фізики – *тактичні*; цілі функціонування МС у змісті розділів і тем дисципліни – *проміжні*; цілі педагогічного процесу, який виявляється в його елементарних формах (лекція, практичне заняття, самостійна робота, науково-дослідницька робота та ін.) – *оперативні*.

МСН ММФ спрямовано на розв'язання таких завдань:

- підвищити якість знань з ММФ і ТФ завдяки формуванню професійно зорієнтованих інтересів студентів у структурі навчально-пізнавальної діяльності з математичних методів фізики і теоретичної фізики;

- забезпечити цілеспрямованість процесу формування МКФ з урахуванням дидактичних умов, що сприяють поєднанню традиційних та інноваційних педагогічних й інформаційно-комунікаційних технологій;

- підсилити вагу не лише когнітивного, але й діяльнісного і особистісного компонентів МКФ, що сприятиме поліпшенню якості професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики;

- визначити структуру МКФ, показники і рівні сформованості (розвитку) її складників, що сприятиме упровадженню МС у практику роботи фахової наукової дисципліни та перевірку її ефективності в умовах ВНЗ.

Концептуальні положення розроблення й упровадження МСН ММФ:

1. Основою професійно зорієнтованого навчального процесу є розроблення й упровадження в повсякденну педагогічну практику компетентісно

зорієнтованих МС на таких засадах:

- поступове і несуперечливе упровадження в традиційні технології навчання теоретичної фізики механізмів цілеспрямованого формування МКФ;
- гармонійне поєднання традиційних і нових технологій навчання;
- наступність здобутків педагогічної науки (традиційних і нових перспективних), удосконалення та підсилення потрібного досвіду з використанням досягнень у розвитку комп'ютерної техніки і комунікаційних засобів зв'язку.

2. У процесі розроблення МСН ММФ важливо враховувати:

- принципи й основні тенденції розвитку вищої освіти наприкінці ХХ – початку ХХІ ст.;
- принципи розвитку вищої освіти в Україні;
- напрями реформування системи вищої освіти, зорієнтовані на подолання її недоліків; принципи створення перспективних систем вищої педагогічної освіти.

3. Підґрунтям для розроблення МСН ММФ є такі сучасні теорії, принципи, концепції та підходи педагогіки й психології вищої школи, дидактичні і технологічні принципи:

- концепція цілісності навчально-освітнього та виховного процесу ВНЗ, що зумовлює об'єднання дій усіх його структур і підрозділів у єдиному спрямуванні на навчання й формування особистості майбутнього вчителя та викладача фізики;

- закономірності теорії систем, що дають змогу організувати процес формування й розвитку МКФ у МСН ММФ – підсистеми, інтегрованої з дидактичною системою навчання фізики в педагогічних університетах;

- теорій змісту навчання фізики, розв'язування фізичних задач, навчального фізичного експерименту як основи змістового та процесуального компонентів МС;

- інтегративна концепція людини, в основу якої покладено: а) ідею про онтогенетичну еволюцію людини як індивіда, психічні задатки якого є природною основою особистості, б) положення про розвиток особистісних

якостей людини в єдності її природних задатків і здібностей як людського індивіда та суб'єкта суспільних відносин; в) діяльнiсну суть розвитку людини як суб'єкта дiй, що iнiцiює рiзні види специфiчної людської активностi – працi, навчання, пiзнання, спiлкування тощо; г) положення про унiкальностi кожної людини як особистостi, носiя певного внутрiшнього свiту, з власним його баченням та особистiсним вiдтворенням у свiдомостi, своїми потребами, уподобаннями, мотивацiйно-вольовими характеристиками; д) актуалiзацiю особистiсно зорiєнтованого пiдходу, що визначає студента як суб'єкта навчальної дiяльностi, самопiзнання i саморозвитку;

– соцiально-культурна концепцiя знання й пiзнання загалом, пiдґрунтям якої є соцiальна зумовленiсть пiзнавального процесу i його результату як елемента культури цивiлiзацiї;

– компетентнiсний пiдхiд, що детермiнує спiввiднесення цiлей i результатiв навчання щодо формування особистiсних характеристик студентiв;

– теоретичнi i методичнi основи навчання математичної фiзики в процесi визначення структури математичної компетентностi з фiзики;

– концепцiї фундаменталiзацiї змiсту фiзичної освiти: а) поетапного представлення структури процесу систематизацiї знань на рiвнi фундаментальних наукових понять i законiв, теорiй i принципiв та наукової картини свiту; в) цiлеспрямованостi змiсту; г) визначення iнтегрованого з навчанням фiзики взаємозв'язку теоретичного, емпiричного та математичного змiсту, що актуалiзує теоретичну, прикладну та професiйну спрямованiсть навчання ММФ у змiстi дисциплiн ПП майбутнiх учителiв i викладачiв фiзики;

– закони iнтеграцiї знань як умова пiдвищення ефективностi навчально-виховного процесу та доцiльностi застосування диференцiйованого й iндивiдуального пiдходiв;

– принципи мiждисциплiнарної iнтеграцiї й мiждисциплiнарних зв'язкiв, що сприяють виявленню iнтегративних чинникiв мiждисциплiнарної взаємодiї дисциплiн ПП майбутнiх учителiв i викладачiв фiзики;

– психолого-педагогiчна теорiя контекстного навчання, основним

напрямом якої є саморегуляція діяльності в умовах стимулювальної невизначеності, та побудована на її основі концепція такого навчання;

- теорія розвивального навчання, що актуалізує проблемний, діяльнісний, розвивальний (творчий), суб'єктно-суб'єктний підходи та пріоритетність активних технологій і методів навчання у вищій школі;

- дидактичний принцип циклічності до організації навчально-пізнавальної діяльності з фізики, спрямованої на розвиток творчих здібностей студентів;

- семіотика та педагогічна герменевтика, що детермінують семіотичний і герменевтичний підходи, комплексна реалізація яких створює теоретичну основу порівняльно-узгоджувального підходу до цілеспрямованого формування МКФ;

- дидактичні функції математичного моделювання в навчальному процесі з фізики як основа визначення інтегративних чинників міждисциплінарної взаємодії та дидактичних ліній навчання ММФ у курсі теоретичної фізики;

- принцип інформатизації, що детермінує предметно-інформаційний та інформаційно-комунікаційний підходи до навчання ММФ;

- концепція активізації навчально-пізнавальної та науково-пошукової діяльності, що визначає дидактичну технологію навчання як комплексну, інтегровану систему, яка об'єднує всі види аудиторних занять, самостійну роботу та інші види діяльності в систему праці студента над собою;

- теорія якості освіти, яка дає змогу обґрунтувати можливості застосування інтегрованого підходу до формування й розвитку МКФ в навчанні ММФ і ТФ завдяки балансуванню фундаменталізації змісту навчання ММФ діяльнісно зорієнтованими міждисциплінарним, контекстним, інформаційним і компетентнісним підходами для підвищення якості професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики.

4. Під час розроблення компонентів МСН ММФ потрібно зважати на такі положення організації навчально-виховного процесу у ВНЗ: а) програмно-цільовий принцип організації педагогічного процесу, згідно з яким цілі, зміст і організація навчання повинні бути зорієнтовані на остаточний результат – сформованість МКФ; б) модульний принцип побудови навчальних програм

дисциплін; в) рейтингову систему оцінювання всіх видів навчальної діяльності студентів; г) європейську кредитну трансферно-накопичувальну систему (ECTS); д) традиційні методи і засоби навчання ММФ і ТФ; е) інноваційні педагогічні технології навчання; ж) інформаційно-комп'ютерні технології навчання; з) комп'ютерну, мультимедійну техніку як автономно, так і в поєднанні з сучасними проекційними засобами.

5. У процесі розроблення МСН ММФ потрібно використовувати різноманітні форми, методи і засоби навчання для задоволення освітніх потреб студентів.

6. Розроблення та проектування МСН ММФ передбачає врахування основних принципів, закономірностей системного підходу та методу педагогічного моделювання.

МСН ММФ – це підсистема дидактичної системи навчання фізики та педагогічної системи ПП майбутніх учителів і викладачів фізики в педагогічному університеті, яка є сукупність взаємопов'язаних компонентів: *цільового, змістового, процесуального й результативного.*

Модель формування й розвитку МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики віддзеркалює реальний педагогічний процес, який забезпечує МСН ММФ.

Цільовий компонент МС дає змогу розв'язати питання: «Для чого здійснюється формування й розвиток МКФ у процесі ПП учителя та викладача фізики?» або «Що має стати результатом навчання і підготовки?» і «Навіщо навчати?». Цей компонент визначає наступну наповнюваність усієї МС, тому є системоутворювальним.

Змістовий компонент об'єднує два складники: інваріантний (зміст навчання ММФ) і варіативний (зміст навчання ТФ), що засвідчує специфіку інтегративного навчання ММФ і ТФ на засадах комплексного застосування фундаменталізації, міждисциплінарного, контекстного, інформаційного і компетентнісного підходів у формуванні й розвитку МКФ. На змістовий компонент впливають педагогічні, організаційно-методичні та інші умови, які слід бути підтвердити чи заперечити під час педагогічного експерименту.

Процесуальний компонент відповідає на питання: «Як навчати і здійснювати підготовку?». Цей компонент ґрунтується на цільовому й змістовому компонентах МС, тому має підпорядковану їм процесуальну частину, яка передбачає: організацію навчально-виховного процесу у відповідному ВНЗ; умови організації навчально-пізнавального процесу з фізики на відповідному факультеті (в інституті); визначення форм, методів та засобів організації навчальної діяльності, які забезпечують реалізацію змісту навчання в межах відповідної фахової наукової дисципліни; методи та форми роботи викладача для формування й розвитку МКФ; діяльність викладача щодо керівництва і управління процесом засвоєння навчального матеріалу, контролю за самостійною роботою та іншими видами діяльності; методи діагностики результативності навчального процесу.

Під час розроблення технологій формування й розвитку МКФ у кожному конкретному випадку потрібно враховувати цілі навчання, наявні можливості, які забезпечуватимуть реалізацію методичних рішень, спроектованих авторами методик у межах відповідних фахових наукових дисциплін.

Процесуальний компонент має віддзеркалювати авторські нововведення: інтегрований курс, інноваційні форми, методи, застосування ІКТ у процесі підготовці фахівців, розроблення спеціальних тренінгових або інших програм; обґрунтування етапів упровадження нових технологій навчання.

Результативний компонент детермінує співвіднесення мети і результату, передбачає виконання моніторингових досліджень: визначення критеріїв оцінювання ефективності педагогічного процесу – *критеріїв сформованості (розвитку) МКФ*; розроблення еталонних показників якості навчання – *рівнів сформованості (розвитку) МКФ*; *засобів діагностики* результатів навчання; здійснення перевірки результативності МС у процесі педагогічного експерименту.

Умови до розроблення й упровадження МСН ММФ і вимоги до цього процесу. *Фундаменталізація* є дидактичною умовою формування змісту навчання ММФ з позиції концептуальних засад, представлених у табл. 2.1–2.2 (див. п. 2.1).

Контекстний підхід є дидактичною умовою, що забезпечує діалектичну єдність змістового і процесуального компонентів МС у віддзеркаленні контексту майбутньої навчальної або професійної діяльності в структурі навчально-пізнавальної діяльності студентів з фізики, сприяючи формуванню в них мотивації до навчання, підвищенню пізнавальної активності через потребу й уміння самостійно мислити; уміння орієнтуватись у новій ситуації; виявляти проблеми, шукати підходи до її розв'язання; критично мислити; самостійно розв'язувати складні навчальні задачі (творчі, дослідницькі, науково-пошукові та ін.); здатності обстоювати власну думку тощо.

Контекстний підхід до навчання ММФ детермінує три напрями: 1) *теоретичний*, пов'язаний із засвоєнням нових знань з математичної фізики в взаємозумовленому зв'язку з теоретичною фізикою; 2) *прикладний*, пов'язаний з формуванням значущості ММФ у курсі ТФ під час навчально-пізнавальної діяльності з фізики; 3) *професійно зорієнтований*, пов'язаний з формуванням складників МКФ, важливих для майбутньої професійної діяльності вчителя та викладача фізики.

Контекстний підхід до навчання ММФ не лише визначає спрямованість на здобуття інформації з основ математичної фізики, а й передбачає формування здібностей до виконання професійної діяльності майбутнього фахівця. Інформація посідає структурне місце мети діяльності студента лише до певного моменту, а потім повинна отримати розвинену практику застосування:

1. Основною одиницею роботи студента та викладача в контекстному навчанні є не «порція інформації», а ситуація предметної та соціальної невизначеності й суперечності. Система проблемних ситуацій дозволяє розгорнути діалектично суперечливий зміст навчання ММФ у динаміці, забезпечує об'єктивні передумови формування теоретичного та практичного професійного мислення майбутнього фахівця.

2. Змістом контекстного навчання є не лише предметний бік майбутньої професійної діяльності, сформований системою навчальних завдань, моделей і ситуацій, а також її соціальна значущість, відтворена різними формами діяльності

та спілкування. Студент засвоює предметний зміст навчання (*знання, уміння, навички, досвід професійної діяльності*), посідає певну позицію в системі взаємодії учасників освітнього процесу, дотримується прийнятих норм соціальних стосунків, щоб мати змогу виявити активність і виховуватись як особистість.

3. Зміст навчального матеріалу, форми, методи і засоби навчання ММФ повинні відповідати системній логіці побудови варіативного складника змістового компонента МС (теоретичної фізики), методологічною основою якого є стандартні моделі математичної фізики, і віддзеркалювати пізнавальні та практичні задачі й завдання в структурі навчально-пізнавальної діяльності з фізики, професійної педагогічної діяльності, що потребує адаптації знань до шкільних умов або умов навчання фізики у ВНЗ. Іншими словами, у змісті навчання ММФ має виявлятися контекст навчальної або професійної діяльності, що передбачає: а) віддзеркалення в змісті навчання професійно значущих знань з фізики, що демонструють зв'язок ММФ з майбутньою професією, яка наповнює вивчення навчального матеріалу особистісним сенсом, пов'язаним з майбутньою професією; б) організацію квазіпрофесійної діяльності – навчально-пізнавальної діяльності з фізики та предметно зорієнтованої щодо фізики професійної педагогічної діяльності фахівця.

Контекстний підхід передбачає залучення студентів до активної навчально-пізнавальної та науково-пошукової діяльності, побудованої на *моделлю навчання через дію*, і сприяє мотивації до навчання за таких умов: 1) студент є активним учасником навчально-пізнавального процесу; 2) зміст навчання цікавий студентові й передбачає його безпосереднє особистісне залучення до навчального процесу; 3) зміст навчання є професійно значущим. При цьому студент усвідомлює, що: а) навички, сформовані під час навчання, важливі для подальшої навчальної діяльності з фізики, для професійної діяльності; б) у процесі розв'язування задач з ММФ формується методологічний фундамент для вивчення курсу ТФ; в) розв'язування завдань контекстного змісту сприяє розвитку його мислення (абстрактно-логічного, дивергентного, теоретичного, критичного та ін.).

Основними характеристиками *навчальної моделі через дію* є такі завдання:

1) студенти виконують реальні завдання, що потребують залучення методів математичного моделювання до опису реально спостережуваних фізичних процесів і явищ або емпіричних фактів, отриманих в умовах фундаментальних експериментів, а не штучно зміненими ситуаціями; 2) студенти вчаться не лише у викладача, але й у процесі аналізу реальних проблем, беруть участь у безпосередньому їх обдумуванні й розв'язанні; 3) студенти працюють з різними джерелами інформації для вибору і прийняття різних рішень у контексті реальної ситуації; 4) студенти вчаться мислити критично, бути відповідальними за рішення.

Завдання викладача в навчальній моделі через дію полягає в тому, щоб:

1) зорієнтувати студента; мотивувати його навчальну діяльність, указувати на значущість проблеми, викликати і підтримувати інтерес до її розв'язання; 2) подавати навчальний матеріал так, щоб нові знання були введені в раніше засвоєний контекст (наступність навчання); пояснювати з прикладами для обґрунтування пояснення; 3) закріплювати засвоєне в процесі виконання дії та перевірки її адекватності цілям навчання; 4) обговорювати прийняте рішення в контексті конкретної ситуації; 5) сприяти розвитку не лише інтелектуальних, але й моральних якостей (характеру, професійної етики, поваги до себе й до інших, виховання рис толерантності й соціальної відповідальності).

Вимоги до якості знань студентів: повнота, глибина, оперативність, гнучкість, конкретизованість, узагальненість, згорнутість, розгорнутість, систематичність, системність, усвідомленість, міцність (див. п. 2.5, табл. 2.5). Окрім того, *професійна спрямованість* – кількість усвідомлених суб'єктом навчання зв'язків предметного знання із задачами майбутньої професійної діяльності.

Для забезпечення розуміння нового матеріалу в когнітивному досвіді студентів *викладач повинен виокремити:* а) обсяг наукових і побутових понять та їх значень, відомих студенту і важливих для розуміння нової інформації; б) види зв'язків між поняттями, доступні студенту, завдяки яким він об'єднає

поняття в семантичні сітки; в) інтелектуальні операції, які застосовуватиме студент у ході навчально-пізнавальної діяльності з фізики; г) способи діяльності, інтелектуальні і практичні вміння, потрібні для засвоєння студентами нової інформації.

Механізмом визначення ступеня розуміння є такі рівні розуміння: 1) *феноменологічний* (домінанта – розуміння через співвіднесення невідомого і відомого; основна ознака – ідентифікація як розпізнання); 2) *класифікаційний* (співвіднесення з класом, ознакою); 3) *типологічний* (співвіднесення з типом, множиною ознак); 4) *системний* (розуміння шляхом включення до системи, структурування, систематизація); 5) *інтегральний* (розуміння через співвіднесення мети, через зорієнтованість з результатом навчання).

Для формування гностичних умінь викладач має реалізовувати такі вимоги: а) навчити студентів виокремлювати в навчальній інформації змістовну домінанту на основі виявлення й аналізу причинно-наслідкових зв'язків усередині цієї інформації; б) створити умови для актуалізації знань, потрібних для систематизації отриманої навчальної інформації; в) навчити студентів знаходити інтегровальні фактори щодо застосування математичних методів у змісті фізичних дисциплін для використання інформації в нових умовах навчального процесу; г) навчити студентів використовувати творчий потенціал, сформований на основі власного соціального досвіду, методологічних і предметних знань, умінь і навичок з курсу математичних методів фізики в умовах нових ситуацій щодо вивчення теоретичної фізики; д) створити студентам умови для вияву креативності мислення, ініціативності, активності, оригінальності в обробленні й використанні різної інформації щодо математичного моделювання досліджуваних фізичних процесів і явищ з позицій емпіричних законів і теоретичних принципів фізики.

Вимоги до студента, спрямовані на вироблення гностичних умінь: а) аналізувати зміст навчального матеріалу; б) бачити й розуміти причинно-наслідкові зв'язки для їх використання в подоланні труднощів щодо розуміння навчального матеріалу, вибору методів і прийомів роботи над ним;

в) актуалізувати теоретичні знання відповідно до умов та педагогічних ситуацій; г) відчувати потребу в удосконаленні своєї пізнавальної діяльності.

Розвиток пізнавальної активності й самостійності студентів відбувається завдяки: а) створенню умов для засвоєння студентами прийомів *мисленнєвої діяльності*; б) стимулюванню продуктивної (творчої) діяльності, що справляє позитивно впливає на розвиток усіх психологічних функцій і є основою *цілеспрямованої навчальної діяльності*, яка сприяє особистісному розвитку студентів загалом.

Специфіка цілеспрямованої навчальної діяльності полягає в тому, що: 1) діяльність зорієнтовано не на одержання матеріальних або соціальних переваг, а на зміну студентів, на їхній саморозвиток, що найкраще віддзеркалено у формуванні їхніх пізнавальних інтересів; 2) основним змістом, який потрібно засвоїти в процесі цілеспрямованої навчальної діяльності, є загальні способи дій до розв'язання завдань; 3) одним з найважливіших показників сформованості вмінь організовувати цілеспрямовану навчальну діяльність є здатність студента розрізнити конкретний результат і загальний спосіб, яким досягнуто цього результату; 4) актуалізацію й розвиток навчально-пізнавального інтересу щодо вивчення будь-якої теми за умов розвивального навчання забезпечує мотиваційний вступ, у якому викладено інформацію про те, навіщо потрібно вивчати пропоновану тему; 5) науково-теоретичний характер діяльності в процесі формування й актуалізації наукового структурування мислення за умови, якщо зміст навчання передбачає засвоєння не емпіричних, а наукових понять, поданих як система.

Для забезпечення цілеспрямованої навчальної діяльності важливо, щоб: а) науково-теоретичний зміст навчальної дисципліни віддзеркалював системний характер змісту відповідної наукової дисципліни; б) співвіднесення змісту із структурою й методами організації навчання, широке використання в навчальному процесі колективно-розподільчих форм навчальної роботи студентів; в) поступове передавання окремих компонентів навчальної діяльності на самостійне виконання студентами, що починається з дії взаємо- й

самооцінювання та контролю й закінчується найскладнішими операціями формулювання навчальних цілей та пошуку шляхів і засобів їх досягнення.

У процесі *розв'язування навчальних завдань від студентів вимагається* проведення реального самостійного дослідження на рівні теоретичного пізнання дійсності, побудова певних способів вивчення й фіксації результатів математичними *знаковими моделями* цих явищ. Виокремлюють дії, які створюють алгоритм розв'язування будь-якого завдання, зокрема такі: а) окреслення проблеми щодо поставленого навчального завдання; б) виявлення загального способу розв'язування проблеми на основі аналізу загальних співвідношень у матеріалі, що вивчається; в) моделювання загальних відношень навчального матеріалу й загальних способів розв'язування навчальних проблем; г) конкретизація й збагачення окремими виявами загальних відношень і загальних способів дій; д) контроль за перебігом і результатом навчальної діяльності; е) співвідношення між організацією та результатом діяльності студента і поставленим перед ним навчальним завданням та проблемами, які впливають з нього.

Формування основних понять навчальної дисципліни здійснюється за спіраллю, у центрі (або на початку вивчення) перебуває абстрактно-загальне уявлення про поняття, а надалі його конкретизують, збагачують окремими уявленнями й перетворюють в науково-теоретичне поняття. Справедливим є і зворотне твердження, за яким загальне уявлення як своєрідний орієнтир для всього процесу вивчення поняття допомагає осмислити всі окремі поняття, які вводяться в подальшому вивченні теми.

Основними показниками сформованості МКФ вважають: 1) ступінь домінування в мотивації студента навчально-пізнавальних мотивів; 2) потребу й уміння студентів розрізняти в навчальній діяльності її конкретні результати й способи виконання; 3) вираженість зорієнтованості студента на окреслення й теоретичне осмислення загальних способів дії, загальних схем понять, що вивчаються.

Цілеспрямована навчальна діяльність *сприяє розвитку творчих здібностей*

студентів і передбачає виконання завдань різного характеру, пов'язаних з формуванням різних видів мислення: 1) *абстрактно-логічного*, яке потребує використання в процесі математичного моделювання фізичних явищ і процесів окреслення властивостей об'єкта (абстракцій) і визначених послідовностей на основі причинно-наслідкових (логічних) зв'язків; при цьому до методів пізнання об'єктів навчання слід залучати: абстрагування, моделювання, побудову аналогій і гіпотез, мисленнєвого експерименту та ін.; 2) *дивергентного*, що забезпечує створення навчальної діяльності, пов'язаної з виникненням багатьох рішень на основі однозначних даних; цей тип мислення допускає варіювання шляхів розв'язання проблеми, зумовлює неочікувані результати та висновки; 3) *теоретичного*, яке сприяє створенню навчальної діяльності для розкриття закономірностей об'єкта дослідження; таке мислення найпослідовніше розкривається в контексті проблем наукової творчості; 4) *критичного*, що дає змогу створити умови для здійснення продуктивної навчальної діяльності, результатом якої є відкриття принципово нового або удосконаленого розв'язання того чи того завдання.

Дидактичними умовами забезпечення розвивального навчання ММФ є реалізація діяльнісного, проблемного (з позицій принципу циклічності навчання), *порівняльно-узгоджувального* підходів.

Цілеспрямоване формування в студентів МКФ на засадах порівняльно-узгоджувального підходу передбачає виокремлення інтегративного компонента (фізичний закон або принцип – математичне співвідношення або рівняння), порівняння його зі змістом навчання математичних методів фізики та теоретичної фізики й узгодження з процесуальною основою навчання теоретичної фізики в структурі навчально-пізнавальної діяльності студентів.

Теоретичною основою порівняльно-узгоджувального підходу є комплексна реалізація семіотичного та герменевтичного підходів. Зокрема *семіотичний підхід* забезпечує порівняння знакових категорій математики, що дає змогу дослідити будь-які системи як самодостатні цілісні утворення в єдності їхніх іманентних характеристик, побачити взаємозалежність і взаємозумовленість

опозицій, які раніше розглядали як протидіючі, та узгодити їх з реальністю. *Герменевтичний підхід* сприяє формуванню розуміння, інтерпретації та поясненню фізичних процесів і явищ. Цей підхід засвідчує, що у виборі стратегії навчання слід покладатися не на інтуїтивні дії викладача, а визначати її усвідомленим підходом до цілеспрямованого формування особистісних якостей кожного студента в процесі виконання ним пізнавальної діяльності.

З позицій порівняльно-узгоджувального підходу важливим є перенесення умінь когнітивного характеру з однієї галузі навчальної діяльності до іншої для створення умов розуміння цілісності процесу пізнання фізичних систем на основі різних теоретичних схем, що зумовлює виокремлення інтегративного компонента на змістовому й процесуальному рівнях.

Компонентами навчально-пізнавального процесу з теоретичної фізики на процесуальному рівні є узагальнені прийоми розумової діяльності (мисленнєві операції), математичне моделювання, теоретичний та емпіричний методи наукового пізнання, а на змістовому – універсальний понятійний апарат фізики, а також ключові символні й знакові категорії математики. У процесі формування МКФ цей інтегративний компонент переносять на міжпредметний рівень, на якому здійснюють порівняльний аналіз компонентів, представлених в інших дисциплінах теоретичних курсів фізики.

Під універсальністю навчально-пізнавального процесу завдяки рахунок інтегративному компоненту слід розуміти можливість його використання в різних навчальних дисциплінах та екстраполяцію на інші, окрім аудиторної, види навчальної діяльності – самостійну, дослідницько-пошукову та наукову роботу студентів.

Основою узгоджувальної навчально-пізнавальної діяльності має бути суб'єкт-суб'єктне розуміння процесу навчання фізики, що ґрунтується на антропоцентричній критичній теорії, яка визначає пріоритет студента та пріоритет процесу мислення (як думати) стосовно змісту (що думати).

Підґрунтям навчально-пізнавального процесу у вищій школі є органічна єдність та взаємозв'язок викладання й учіння, спрямовані на досягнення цілей

навчання, розвиток особистості студента, його підготовку до професійної діяльності, тому на сучасному етапі навчання фізики, який відповідає суб'єкт-суб'єктній парадигмі, є пріоритетними «суб'єкт-суб'єктні» відносини. З огляду на це слід урахувати вплив з боку освітньо-наукового середовища. Бажаною є скоординована співпраця викладачів з різних навчальних дисциплін щодо створення сприятливих умов інтегративного навчально-пізнавального процесу з фізики, яка передбачає узгодженість діяльності усіх суб'єктів навчального процесу щодо цілеспрямованого формування в студентів основ процесу пізнання природи, розвитку розумових здібностей або формування механізмів узагальненого характеру з подальшою конкретизацією на дисциплінарному рівні, що впливає на розвиток інтелекту як здатності ефективно адаптуватися до мінливих зовнішніх умов, критичного мислення та раціонального пізнання.

Для забезпечення розвитку МКФ пріоритетними є активні технології й методи навчання ММФ і ТФ.

3. *Інформаційний підхід* є дидактичною умовою навчання ММФ, що детермінує реалізацію двох напрямів: 1) *предметно-інформаційний* пов'язаний із залученням чисельних методів до розв'язування диференціальних рівнянь і застосуванням комп'ютерної техніки, тобто студент повинен оволодіти не лише методами побудови математичних моделей фізичних систем і дослідження коректності утворених при цьому математичних задач, але й методами побудови дискретних аналогів диференціальних задач і алгоритмів їх розв'язання із залученням комп'ютерної техніки в процесі обчислювального експерименту; 2) *інформаційно-комунікаційний* передбачає використання в процес навчання студентів ММФ і ТФ засобів інформаційно-комунікаційних технологій, ліцензійного і вільно поширювального програмного забезпечення, математичних пакетів, мережі Інтернет, освоєння студентами прикладного програмного забезпечення комп'ютерної техніки.

Вимоги до студента щодо реалізації інформаційного підходу: а) досвід застосування комп'ютерної техніки під час розв'язування задач з курсу на засадах контекстної (щодо фізики) спрямованості навчання: теоретичного

(математична фізика) у процесі обчислювального експерименту; прикладного (фізика) і професійно зорієнтованого (методика навчання фізики) завдяки комп'ютерному моделюванню; б) досвід застосування засобів ІКТ у процесі навчальної діяльності й розуміння ролі ІКТ як інтелектуального інструментарію для навчальної і професійної діяльності.

Міждисциплінарний підхід є дидактичною умовою врахування в змісті навчання ММФ змісту різних розділів теоретичної фізики, виявлення, об'єктивного оцінювання та залучення міждисциплінарних зв'язків, з-поміж яких слід виокремити такі: *фактичні*, зорієнтовані на поглиблене й розширене вивчення студентами фактичних даних про метод математичного моделювання в теоретичній фізиці; *понятійні*, спрямовані на усвідомлене засвоєння теоретичних знань, передбачених змістом дисциплін; *теоретичні*, зорієнтовані на усвідомлене засвоєння теорій, що є основою сучасної математичної та теоретичної фізики.

Для забезпечення послідовності вивчення навчального матеріалу доцільно врахувати *хронологічний критерій*, який забезпечує впорядкування попередніх, супутніх та перспективних напрямів навчальної діяльності студентів. Змістове віддзеркалення міждисциплінарних зв'язків курсів ММФ і ТФ за хронологічним критерієм зумовлюють три типи взаємодії: 1) спільність наукових фактів, теорій, понять; 2) спільність використання наукових методів; 3) спільність характеру розумової діяльності.

Під час проектування компонентів МСН ММФ, слід ураховувати:

1) *педагогічні умови*: а) забезпечення позитивної і стійкої мотивації до навчальної діяльності у формі навчально-пізнавального інтересу, формування в студента вміння самостійно визначати цілі та завдання навчальної діяльності, увага викладачів до захоплень і потреб студентів; б) дотримання відповідності змісту навчальної діяльності особистісним нахилам студента завдяки варіативності пропонованих для виконання індивідуальних завдань контекстного змісту; в) формування в студента досвіду самостійної діяльності розв'язування завдань з математичного моделювання фізичних систем, явища або процесу у

фізичній системі, що відповідають змісту та вимогам навчальної програми дисципліни з акцентом на самостійних розробках, спостереженнях, відчуттях, узагальненнях, зіставленнях;

2) *організаційно-методичні умови*: а) створення навчально-методичних комплексів дисциплін на засадах компетентнісного підходу для забезпечення й ефективного управління навчальною діяльністю студентів; б) розроблення методичних рекомендацій, які забезпечують розв'язання завдань професійно зорієнтованого змісту та дозволяють бути успішним у різноманітних ситуаціях професійної діяльності;

3) *організаційні й технологічні умови*, які враховують особливості організації навчально-виховного процесу у відповідному педагогічному університеті, навчально-виховного процесу на відповідному факультеті (в інституті) – наукові і навчальні підрозділи, служба забезпечення, керівний та професорсько-викладацький склад, матеріально-технічне забезпечення та ін. – щодо *відбору й упровадження* форм, методів та засобів організації навчальної діяльності студентів, спрямованих на реалізацію змістової частини технології формування МКФ у межах відповідних дисциплін (ММФ, ТФ, вибрані питання ТФ, фізика твердого тіла та ін.), та *розроблених* у процесі формування й розвитку МКФ форм і методів роботи викладача щодо: а) забезпечення засвоєння змісту навчального матеріалу; б) керівництва процесом засвоєння навчального матеріалу, контролю за самостійною роботою та ін.; в) діагностики навчального процесу. Зазначені етапи проектування віддзеркалюють технологію формування й розвитку МКФ.

Важливим чинником впливу на функціонування МСН ММФ є освітньо-наукове середовище (умови, у яких перебувають суб'єкти навчання та здійснюється формування й розвиток МКФ у педагогічному університеті). При цьому роботу всіх підсистем ВНЗ (наукових і навчальних підрозділів, служби забезпечення, керівного складу, викладачів та ін.) зорієнтовано на досягнення основної мети – професійної підготовки висококваліфікованого фахівця.

Компетентнісний підхід передбачає залучення студентів до виконання

навчально-пізнавальних та науково-пошукових завдань у такій співпраці з викладачем, що дає змогу розв'язувати суперечності, проводити експертизу й приймати рішення навіть за часткового незнання всіх факторів. При цьому викладач повинен підтримувати вміння студента ставити запитання, виявляти терпимість і відвертість, а також сприймати різні думки. Ці якості є важливими компетенціями сучасного вчителя й викладача фізики, визначеними кваліфікаційними вимогами відповідного Галузевого стандарту. Таке навчання вважають соціальним, оскільки завдяки йому майбутній і працюючий фахівець потрапляє в реальні професійні ситуації і формує соціальну відповідальність. У процесі навчання пріоритетним є не традиційний критерій «достеменний–правильно», а критерій «якісно–ефективно».

Компетентнісний підхід до оцінювання результатів навчання студентів передбачає розроблення об'єктивної кількісної оцінки якості знань, віддзеркалених в їхніх особистісних характеристиках, важливих для майбутньої професійної діяльності майбутніх учителів і викладачів фізики.

Оцінювання сформованості (розвитку) таких особистісних характеристик можливе лише завдяки створенню в навчально-пізнавальній діяльності тих *дидактичних умов*, що забезпечують виявлення готовності й здатності студента застосовувати здобуті знання в подальшій навчальній і професійній діяльності, тобто трансформацію готових знань на знання в дії.

Готовність до застосування знань з ММФ забезпечують відповідні предметні компетентності, формування яких відбувається в процесі спеціально організованої навчальної діяльності, що моделює елементи професійної діяльності, тобто потрібно створити умови квазіпрофесійної діяльності.

Під час вивчення інших дисциплін циклу ПП майбутніх учителів і викладачів фізики МКФ формується теоретична та практична готовність фахівця застосовувати ММФ у змісті відповідних дисциплін, тобто на інтеграційному етапі формування МКФ основними особистісними якостями студента слід уважати такі: а) розуміння зв'язку між різними навчальними дисциплінами і психологічна готовність застосовувати знання з ММФ під час

вивчення інших дисциплін; б) досвід застосування знань з ММФ (розділу, теми) у процесі вивчення інших дисциплін, розуміння потреби й можливості комплексного застосовування знань з різних дисциплін (розділів, тем) у подальшій навчальній або професійній діяльності; в) досвід комплексного застосування знань з різних навчальних дисциплін у квазіпрофесійній навчальній діяльності; упевненість студента у своїх можливостях розв'язувати задачі професійної діяльності з комплексним застосуванням знань різних дисциплін (розділів, тем); г) бажання і готовність студентів здобувати нові знання з інших дисциплін, бачити перспективи поліпшення якості знань завдяки розширенню поля діяльності.

Досвід застосування знань з однієї дисципліни під час вивчення інших формується за умови, якщо зміст навчання віддзеркалює міждисциплінарні зв'язки, а квазіпрофесійна діяльність формує в студента досвід комплексного застосовування знань з декількох дисциплін у майбутній професійній діяльності. Здобутий досвід інтегрує в єдине ціле окремі дії, способи і прийоми розв'язування задач і виробляє нову якість – здатність розв'язувати професійні задачі, підкріплює впевненість студентів у своїх можливостях та бажання здобувати нові знання.

Для об'єктивного оцінювання сформованості (розвитку) МКФ слід урахувати її структурні складники та взаємозв'язки між ними; контрольні-вимірювальні матеріали (завдання), які дозволяють оцінити готовність і здатність студента застосовувати методи математичного моделювання фізичних систем, явища або процесу у фізичній системі з погляду законів і принципів фізики в існуючих теоретичних схемах теоретичної фізики під час організації квазіпрофесійної діяльності майбутнього фахівця. До таких завдань належать комплекси міждисциплінарних і професійно зорієнтованих задач, у яких ММФ є основою для аналізу теоретичних моделей фізичних систем.

Слід урахувати, що не лише зміст навчальної дисципліни визначає результативність процесу формування й розвитку МКФ, але й ті фактори, які найбільше впливають на її формування (розвиток): а) вимоги ОПП дисципліни,

яка визначає найбільш загальні параметри змісту; в) вимоги робочої програми дисципліни щодо засвоєння змісту, яку розробляють з урахуванням специфіки й традицій ВНЗ, факультету, кафедри, рівня підготовки студента, професійних уподобань викладача, які засвідчують ступінь його професіоналізму.

Забезпечення розроблення й упровадження МСН ММФ:

– *матеріально-технічне* – навчальні фізичні лабораторії, комп'ютерні лабораторії, мультимедійна техніка, технічні засоби навчання та ін.;

– *програмне й інформаційне* – ліцензійне та вільно поширюване програмне забезпечення, інформаційні математичні пакети, Інтернет-мережа, інформаційні ресурси, наявні у ВНЗ;

– *навчально-методичне* – підручники, навчально-методичні посібники, методичні рекомендації, навчально-методичні комплекси дисциплін;

– *правове* – ОКХ, ОПП, навчальний і робочий навчальний плани підготовки фахівця за напрямом (спеціальністю) підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики, навчальна і робоча навчальна програми дисципліни;

– *організаційне* – розклад занять, консультацій, графіки роботи навчальних лабораторій;

– *кадрове* – кваліфіковані науково-педагогічні кадри, які відповідають акредитаційним вимогам напряму (спеціальності) підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики, керівники випускової кафедри і лабораторій;

– *фінансове* – у межах калькуляції підготовки фахівця відповідного напряму (спеціальності) у певному ВНЗ.

Очікувані кінцеві результати від упровадження МСН ММФ.

1. Підвищення якості ПП майбутніх учителів і викладачів фізики на основі реалізації пропонованих принципів і підходів щодо засвоєння базових знань з математичної фізики; фундаментальних знань (щодо універсальності ММФ, єдності теоретичного й емпіричного в пізнанні природи, об'єктивності емпіричних законів і теоретичних принципів фізики), інтегрованих за міжпредметною методологічною ознакою (математичне моделювання);

2. Інтенсифікація процесу навчання, підвищення навчально-пізнавальної

активності студентів, формування загальнопрофесійної підготовки студентів на творчо-рефлексивному рівні для розвитку навчальних і професійних умінь, теоретичного мислення, творчої активності в навчально-пізнавальній діяльності; особистісних якостей та інтересів студентів (мотиваційних, інтелектуальних, етичних; поведінкових ідентифікаційних – професійної самооцінки, задоволеності професією, взаєминами) та інших компетенцій, і суттєвого поліпшення їхньої професійної підготовки.

3. Підвищення конкурентоспроможності випускників педагогічних університетів (майбутніх учителів і викладачів фізики) на ринку інтелектуальної праці.

4. Створення компетентнісно зорієнтованих навчально-методичних комплексів для впровадження в навчальний процес.

Перспективи розвитку МСН ММФ:

1. Створення навчального, методичного, технічного, програмного, інформаційного, кадрового забезпечення курсів математичної та теоретичної фізики щодо підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики.

2. Створення бази для розроблення й упровадження МСН ММФ у педагогічних університетах.

Досягнення якісно нового рівня в підготовці майбутніх учителів і викладачів фізики неможливо без забезпечення розвитку вищої школи на основі нових прогресивних концепцій, упровадження сучасних педагогічних та інформаційних технологій, науково-методичних розробок. З-поміж педагогічних інновацій мають бути й такі, що зумовлюють підвищення якості навчання ММФ, сприяють пізнавальній активності студентів і виробленню в них інтегрованої динамічної особистісної характеристики фахівця, представленої МКФ, яка охоплює не лише знання і навички з предметної галузі, але й мотиваційні, ціннісні, рефлексивні, ідентифікаційні, соціально-адаптаційні, поведінкові комунікативні та інші ключові компетенції. Особистісний компонент МКФ потребує формування вмінь працювати в різних групах, виконуючи різні соціальні ролі: лідера, виконавця, посередника;

вироблення вмінь самостійно конструювати свої знання та орієнтуватися в інформаційному просторі завдяки організації навчання в співпраці, використанню проблемних методів навчання, ситуаційного та продуктивного навчання, зверненню особливої уваги на індивідуальність особистості, чіткій зорієнтованості на свідомий розвиток самостійного критичного мислення. Вироблення досить ефективних підходів до організації навчального процесу у ВНЗ можливе, якщо кожна із зазначених інноваційних педагогічних технологій посяде своє місце в навчально-виховному процесі з фізики, витісняючи методи і форми пасивного навчання.

4.2. Структурно-функціональна модель процесу формування й розвитку математичної компетентності з фізики

Системний підхід засвідчує, що процес формування й розвитку МКФ у МСН ММФ майбутніх учителів і викладачів фізики співвідносяться як об'єкт і предмет нашого дослідження. Процес навчання фізики – складний системний об'єкт, тому в ньому можна виокремити кілька систем залежно від мети дослідження.

Мета нашого дослідження полягає в науковому обґрунтуванні, концептуалізації, розробленні й упровадженні МСН ММФ в процесі професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики, яку ми розглядаємо як підсистему дидактичної системи навчання фізики в педагогічних університетах, що складається з чотирьох супідрядних компонентів: *цільового, змістового, процесуального та результативного.*

Абстрактне виокремлення з навколишнього освітньо-наукового середовища підсистеми МСН ММФ як проблеми дослідження є штучним і передбачає моделювання процесу формування й розвитку МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики в МСН ММФ з урахуванням реальної єдності із середовищем. Пропонована концепція розроблення й упровадження МСН ММФ у педагогічних університетах дає змогу врахувати декілька формотворних станів моделі процесу формування й розвитку МКФ і отримати

МСН ММФ формувального або розвивального типу, кожна з яких віддзеркалює лише певний аспект системи, має той самий компонентний склад, проте більш просту структуру. Першу з них спрямовано на формування, а другу – на розвиток МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики.

Зокрема, розвивальні функції МСН ММФ пов'язано передусім з розвитком таких особистісних якостей студента, що характеризують його готовність і здатність застосовувати в навчальній і професійній діяльності мисленнєві операції, тобто розвитком абстрактно-логічного, дивергентного, теоретичного, критичного та інших типів мислення, інтелектуальних і творчих здібностей тощо.

Установлено, що формування й розвиток МКФ відбувається під час вивчення студентами всіх дисциплін циклу ПП майбутніх учителів і викладачів фізики та упродовж усього періоду їхнього навчання в педагогічному університеті і виявляється як інтегрована динамічна характеристика особистісних якостей студента, яка засвідчує його готовність і здатність застосовувати в навчальній та професійній діяльності методи математичного моделювання фізичних систем, явища або процесу у фізичній системі з погляду законів або принципів фізики в прийнятих теоретичних схемах.

При цьому слід урахувати, що математичне моделювання під час навчання фізики в педагогічному університеті може мати три аспекти: 1) метод математичного моделювання є одним з ММФ, що функціонує як зміст і засіб пізнання, якими мають оволодіти студенти; 2) методи математичного моделювання є методологічною основою теоретичної фізики, ММФ є основою дослідження теоретичних моделей фізичних систем, явищ або процесів у фізичних системах; 3) в умовах навчального фізичного експерименту є методами інтерпретації спостережуваних фізичних процесів і явищ, що дозволяє знайти зв'язки і відношення між елементами системи і записати їх у математичній формі. З огляду на викладене можна стверджувати, що методи математичного моделювання і ММФ є складниками навчально-пізнавальної діяльності з фізики.

Цілями навчання ММФ є: 1) формування й розвиток МКФ студентів на

рівні базових професійних компетенцій майбутніх учителів і викладачів фізики;
2) інтеграція фізико-математичних знань ММФ і ТФ.

У процесі дослідження доведено, що *інтегрований підхід* (фундаменталізація, міждисциплінарний, контекстний, інформаційний, компетентнісний) сприяє формуванню й розвитку МКФ студентів під час опанування засобами математичного моделювання змістом фізичних понять, законів, принципів і теорій, спільних для циклу дисциплін професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики. Методика навчання ММФ полягає в застосуванні основних положень концепції МСН ММФ до конкретних умов навчання фізики в педагогічному університеті.

Використання моделювання інструментом дослідження дало змогу виокремити чотири етапи в представленні структурно-функціональної моделі процесу формування й розвитку МКФ студентів у навчанні ММФ і ТФ (рис. 4.1).

Перший етап – теоретико-методологічний – передбачає вибір предмета і мети дослідження та обґрунтований вибір теоретичних і методологічних основ формування й розвитку МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики в процесі навчання ММФ і ТФ у педагогічних університетах.

Другий етап – концептуалізація і моделювання – вимагає врахування основних засад загальної концепції розроблення й упровадження МСН ММФ, комплексу педагогічних умов до побудови різних моделей МСН ММФ (формуального або розвивального типів з позицій відповідних функцій МСН ММФ) формування й розвитку МКФ студентів у процесі навчання ММФ і ТФ.

Третій етап – проектувальний – забезпечує проектування цільового, змістового, процесуального й результативного компонентів МСН ММФ в узгодженості з етапами проектування процесу навчання ММФ: діагностику (з'ясування рівня навченості, успішності навчання студентів, стану засобів навчання та ін.); цілепокладання (визначення стратегічних, етапних, локальних, тактичних, проміжкових і оперативних цілей навчального процесу); планування (визначення шляхів реалізації змісту навчання, способів взаємопов'язаної діяльності); структурування навчального матеріалу з урахуванням дидактичного, технологічного, технічного оснащення для оптимізації засвоєння

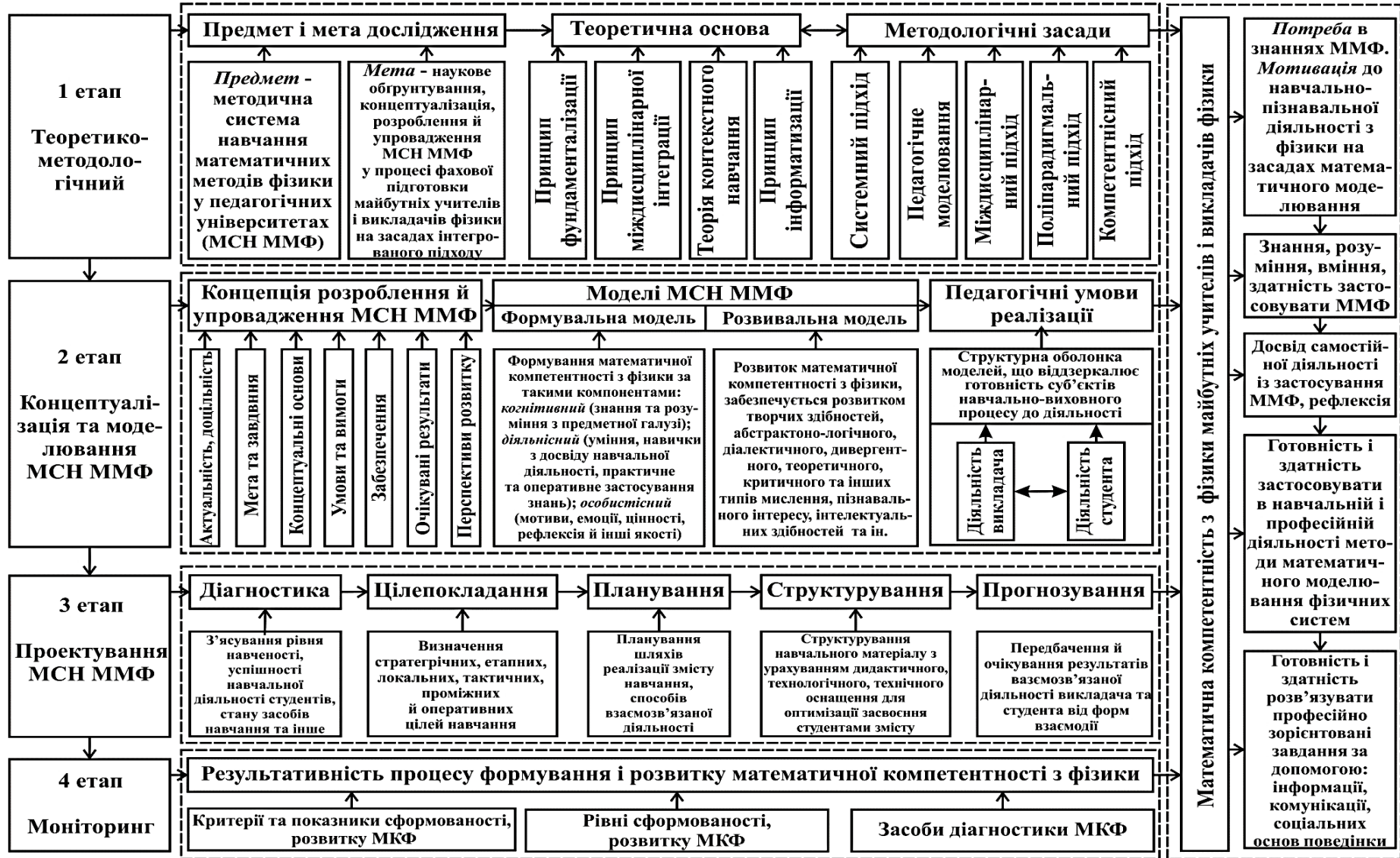


Рис. 4.1. Структурно-функціональна модель процесу формування й розвитку математичної компетентності з фізики майбутніх учителів і викладачів фізики в навчанні математичних методів фізики та теоретичної фізики

студентами змісту; прогнозування (передбачення очікуваних результатів взаємопов'язаної діяльності викладача і студента від форм взаємодії).

Третій етап структурно-функціональної моделі процесу формування й розвитку МКФ студента в навчанні ММФ і ТФ передбачає врахування системи *педагогічних умов*: забезпечення позитивної і стійкої мотивації до навчальної діяльності у формі навчально-пізнавального інтересу, формування в студента вміння самостійно визначати цілі та завдання навчальної діяльності, увага викладачів до захоплень і потреб студентів; забезпечення відповідності змісту навчальної діяльності особистісним нахилам студента завдяки варіативності пропонуванних для виконання індивідуальних завдань контекстного змісту; формування в студента досвіду самостійної діяльності розв'язування завдань з математичного моделювання фізичних систем, явища або процесу у фізичній системі, що відповідають змісту та вимогам навчальної програми дисципліни з акцентом на самостійних розробках, спостереженнях, відчуттях, узагальненнях, зіставленнях. Зокрема слід назвати й *організаційно-методичні умови*, з-поміж яких: створення навчально-методичних комплексів дисциплін на засадах компетентнісного підходу для забезпечення і ефективного управління навчальною діяльністю студентів; розроблення методичних рекомендацій, які забезпечують розв'язання завдань професійно зорієнтованого змісту та дозволяють бути успішним у різноманітних ситуаціях професійної діяльності.

Четвертий етап – моніторинг якості освіти – передбачає розроблення критеріїв, показників і рівнів сформованості та розвитку МКФ студентів у навчанні ММФ і теоретичної фізики в педагогічному університеті.

Перший і другий етапи структурно-функціональної моделі забезпечують положення, визначені нами в 2 і 3 розділах, що враховано в загальній концепції розроблення й упровадження МСН ММФ (див. п. 4.1).

В основу класифікації структури МКФ (рис. 4.2) майбутніх учителів і викладачів фізики покладено систему професійних компетенцій випускника ВНЗ, напряму (спеціальності) підготовки 6.040203 Фізика*; 7.04020301 Фізика*; 8.04020301 Фізика*, яка охоплює когнітивний, діяльнісний і особистісний



Рис. 4.2. Структура математичної компетентності з фізики

компоненти. Особистісний компонент МКФ теж структурований, містить три взаємопов'язані складники: мотиваційний, ціннісно-рефлексивний, емоційно-вольовий (за М. С. Головань [90]).

Когнітивний компонент МКФ – знання й розуміння з предметної галузі ММФ; діяльнісний – уміння та навички з досвіду навчальної діяльності під час практичного і оперативного застосування знань; особистісний – мотиви, емоції, цінності, рефлексія, поведінкові ідентифікаційні, комунікативні, соціально-адаптаційні якості та інші ключові компетенції. Перший компонент, віддзеркалює предметний зміст фахової наукової дисципліни – ММФ, а решта – загальнопрофесійні міждисциплінарні МКФ, зокрема у взаємозв'язку з курсом ТФ, тому в процесі їх формування потребують цілеспрямованого вибору таких форм, методів і засобів навчання, які спрямовано на отримання динамічної та інтегрованої комбінації знань, розумінь, умінь і навичок та інших особистісних якостей студента, з-поміж яких готовність і здатність застосовувати в навчальній та професійній діяльності методи математичного моделювання фізичних систем, явища чи процесу у фізичній системі з погляду законів або принципів фізики в прийнятих теоретичних схемах.

Формування МКФ починається з усвідомлення студентами цілей навчання ММФ, що пов'язано з установкою на цінність математичних знань для ТФ та потреби в ММФ не лише для успішного навчання в межах професійно значущих дисциплін, а й для оволодіння методами математичного моделювання як невіддільного складника загальної культури людини, важливої умови її повноцінного життя в сучасному суспільстві, усвідомлення того, що мова математики належить до знакових категорій культури людства, розуміння того, що математичні методи є універсальною методологією науки і техніки, ефективним засобом дослідження процесів і явищ навколишнього світу. Усвідомлена потреба в ММФ є фундаментом для формування у студентів мотивації до навчання ТФ в структурі навчально-пізнавальної діяльності з фізики на засадах математичного моделювання.

Когнітивний компонент МКФ віддзеркалює знання теоретичного

(нормативного) і технологічного (процесуального) характеру, тобто складається з двох частин – нормативної, визначеною навчальною програмою дисципліни та компетентісно зорієнтованої на формування й розвиток МКФ.

Нормативна частина програми дисципліни ґрунтується на взаємозв'язку фундаменталізації змісту навчання та міждисциплінарних взаємозв'язках. При цьому слід урахувати, що елементи інтеграції повинні бути достатньо однорідними, щоб зберегти здатність до взаємодії, і достатньо різнорідними, щоб запобігти їх синтезу; елементи інтеграції повинні мати певні критичні (порогові) значення, за якими їхня взаємодія є ефективною; взаємодія суто предметних знань спричиняє підсумування цих знань, оскільки не забезпечує їх якісних перетворень, а взаємодія проблемних (різнорідних) знань породжує нові знання.

Водночас важливо виявити, об'єктивно оцінити й урахувати міждисциплінарні зв'язки, з-поміж яких: *фактичні*, спрямовані на поглиблене й розширене сприйняття студентами фактичних даних про фізичні процеси і явища; *понятійні*, зорієнтовані на усвідомлене засвоєння теоретичних знань, які входять до змісту дисциплін; *теоретичні*, які забезпечують усвідомлене засвоєння теорій, що є основою сучасної математичної і теоретичної фізики; *хронологічний критерій*, що віддзеркалює послідовність вивчення навчального матеріалу в часі й визначає *попередні, супутні і перспективні* напрями навчальної діяльності. Змістове віддзеркалення міждисциплінарних зв'язків ММФ і ТФ за хронологічним критерієм зумовлюють три типи взаємодії: спільність наукових фактів, теорій, понять; спільність використання наукових методів; спільність характеру розумової діяльності.

Обидві предметні галузі – математична й теоретична фізика – виявляються зінтерованими в процесі навчання ММФ, тому, на нашу думку, найкраще реалізувати цей підхід у формі системи відповідних задач і завдань, спрямованих на засвоєння *предметного знання* – базового знання з ММФ; *фундаментального* – інтегрованого за міжпредметною методологічною ознакою (математичне моделювання) фундаментального знання (щодо універсальності математичних методів фізики, єдності теоретичного та

емпіричного в пізнанні природи, об'єктивності фундаментальних законів і теоретичних принципів фізики); *загальнопрофесійного* – навчальних і професійних умінь, теоретичного мислення, творчої активності в навчально-пізнавальній діяльності; *особистісного* – особистісних якостей та інтересів студентів: інтелектуальних, мотиваційних, етичних; особистісних поведінкових ідентифікаційних якостей: професійної самооцінки, задоволеності професією, взаєминами; комунікативних і соціальних якостей особистості; професійних, світоглядних і громадських якостей особи для виконання обов'язків учителя і викладача фізики та інших компетенцій.

На загальнопрофесійному рівні формування й розвитку МКФ слід зважати також на ключові методологічні знання педагога – загальні підходи, принципи, закономірності розвитку, навчання й виховання студентської молоді; сукупність знань, потрібних викладачеві ВНЗ для виконання посадових обов'язків; знання, які є підґрунтям педагогічної діяльності викладача ВНЗ; знання інформаційних технологій, їхніх можливостей для розв'язання задач з предметної галузі в навчальному процесі; креативність, гнучкість, критичність, системність, мобільність, оперативність мислення.

Діяльнісний компонент МКФ віддзеркалює досвід пізнавальної діяльності, зафіксованої у формі його результатів – знань з ММФ; досвід організації відомих способів діяльності в формі вміння діяти (здатність) за зразком; досвід творчої діяльності в формі вмінь приймати ефективні рішення в проблемних ситуаціях; досвід здійснення емоційно-ціннісних ставлень у формі особистісних орієнтацій. Іншими словами, передбачає формування системи вмінь і навичок відповідно до вимог навчальної програми дисципліни із застосуванням знань у репродуктивній, частково-пошуковій, творчій і науковій діяльності в контексті теоретичного, прикладного і професійного спрямування навчальної діяльності; з потребою залучення засобів навчального фізичного експерименту, комп'ютерної техніки, інформаційних математичних пакетів, інформаційно-комунікаційних засобів навчання в різних формах організації навчального процесу: практичних і семінарських заняттях, самостійній роботі, індивідуальних (розв'язування

домашніх задач, за змістом однакових для всієї групи студентів; розв'язування індивідуальних задач, за змістом різних для академічної групи студентів; дослідницьких завдань), колективних (у межах спільного для групи студентів проекту) завданнях; написанні рефератів та інших видів роботи.

Слід ураховувати, що діяльнісний компонент МКФ ґрунтується на загальних прийомах і способах інтелектуальної діяльності (аналізі, синтезі, порівнянні, абстрагуванні, узагальненні, конкретизації) під час засвоєння знань про пізнавальні функції мисленнєвого експерименту (евристичну, екстраполяційну, інтерпретаційну, функції наукового передбачення й підготовки матеріального експерименту); загальних і специфічних (опосередкованих комп'ютером) уміннях працювати з даними, які загалом формують інформаційні вміння, що належать до класу ключових компетенцій і потребують узагальнених механізмів організації навчальної діяльності.

На нашу думку, до особливого типу належать *компетентнісно зорієнтовані задачі*, що є інноваційним компонентом навчального процесу. Ці задачі ми трактуємо як форму організації навчального матеріалу, змодельовану як квазіпрофесійна діяльність, яка створює умови для цілеспрямованого формування МКФ на засадах *порівняльно-узгоджувального підходу* (див. п. 3.4).

Використання компетентнісних задач у навчальному процесі дозволяє розвивати узагальнені навчальні вміння; забезпечувати застосування предметних знань та вмінь у нових, невідомих для студентів ситуаціях; збагачувати студентів досвідом розв'язання проблем соціального характеру.

Особистісний компонент МКФ передбачає формування низки якостей.

Мотиваційних, віддзеркалених в структурі *мотиваційного складника* МКФ, що відбиває ставлення студента до професійної діяльності, виражене в *цільових установах*. З-поміж особистісних якостей мотиваційного складника МКФ можна назвати такі: потреба в професійній діяльності; прагнення до творчої наукової та навчально-методичної діяльності; пізнавальні, професійні і творчі мотиви, які впливають на цілепокладання в процесі професійної діяльності. Основою мотиваційного компонента є мотивація досягнень,

показники професійного самовизначення та професійної спрямованості.

На мотиваційному етапі формування МКФ студенти повинні усвідомити, для чого потрібно знати засвоюваний ними навчальний матеріал, що важливо вивчити, яким є основне навчальне завдання. В організації продуктивної навчальної діяльності з певної теми на цьому етапі найбільш доцільними є такі кроки: створення навчальної проблемної ситуації через постановку перед студентами проблеми, розв'язати яку можна на основі засвоєння матеріалу цієї теми; формулювання основного навчального завдання, яке стає підсумком обговорення викладачем проблемної ситуації й повідним орієнтиром майбутньої навчально-пізнавальної активності студентів; спонукання студентів до самооцінки й самоконтролю в навчальній діяльності, виокремлення в змісті здобутого знання й ще невідомого, складання плану роботи з урахуванням часу, визначеного для засвоєння навчального матеріалу, усвідомлення основного обсягу знань і вмінь як результату вивчення.

Мотиваційний етап забезпечує усвідомлення студентами мети і завдань навчання, водночас формується установка на потребу в активній навчально-пізнавальній діяльності для засвоєння навчального матеріалу.

Ціннісно-рефлексивний складник МКФ охоплює такі особистісні якості студентів як особистісно значущі й цінні прагнення та ставлення до результатів і предмета навчальної діяльності з досвіду самостійної навчально-пізнавальної або наукової діяльності в професійній галузі і в стосунках; розуміння професійної компетентності як однієї з провідних професійних і соціальних цінностей; адекватна самооцінка своїх можливостей у професійній діяльності, наявність своєї позиції щодо рішень, прийнятих у професійній діяльності; прагнення до самовизначення, саморозвитку, постійної роботи над собою; прагнення до професійного самовдосконалення; здатність адекватно орієнтуватися в інноваціях; здатність брати на себе відповідальність за прийняті рішення в навчальній і професійній діяльності; здатність до рефлексії в професійній діяльності; самоаналіз і самооцінка своєї навчальної і професійної діяльності; здатність адекватно оцінювати свої досягнення в

навчальній і професійній галузі та свій рівень професійної компетентності; уміння визначати переваги і недоліки своєї компетентності в професійній галузі; уміння визначати резерви подальшого професійного зростання; уміння регулювати професійну діяльність і ставлення до неї.

Емоційно-вольовий складник МКФ охоплює такі особистісні якості студентів як особистісне прагнення до подолання труднощів і наявність емоційного настрою, пов'язаного з успішністю діяльності через наполегливість у подоланні труднощів, старанність, вдумливість, прагнення до самовдосконалення, самокритичність, упевненість у собі, відсутність страху помилитися, цілеспрямованість у роботі, почуття власної гідності. Ці якості віддзеркалюють таку характеристику особистості студента, як готовність і здатність розв'язувати навчальні та професійні задачі завдяки інформації, комунікації, соціальним основам поведінки.

З'ясовано, що *розвиток МКФ у навчанні ММФ і ТФ* – це багатоаспектний процес (див. п. 3.3 і п. 3.4), спрямований на формування когнітивного, діяльнісного й особистісного компонентів МКФ, які в єдності забезпечують готовність і здатність майбутніх учителів і викладачів фізики до здійснення математичного моделювання фізичних систем, явища або процесу у фізичній системі в навчальній і професійній діяльності, зокрема навчально-пізнавальної діяльності з ММФ і ТФ під час розв'язання практично зорієнтованих проблем засобами математичного моделювання. Виявлено основні характеристики процесу розвитку МКФ: цілеспрямованість, неоднорідність, цілісність, єдність. Ці характеристики разом з уявленнями про суб'єктність студента є підставою для виокремлення певних вимог до організації навчання ММФ і ТФ засобами математичного моделювання, що знайшли віддзеркалено в принципах розвитку МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики, з-поміж них:

– *принцип гуманістичної спрямованості*, який передбачає використання всіх можливостей навчання ММФ і ТФ для саморозвитку, самопізнання й самореалізації особистості;

– *принцип суб'єктності навчання*, підґрунтям якого є уявлення про

компетентного студента як суб'єкта навчально-пізнавальної діяльності, здатного усвідомлювати навчально-пізнавальні потреби й визначати її мету та завдання, знаходити способи їх розв'язання, здійснювати контроль, оцінювання та корекцію своєї навчально-пізнавальної діяльності;

– *принцип проблемності навчання* ґрунтується на розумінні того, що активна навчально-пізнавальна діяльність з ММФ і ТФ в структурі навчально-пізнавальної діяльності студентів можлива за умови, якщо її спрямовано на розв'язання актуальних для майбутніх учителів і викладачів фізики професійно значущих проблем під час створення проблемних ситуацій, які потребують адаптації знань фахових наукових дисциплін до шкільних умов або навчальних умов дисципліни ВНЗ;

– *принцип практичної спрямованості навчання* потребує представлення змісту навчання ММФ і ТФ системою навчально-пізнавальних завдань відповідно до моделі організації квазіпрофесійної діяльності фахівця, у якій реалізуються практично зорієнтовані завдання контекстного змісту (теоретичного, прикладного, професійно зорієнтованого, предметно-інформаційного та інформаційно-комунікаційного);

– *принцип цілеспрямованого розвитку МКФ студентів* передбачає виокремлення дидактичного завдання з розвитку МКФ, підпорядкованого єдиній меті – розвитку МКФ студентів;

– *принцип системності й систематичності розвитку МКФ студентів* ґрунтується на уявленнях про її системне утворення, що складається з навчально-пізнавальних потреб засобами математичного моделювання, інтересів, цінностей, базових фізико-математичних знань, загальнопрофесійних умінь, досвіду навчально-пізнавальної діяльності;

– *принцип єдності розвитку МКФ студентів* забезпечується уявленнями про цілісність процесу розвитку МКФ студентів, що досягається під час розв'язання студентами навчально-пізнавальних завдань, з-поміж яких виділено: навчальні завдання, навчально-практичні та навчально-дослідницькі завдання, професійно зорієнтовані проблеми та завдання (рис. 4.3):



Рис. 4.3. Цілісний розвиток математичної компетентності з фізики (МКФ) майбутніх учителів і викладачів фізики в навчанні математичних методів фізики та теоретичної фізики

навчальне завдання спрямоване на знаходження й опанування способу діяльності (у навчанні МКФ результатами розв'язання навчальних завдань є моделі (алгоритми) математичних методів пізнання: опис, чисельний експеримент, математична гіпотеза, математична модель), що є засобами для розв'язання прикладних навчальних завдань міждисциплінарного змісту загалом, і з фізики зокрема; *навчально-практичне завдання* – практико зорієнтоване завдання, у якому чітко визначено предмет навчально-пізнавальної діяльності – навчально-пізнавальна проблема: опанувати способом розв'язання проблеми прикладного фізичного змісту; здобути математичні знання, необхідні для розв'язування

теоретичного завдання фізичного змісту, застосувати їх для розв'язання практично зорієнтованої проблеми; *навчально-дослідницьке завдання* – це навчально-пізнавальне завдання, спрямоване на самостійне набуття студентами знань: наукових фактів, понять, законів за допомогою емпіричних, теоретичних та математичних методів пізнання; *професійно зорієнтовані завдання* – це навчально-пізнавальне завдання, спрямоване на розв'язання проблеми адаптації знань до шкільних умов або навчальних умов ВНЗ;

– *принцип циклічності розвитку МКФ студентів* в навчанні ММФ і ТФ забезпечується уявленнями про цей процес не як одномоментний акт, а як довготривалий циклічний процес розширення суб'єктного досвіду студентів і використання його для розв'язання різних професійно зорієнтованих завдань. Визначення й розв'язання таких завдань означає завершеність одного циклу розвитку МКФ і початок іншого. Як бачимо, сказане вище засвідчує, що під час організації цього процесу треба застосовувати систему завдань, які забезпечують перехід МКФ студентів з одного рівня на інший, ускладнювати цю систему не лише на кількісному, але й на якісному рівні. Зрештою в їхній психіці викає інтегроване новоутворення – МКФ, що характеризується готовністю й здатністю розв'язувати за допомогою засобів математичного моделювання більш складні й нетипові практичні професійно зорієнтовані проблеми й завдання;

– *принцип єдності процесуального й змістового складників розвитку МКФ* потребує відповідності методів і засобів навчання, організаційних форм та оцінювання досягнень студентів меті й змісту навчання; раціонального поєднання значної кількості методів навчання (пояснювально-ілюстративних, репродуктивних, проблемних, практичних); застосування спільної й індивідуальної форм навчання; використання методів фіксації змін у розвитку МКФ студентів й аналізу набутих результатів;

– *принцип співробітництва* ґрунтується на уявленні про те, що спільна навчально-пізнавальна діяльність має бути основою, на якій ґрунтується розвиток МКФ студентів в навчанні ММФ і ТФ; під час такої діяльності здійснюється комунікація між суб'єктами навчання, що забезпечує обмін навчальною

інформацією і передбачає спільне розв'язання професійно зорієнтованих проблем; суб'єкти навчання обмінюються знаннями, уявленнями, ідеями; управляють навчально-пізнавальною діяльністю; сприймають один одного й досягають взаєморозуміння; цей принцип спрямовує викладача на збереження самостійності й ініціативності окремого студента, на розвиток у нього відповідальності за результати спільної діяльності, що дозволить йому в майбутньому зайняти самостійну позицію в професії й суспільстві;

– *принцип керованості й можливості здійснювати корекцію процесу розвитку МКФ студентів* зорієнтовує на потребу педагогічного управління цим процесом, що передбачає створення сприятливих умов для переведення студента в стан активних суб'єктів навчання; процес педагогічного управління забезпечується декількома технологічними етапами: підготовчим, формувальним, діагностувальним, корегувальним.

Ефективність процесу формування й розвитку МКФ залежить від вибору *методів навчання*. У нашому дослідженні ми обрали класифікацію методів на основі цілей навчання (за Ю. К. Бабанським [22]), оскільки цільовий компонент МСН ММФ є системоутворювальним.

До *першої групи* належать *методи* стимулювання і мотивації навчання: переконання в суспільному та особистісному значенні знань ММФ, створення навчальних проблемних і дискусійних ситуацій, схвалення. Ця група методів доцільна на мотиваційно-ціннісному етапі навчального процесу.

У *другій групі* об'єднано *методи* організації навчально-пізнавальної діяльності студентів: логічні методи, що потребують залучення мисленнєвих операцій – аналізу, синтезу, індукції, дедукції, порівняння, аналогії, узагальнення й ін.; пояснювально-ілюстративний метод; репродуктивний метод; проблемний метод; метод ключових задач; інтерактивні методи; дослідницький метод; метод проектів; навчальні ІКТ-методи та ін.

Ці методи забезпечують реалізацію змістового і процесуального етапів формування й розвитку МКФ студентів у навчально-пізнавальній діяльності з фізики. На цьому етапі з позицій міждисциплінарних зв'язків виникають

можливості для реалізації визначених нами напрямів контекстного підходу (теоретичної, прикладної та професійної спрямованості навчання); інформатизації; у процесі цілеспрямованого формування МКФ на засадах порівняльно-узгоджувального підходу.

Третя група методів забезпечує контроль, самоконтроль та корекцію в навчальному процесі.

Важливими для проектування процесуального компонента МСН ММФ під час формування й розвитку МКФ є *засоби навчання*, які поділяють на традиційні та інноваційні. Окрім підручників і навчальних посібників у навчально-методичних комплексах дисциплін слід передбачати активне використання в навчальному процесі комп'ютерної техніки (комп'ютерні презентації, прикладні програмні педагогічні засоби, інформаційні математичні пакети, тести, освітні ресурси мережі Інтернет), оскільки цього вимагає інформаційно-комунікаційний підхід до формування й розвитку МКФ; також ліцензійного програмного забезпечення та програмного забезпечення загальнодоступного вжитку для забезпечення предметно-інформаційного підходу до навчання ММФ, зокрема щодо комп'ютерного моделювання рівнянь математичної фізики з навчальною метою; засобів навчального фізичного експерименту для експериментальної перевірки результатів математичного моделювання спостережуваних фізичних процесів і явищ із застосуванням математичних методів до аналізу створених при цьому задач з позицій професійної спрямованості навчання ММФ.

Розвитку рефлексивних умінь сприяє використання самоконтролю, самоаналізу, самооцінки студентом організованої ним навчальної діяльності. На цьому етапі студентові важливо досягнути усвідомлення значення МКФ як умови успішного навчання фізики в педагогічному університеті, особистісного розвитку, готовності і здатності розв'язувати різноманітні проблеми за межами навчальної дисципліни й за межами університету. Реалізувати ці завдання можна в процесі використання методів і засобів рефлексивної діяльності, зокрема – створення портфоліо студента, написання статті, тез доповідей на

наукову конференцію та ін.

Четвертий етап структурно-функціональної моделі процесу формування й розвитку МКФ студентів у навчанні ММФ і ТФ – *моніторинг*, який забезпечує діагностику сформованості й розвитку МКФ; дає змогу описати рівні, показники, критерії сформованості й розвитку компонентів МКФ, передбачає засоби діагностики.

4.3. Методична система навчання математичних методів фізики у педагогічних університетах

Загальна концепція розроблення й упровадження МСН ММФ у педагогічних університетах (див. 4.1) уможлиблює її створення в умовах рівневої ПП майбутніх учителів і викладачів фізики та реалізувати модель процесу формування й розвитку МКФ (див. 4.2) у змісті теоретичних курсів фізики. З-поміж функцій, які має виконувати МС виділено такі: *методологічну* для уможливлення використання в змісті навчання теоретичної фізики категоріально-понятійного апарату та теоретичних основ математичної фізики, значущих для професійної діяльності майбутніх учителів і викладачів фізики; *професійно орієнтовальної* – проникнення змісту навчання ММФ до структури практичного складника курсу теоретичної фізики; *інтегративну* – формування системності знань з ММФ на основі глибокого розуміння сучасних проблем теоретичної фізики; *розвивальну* – розвитку мислення, пізнавальної активності, самостійності та творчих здібностей студентів; *прогностичну* – формування МСН ММФ з визначенням перспектив їх подальшого розвитку.

Пропонована МСН ММФ (рис. 4.4) охоплює цілі, зміст, провідні принципи, форми, засоби й рівні діяльності студентів на етапі підготовки: бакалаврів (напрямок 6.040203 Фізика*, кваліфікація – вчитель фізики основної школи); спеціалістів (спеціальність 7.04020301 Фізика*, кваліфікація – вчитель фізики старшої школи); магістрів (спеціальність 8.04020301 Фізика*, кваліфікація – викладач фізики).

З огляду на це слід враховувати, що:

1. Цілі навчання ММФ у процесі підготовки бакалаврів у подальшому

розвиваються під час підготовки спеціалістів і магістрів.

Освітній рівень		Бакалавр 6.040203 Фізика*, вчитель фізики основної школи	Спеціаліст 7.04020301 Фізика*, вчитель фізики старшої школи	Магістр 8.04020301 Фізика*, викладач фізики	
Компоненти системи	Цільовий	Цілі навчання – формування й розвиток математичної компетентності з фізики в структурі професійної компетентності майбутніх учителів і викладачів фізики; – інтеграція фізико-математичних знань			
	Змістовий	Зміст навчальних дисциплін	ММФ	Теоретична фізика	Вибрані питання теоретичної фізики
		Теоретико-методологічна основа	<i>Дидактичні принципи:</i> фундаменталізації, міждисциплінарної інтеграції, контекстної спрямованості, інформатизації як теоретична основа <i>інтегрованого підходу</i> , який передбачає комплексне застосування: фундаменталізації змісту, міждисциплінарного, контекстного (теоретичного, прикладного, професійно зорієнтованого), інформаційного (предметно-інформаційного, інформаційно-комунікаційного), компетентнісного підходів; семіотика і педагогічна герменевтика як теоретична основа <i>порівняльно-узгоджувального підходу</i> щодо цілеспрямованого формування математичної компетентності з фізики; концепція розвивального навчання, теорія проблемного навчання; принцип циклічності щодо формування й розвитку <i>готовності і здатності</i> студентів до порівняння, узагальнення, абстрагування, аналізу, синтезу та інших <i>мисленнєвих операцій</i> : спостереження, аналогії та ін.; теоретичного, критичного й інших типів мислення тощо		
Процесуальний	Форми	Лекції, практичні заняття, спільна і самостійна робота	Лекції, практичні заняття, семінарські заняття, спільна і самостійна робота, науково-дослідницька робота		
	Методи за типом діяльності	Пояснювально-ілюстративні (інформаційно-рецептивні), репродуктивні, проблемний виклад, частково-пошукові (евристичні), дослідницькі; цілеспрямована навчальна діяльність (з позицій концепції розвивального навчання), практичні			
	Засоби	Навчально-методичні комплекси дисциплін, лабораторне обладнання фізичних кабінетів, комп'ютерна і мультимедійна техніка, програмні педагогічні засоби, інформаційні математичні пакети та ін.			
Результативний	– критерії та показники сформованості й розвитку МКФ; – рівні сформованості й розвитку МКФ; – засоби діагностики результативності МСН ММФ				

Рис. 4.4. Структура компонентів компетентнісно зорієнтованої МСН ММФ у змісті теоретичних курсів фізики

2. Зміст навчання ММФ базової дисципліни «Математичні методи фізики» в підготовці бакалаврів, спеціалістів і магістрів має рівневу структуру, і інтегрується зі змістом дисциплін: для бакалаврів – «Теоретична фізика»; для спеціалістів – «Вибрані питання теоретичної фізики»; для магістрів – «Фізика твердого тіла», «Фізика напівпровідників» та ін.

3. Водночас професійна спрямованість навчання ММФ передбачає, що в

процесі формування й розвитку МКФ студентів в теоретичних курсах фізики слід урахувати міждисциплінарні зв'язки з іншими дисциплінами циклу професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики, зокрема з курсом загальної фізики та методики навчання фізики тощо.

4. Теоретичною основою МСН ММФ є *інтегрований підхід*, який передбачає комплексне застосування фундаменталізації змісту навчання, міждисциплінарного, контекстного (теоретичного, прикладного, професійно зорієнтованого), інформаційного (предметно-інформаційного, інформаційно-комунікаційного), компетентнісного підходів, які створюють можливості для реалізації процесу формування й розвитку МКФ під час навчання теоретичних курсів фізики.

Для бакалаврів найбільш доцільною є реалізація теоретичного і прикладного контекстів. У підготовці спеціалістів і магістрів ці контексти зберігають значущість, проте передбачається підсилення професійно зорієнтованого контексту навчання. При цьому зміст навчального матеріалу, форми, методи і засоби навчання теоретичних курсів фізики мають відповідати системній логіці побудови дисциплін, теоретична основа яких покладається на стандартні моделі математичної фізики. Студентів навчають моделювати пізнавальні і практичні задачі, пов'язані з подальшою професійною діяльністю фахівця, яка потребує адаптації фізико-математичних знань до шкільних умов (для спеціалістів) та реалій вищого навчального закладу (для магістрів).

5. Цілеспрямоване формування МКФ забезпечує порівняльно-узгоджувальний підхід (див. п. 3.4).

6. Розвитку МКФ сприяє модель навчально-пізнавальної діяльності студентів під час розв'язування навчально-пізнавальних завдань (див. п. 4.2, рис. 4.3), організована на засадах концепції розвивального навчання.

7. Проблемний виклад навчального матеріалу ґрунтується на теорії проблемного навчання; дотримання принципу циклічності в навчанні ТФ забезпечує розвиток творчих здібностей студентів.

8. Особливою формою навчання є науково-дослідницька робота під час

виконання студентами науково-дослідницьких проектів (курсівих, дипломних, магістерських робіт), що потребує використання педагогічного потенціалу науково-дослідницької культури, а саме світоглядної, креативної, гностичної функцій, які забезпечують формування інтелектуального ресурсу особистості, її здатність до перманентного оновлення наукового знання у педагогічній та окремішій дидактичній (з теорії та методики навчання фізики) проекції, збагачення його смислового наповнення, умінь підводитися до широких творчих узагальнень і асоціацій на гносеологічних, онтологічних, феноменологічних, аксіологічних, герменевтичних засадах, що сприяє розширенню дослідницьких горизонтів майбутніх учителів і викладачів фізики, виводячи на нову ступінь пізнання та розвитку їхніх особистісних якостей.

Методичні основи реалізації *теоретичного контексту* в процесі формування вищих рівнів якості фізико-математичних знань студентів під час дослідження фізичних процесів і явищ з погляду різних теоретичних схем ТФ засобами ММФ на *узагальнювальному етапі* ПП майбутніх учителів і викладачів фізики представлено в п. 5.2.

Рівень сформованості МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики значною мірою залежить від того, як вони засвоїли базові фізичні поняття, закони, теорії, принципи та від рівня їхньої спеціальної математичної підготовки. Завдяки властивостям і функціям математичних методів фізики в науці формування фізичних понять набуває визначальних рис у структурі змістового компонента курсу теоретичної фізики. Базове поняття є тією дидактичною одиницею, досліджуючи процес формування якої можна визначити потрібні дидактичні умови підвищення якості фізико-математичних знань, формування науково-теоретичного способу мислення.

На засадах порівняльно-узгоджувального підходу до формування МКФ у навчально-пізнавальному процесі з ТФ ми виокремили інтегративний компонент (фізичний закон або принцип – математичне співвідношення або рівняння), який дає змогу порівнювати зміст навчання ММФ і ТФ й узгодити з процесуальною основою навчання ТФ в структурі навчально-пізнавальної діяльності студентів.

Такий підхід створює умови для порівняння різних теоретичних схем теоретичної фізики, зокрема щодо отримання законів збереження [298].

Для забезпечення формування й розвитку МКФ слід застосовувати стандартні ММФ: рівняння неперервності та математичні калібрувальні перетворення на виконання вимог принципів інваріантності у відповідних теоретичних схемах. Так створюються об'єктивні умови для представлення пізнавального процесу з ТФ як універсального, спільного для курсів ММФ і ТФ (див. п. 5.2).

Приклад комплексної реалізації теоретичного, прикладного та професійно зорієнтованого контекстів забезпечує представлення в змісті курсу «Вибрані питання теоретичної фізики» такого вагомого елемента ТФ, як *співвідношення невизначеностей*: теоретичний контекст забезпечують варіативні математичні методи їх отримання [303]; прикладний передбачає їх розгляд як елементів фізичних знань, що дає змогу презентувати суперечливе становлення квантових уявлень про структуру матерії та адекватний відбір математичних методів опису матерії на макро- і мікроскопічному рівнях [320]; професійно зорієнтований виявляється на рівні адаптації цього навчального матеріалу до шкільних умов [293].

Водночас ми розробили низку положень щодо розширення уявлень студентів про властивості класичних об'єктів та отримати *класичні аналоги співвідношень невизначеностей*, природа існування яких пов'язана з хвильовими властивостями сигналів та відповідною взаємодією детектора із сигналом, а також сигналу з резонатором, що дає змогу отримати співвідношення невизначеностей для частоти і часу, для координати і хвильового числа як наслідки взаємодії хвиль та коливальних макросистем [320].

У курсі історії фізики доцільно ознайомити студентів з фундаментальними працями Гейзенберга, у яких описано отримання співвідношень невизначеностей [491], а також сучасними теоретичними підходами щодо їх обґрунтування для ознайомлення майбутніх учителів і викладачів фізики з основними досягненнями фізики в становленні квантових уявлень про природу

матерії на мікрорівні під час формування однієї з фундаментальних теоретичних схем – квантової механіки. Також для навчальних цілей курсу ТФ розроблено завдання теоретичного, прикладного та професійно зорієнтованого контекстного змісту для вивчення студентами принципу відповідності [305].

Професійно зорієнтований контекст навчання, на нашу думку, доцільно реалізовувати на засадах «принципу циклічності». Зокрема в змісті курсу фізики твердого тіла ми запропонували варіант реалізації «принципу циклічності» на основі теоретичного циклу пізнання природи згідно схеми: «емпіричні факти, проблема → гіпотеза, математична модель → теоретичний наслідок → експериментальна перевірка, можливість практичної реалізації, перспективи подальших розвідок» для обґрунтування ефекту квантування магнітного потоку з погляду двох теоретичних схем: класичної (теорія Лондонів) і квантової (теорія БКШ), адаптованих для навчальних цілей курсу, що представлено у публікаціях [331; 493]. Формування й розвиток МКФ на засадах принципу циклічності доцільно реалізовувати для формування в студентів уявлення про взаємозумовленість теоретичного й емпіричного в пізнанні в змісті прикладних курсів теоретичної фізики: ядерної фізики і фізики елементарних частинок [321; 322], фізики твердого тіла [331].

Формування й розвиток МКФ студентів відбувається на різних рівнях їх діяльності: репродуктивному (навчальному), частково-пошуковому (навчально-пізнавальному) і дослідницькому (пізнавальному – курсова, дипломна, магістерська робота).

Нині *організація навчально-виховного процесу у ВНЗ* здійснюється на основі модульної технології, яка дає змогу планувати навчально-виховний процес за принципами кредитно-трансферної системи ECTS, що узгоджуються із сучасними методологічними принципом та визначають переорієнтацією організації навчального процесу з лекційно-інформативної на індивідуально-диференційовану та особистісно-орієнтовану форми. За таких умов навчальні програми курсів ММФ і ТФ доцільно створювати за принципами *модульного навчання*, з-поміж яких важливими є такі дидактичні принципи: цільового

призначення інформаційного матеріалу; поєднання інтегруючих, комплексних та частинних дидактичних цілей; повноти навчального матеріалу в модулі; реалізації зворотного зв'язку; науковості, наступності та доступності передачі інформаційного та методичного матеріалу, а також вагомості для методики навчання ММФ і ТФ окремі дидактичні принципи: *предметного підходу* до побудови змісту навчання; *фундаментальності* навчального змісту в модулі; *діяльнісного підходу* для формування комплексної дидактичної цілі; *функціональності змісту навчання*, що обумовлює спрямованість інтегруючої дидактичної мети на розвиток умінь і навичок з реалізації конкретної функції професійної діяльності майбутнього вчителя та викладача фізики; *компетентнісного підходу*, щодо формування й розвитку МКФ і забезпечується, перш за все, підручниками і навчальними посібниками.

У рекомендаціях МОН України, щодо видання навчальної літератури для вищої школи зазначається, що підручники і навчальні посібники є нормативними виданнями з відповідним грифом МОНУ. Присвоєння грифу означає, що підручник або навчальний посібник відповідає встановленим вимогам, зокрема, змісту навчальної програми дисципліни, дотримання умов щодо обсягу та належного технічного оформлення. Для педагогічних ВНЗ рекомендованим видом видання є навчальний посібник з огляду на можливість варіювання та інтегрування його змісту (накази МОН України № 588 від 27.06.2008 і № 11 від 10.01.2009).

Навчальні посібники, які забезпечують теоретичні курси фізики на засадах фундаменталізації мають віддзеркалюють зміст фахових наукових дисциплін – математичної і теоретичної фізики. Змістовий складник підручника на засадах міждисциплінарного та контекстного підходів з'єднується з його процесуальною основою узгоджено з модульною програмою відповідних дисциплін, що дає змогу урізноманітнити видів навчальної діяльності студентів у вирішенні глобальної проблеми продуктивної адаптації майбутніх учителів і викладачів фізики до подальшої професійної діяльності системою навчально-пізнавальних завдань, з-поміж яких виділено такі завдання: навчальні завдання міждисциплінарного змісту, навчально-практичні та навчально-дослідницькі

завдання, професійно зорієнтовані проблеми і завдання (див. п. 4.2, рис. 4.3).

Структурування змісту посібника має узгоджуватися із відповідними формами організації навчальної діяльності студентів, зокрема курсом лекцій, практикумом з розв'язування задач, містити запитання і завдання для організації самостійної роботи, довідниковий матеріал, покажчики (іменний або предметний) для орієнтації у тексті книги.

Лекційні заняття з теоретичних курсів фізики сприяють соціалізації студентів, що покликано їхньою потребою пристосування до однакових вимог, визначення напрямів особистісного вдосконалення. Недоліками такої форми аудиторної роботи є низька результативність спричинена неможливістю врахування різного ступеню підготовленості та психологічних особливостей кожного студента. Групова форма роботи, яка реалізується на практичних заняттях сприяє удосконаленню комунікативних умінь, підвищує об'єктивність самооцінки, спонукає до колективних дій та діалогу, активізує навчально-пізнавальну діяльність. Індивідуальна форма роботи, реалізована системою індивідуальних завдань, враховує індивідуальні особливості та відповідний рівень підготовленості студентів, сприяє становленню їх самостійності та відповідальності. Отже, віддзеркалення у змістові посібника навчального матеріалу різних форм роботи студентів сприяє формуванню й розвитку МКФ. Водночас слід ураховувати, що навчальний посібник з теоретичних курсів фізики для педагогічних університетів має забезпечувати єдність і наступність між окремими розділами і темами, враховувати міждисциплінарні зв'язки.

Теоретична фізика – нормативна навчальна дисципліна для бакалаврів та спеціалістів і варіативна для магістрів у циклі дисциплін професійної і практичної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики, що дає змогу врахувати в змісті посібника з теоретичної фізики [77] найвірогідніші зв'язки з такими дисциплінами: для бакалаврів – математичні методи фізики [309], загальна фізика, методика навчання фізики; спеціалістів – вибрані питання загальної фізики, методика навчання фізики, олімпіадні задачі з фізики [74], історія фізики; магістрів – фізика твердого тіла [331] тощо.

Впровадження модульної технології навчання передбачає реорганізацію традиційної схеми «навчальний семестр – навчальний рік, навчальний курс», раціональний поділ навчального матеріалу дисципліни на модулі й перевірку якості засвоєння теоретичного та практичного матеріалу кожного модуля, використання ширшої шкали оцінювання знань, вирішальний вплив суми балів, одержаних упродовж семестру, на підсумкову оцінку.

Зміна ролі студента з об'єкта на суб'єкта навчального процесу в умовах модульного навчання надає педагогічному процесу потрібної гнучкості для того, щоб реалізувати принцип індивідуалізації навчання. Модульно-розвивальний процес – це форма, спосіб реалізації процесів соціалізації особистості, які передбачають засвоєння певної системи знань, норм і цінностей.

Модульне навчання дає змогу студентові виявляти більше самостійності, навчатись за індивідуальною навчальною програмою, у якій представлено цільовий план дій, банк інформації та методичне керівництво з досягнення сформульованих дидактичних цілей. Залежно від вимог програми викладач може виконувати інформаційно-контрольовальні або консультативно-координувальні функції. Для цього модульне навчання має бути забезпечено це пакетом науково адаптованих програм для індивідуального навчання, спрямованого на практичні академічні та особистісні досягнення студента з певним рівнем попередньої підготовки і здійснюватися за окремими функціонально-автономними вузлами, віддзеркаленими в змісті, організаційних формах і методах, тобто за модулями, призначення яких – розв'язати конкретні навчальні завдання.

У навчальному процесі взаємодія викладача і студента з позицій модульного навчання здійснюється на основі: модульності, виокремлення із змісту навчання певних елементів, динамічності, дієвості та оперативності знань і їх системи, гнучкості, усвідомленої перспективи, різнобічності методичного консультування, паритетності. Модулі забезпечують усвідомлене самостійне досягнення студентами певного рівня попередньої підготовленості, при цьому успішність модульного навчання залежить від дотримання паритетних взаємин між викладачем та студентом, що сприяє розв'язанню

таких завдань: створення змісту навчання, здатного гнучко реагувати на конкретні умови навчання, потреби практики; стимулювання самостійності та відповідальності студентів; реалізація творчого потенціалу викладача; забезпечення індивідуалізації навчання щодо темпу, рівня допомоги та диференціації змісту навчання; здійснення якісного процесу навчання для досягнення його цілей переважною більшістю студентів.

Основні складники організації навчально-виховного процесу в педагогічному університеті, спрямовані на формування й розвиток МКФ студентів у навчанні теоретичних курсів фізики з позицій модульного та інтеграційного підходів з урахуванням особливостей взаємодії викладача і студента, представлено на рис. 4.5.



Рис. 4.5. Складники навчально-виховного процесу формування й розвитку в студентів математичної компетентності з фізики

1. *Базовий етап* формування й розвитку МКФ забезпечує засвоєння змісту дисципліни «Математичні методи фізики», що належить до циклу дисциплін

професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики, які навчаються на освітньо-кваліфікаційному рівні «бакалавр» у 2 семестрі 2 курсу.

2. *Інтеграційний етап* (3–4 курси). У цей час студенти засвоюють теоретичний курс фізики за розділами: класична механіка і основи спеціальної теорії відносності – 1 семестр, 3 курс; електродинаміка – 2 семестр, 3 курс; квантова механіка – 1 семестр, 4 курс; термодинаміка і статистична фізика – 2 семестр, 4 курс. Кожен розділ теоретичної фізики потребує, по-перше, якісних математичних знань, а по-друге, є джерелом інтеграційних чинників взаємодії з курсом ММФ для застосування ММФ у контекстних теоретичних, прикладних, професійно значущих ситуаціях у навчанні теоретичної фізики.

На цьому етапі створюється підґрунтя для розвитку професійно важливих якостей майбутніх учителів і викладачів фізики. Кожний розділ теоретичної фізики дає змогу розвивати теоретичне, критичне й інші типи мислення студентів; ціннісні якості щодо усвідомлення значення знань для розвитку науки й ін.; мотивацію через пізнавальний інтерес до навчання фізики й ін.

3. *Узагальнювальний етап* (5, 6 курс). На цьому етапі формування й розвиток МКФ продовжується в межах таких фахових дисциплін, як «Вибрані питання теоретичної фізики», «Фізика твердого тіла», «Фізика напівпровідників» та ін., передбачено також здобуття досвіду реалізації МКФ студентами в написанні кваліфікаційної роботи, асистентської педагогічної практики та усунення недоліків завдяки усвідомленій кореляції в процесі власної практичної діяльності (ціннісно-рефлексивний складник МКФ).

Під час асистентської педагогічної практики на 6 курсі в студентів з'являється можливість застосувати набуті компетентності в конкретних ситуаціях навчально-виховного процесу з фізики ВНЗ, що сприяє формуванню ціннісно-рефлексивного і емоційно-вольового складників МКФ.

Досягненню вищого рівня сформованості особистісних складників МКФ (мотиваційний, емоційно-вольовий, ціннісно-рефлексивний) забезпечують міждисциплінарні завдання, які є найтипівішими для діяльності майбутнього вчителя та викладача фізики. Компетентнісний підхід дає змогу розглядати

міждисциплінарну інтеграцію розглядаємо як системоутворювальний фактор розвитку професійної (зокрема й МКФ як структурного компонента) компетентності майбутнього фахівця.

Подальші етапи формування й розвитку МКФ (кваліфікаційний і науково-дослідницький) реалізується в разі продовження навчання студентів за ОПП підготовки спеціалістів або НПП – магістрів (на 5–6 курсах). Поділ на етапи та визначення змісту кожного з них є умовним, оскільки всі компоненти МКФ студентів формуються й розвиваються на кожному з них.

Програмно-цільовий принцип розроблення й упровадження МСН ММФ, за яким цілі, зміст і організація навчання ММФ і ТФ повинні бути зорієнтовані на кінцевий результат – набуття інтегрованої якості – МКФ, яка за подальшого навчання в циклі професійно зорієнтованих дисциплін трансформуються у професійну компетентність майбутнього вчителя та викладача фізики.

Щоб запропонована МСН ММФ була функціональною, вона повинна враховувати різноманітні чинники, зокрема: характер соціального замовлення на підготовку висококваліфікованих компетентних вчителів (викладачів) фізики, цілі, принципи і зміст навчання студентів ММФ, а також включати елементи планування, контролю, аналізу, валідності і коригування навчального процесу. Компоненти МСН ММФ мають складну ієрархічно підпорядковану структуру взаємопов'язаних цільового, змістового, процесуального та результативного компонентів, мають враховувати педагогічні та організаційно-методичні умови, які визначають доцільність і можливість її практичної реалізації.

Основні положення загальної концепції розроблення й упровадження МСН ММФ (див. п. 4.1) та структурно-функціональна модель процесу формування й розвитку МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики (див. п. 4.2) дозволили визначити та уточнити практичні кроки реалізації МСН ММФ (рис. 4.6): Блок *концептуальної основи* МС містить концептуальну ідею, теоретичний, методологічний та методичний концепти, що розкривають теоретичні, методологічні та методичні засади розроблення МСН ММФ. *Цільовий, змістовий, процесуальний* блоки пояснюють сутність МСН ММФ, визначаючи

особливості та відмінності її складників від інших МС. *Результативний* блок містить апарат для визначення результативності її впровадження та демонструє результати моніторингу рівнів сформованості МКФ, аналіз отриманих результатів і можливості коригування МС з метою її поліпшення. Блок *педагогічних і організаційно-методичних умов* визначає чинники, які найбільшою мірою впливають на результати впровадження методичної системи.

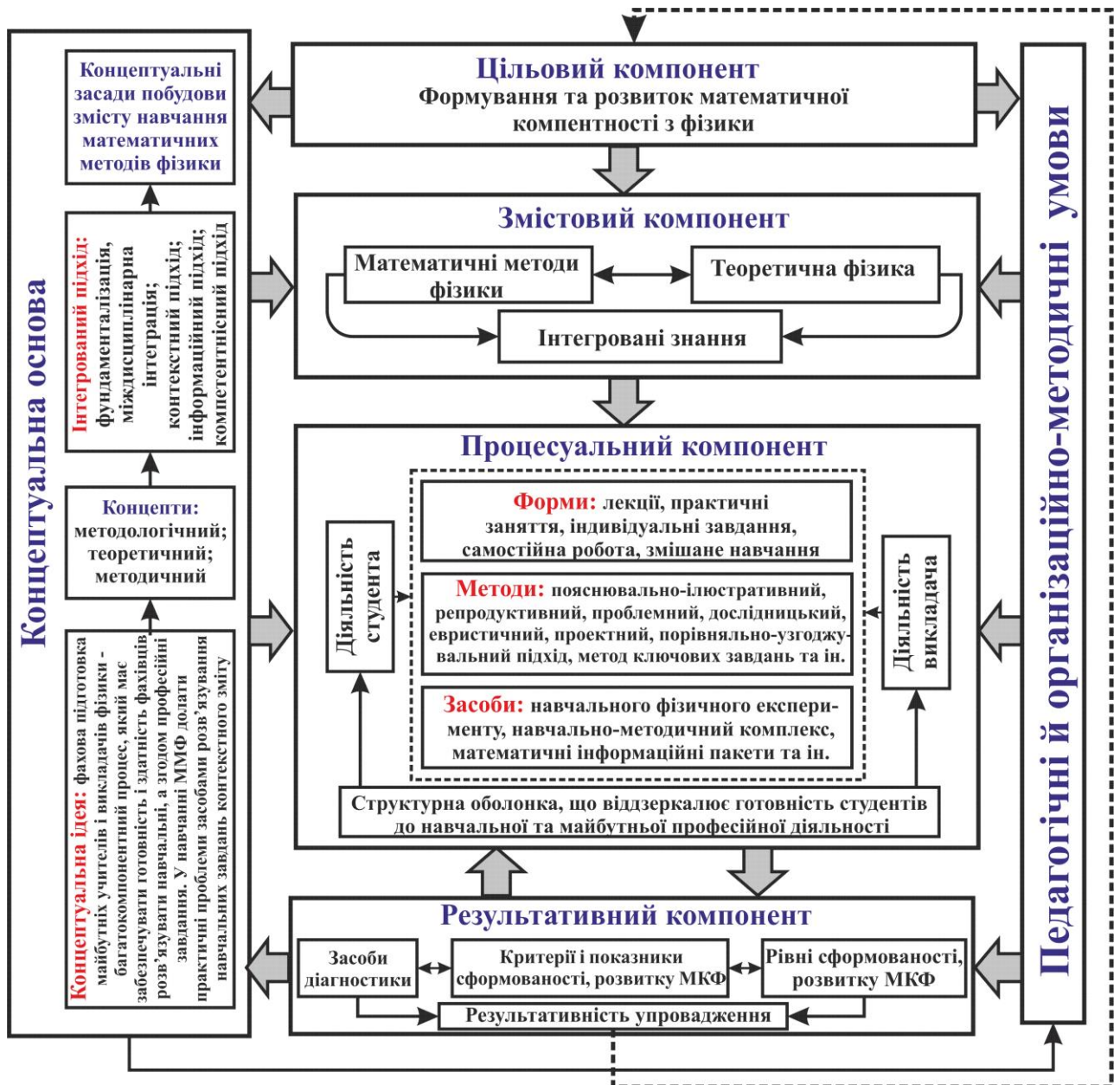


Рис. 4.6. Методична система навчання математичних методів фізики у педагогічних університетах

Зупинимося більш детально на компонентах МСН ММФ.

Цільовий компонент МС представлено стратегічною метою, тактичними

цілями та цільовими завданнями, виконання яких дозволяє досягнути запланованих результатів. Визначення змістового компонента МС здійснено з урахуванням компонентів змісту курсу математичних методів фізики і теоретичної фізики, окреслених ОПП, авторськими навчальними програмами для встановлення елементів знань і способів дій; переліку компетентностей, які слід сформулювати відповідно до їхньої структури, яку з'ясовано за результатами аналізу відповідності між змістово-процесуальними основами навчання ММФ та теоретичної фізики й вимогами компетентнісної освіти.

Визначення *змістового компонента* методичної системи здійснювалось із урахуванням: змісту курсів математичних методів фізики і теоретичної фізики, визначених ОПП, авторськими навчальними програмами для визначення елементів знань і способів дій; переліку компетентностей, які мають бути сформовані відповідно до їхньої структури, яку ми визначили за результатами аналізу відповідності навчально-методичного забезпечення курсів ММФ і ТФ вимогам компетентнісної освіти.

Змістовий компонент МС об'єднує два складники, що забезпечуються змістом навчання дисципліни «Математичні методи фізики» і курсом теоретичної фізики щодо підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики.

Особливість *процесуального компонента* розробленої МС полягає в підсиленні уваги до застосування продуктивних методів навчання (проблемного, евристичного, дослідницького), методу проєктів, порівняльно-узгоджувального підходу щодо цілеспрямованого формування МКФ, засобів навчання, до яких належать навчально-методичний комплекс, засоби навчального фізичного експерименту, математичні інформаційні пакети для розв'язування завдань з ММФ контекстного змісту. Технологічні зв'язки циклів дисциплін професійної підготовки майбутніх учителів фізики забезпечують управління процесом формування й розвитку МКФ студентів на основі цілеспрямованих дій викладача курсів ММФ і ТФ (рис. 4.7).

Технологічний складник МСН ММФ віддзеркалює способи (методи, прийоми, процедури, логіку) формування й розвитку МКФ і дає уявлення про

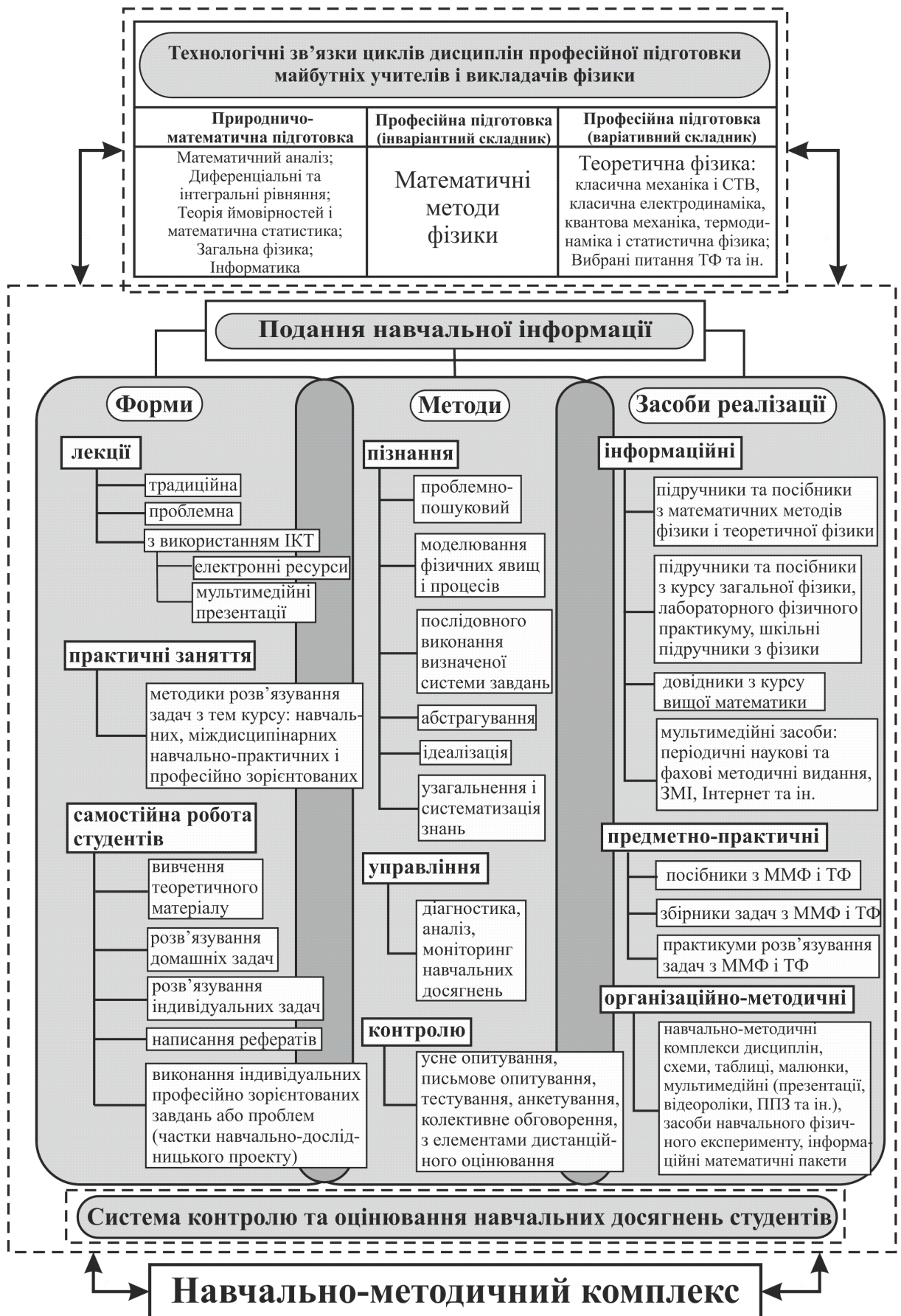


Рис. 4.7. Технологічні складники організації та управління процесом формування й розвитку математичної компетентності з фізики в теоретичних курсах фізики

організацію навчального процесу в курсах ММФ і ТФ. Виділений іманентний механізм діяльності, тобто її технологія, включає два взаєпов'язані аспекти: подрібнення за деталями та операціями (дієво-операційний аспект) і поетапне подрібнення, змістове наповнення кожного етапу (змістовий аспект); представляє оптимальний спосіб організації та керівництва навчально-пізнавальним, основними властивостями якого є внутрішня впорядкованість, узгодженість взаємодії всіх складників технологічного складника.

Проблемні лекції розглядаються як дієвий засіб управлінням навчально-пізнавальним процесом з дисципліни, з-поміж методів проектування яких виділено такі методи викладу теоретичного матеріалу, як індуктивний, дедуктивний, аналогії, різнобічного оцінювання, деталізація, виявлення загальних тенденції, класифікація, систематизація. Основними джерелами проблемної ситуації на лекціях виявлено: ключові питання змісту теоретичної фізики і їхня інтерпретація з позицій теоретичних і методологічних положень математичної фізики; педагогічна обробка навчального матеріалу включала системно-структурний аналіз наукового знання, визначення основних понять, законів, теоретичних принципів, модельних теорій і теоретичних схем теоретичної фізики, встановлення зв'язків між ними, виділення методологічних аспектів (теоретичного, емпіричного й математичного у пізнанні природи); це дозволяє зберігати цілісність осягнення процесів пізнання природи, сформувати системні і діалектичні знання, що впливають на розвиток наукового стилю мислення майбутніх учителів і викладачів фізики; аналіз наукової проблеми дослідження фізичних процесів і явищ у площині різних теоретичних схем, зокрема враховувати проблему адаптації наукових знань до шкільних умов або навчальних умов ВНЗ; проблемна ситуація будується на основі включення дискусійного матеріалу, що віддзеркалює різні та науково-методичні погляди на розв'язання проблеми; у такий спосіб забезпечується систематизація, узагальнення і критичне оцінювання знань; теоретичні положення, визначення понять математичної фізики, які несуть різне смислове тлумачення дозволяють різнобічно і міждисциплінарно висвітлити їх дефініції, простежувати зв'язки

між ними; питання пов'язані з практикою застосування фізико-математичних знань в практичній навчальній діяльності та професійній діяльності майбутніх учителів і викладачів фізики, поясненням явищ і подій у межах реальної навчально-пізнавальної діяльності студентів, оскільки розвивальна практика навчального пізнання ставить перед викладачем нові завдання – формуванню й розвитку базової МКФ у структурі професійної компетентності фахівця.

З-поміж форм організації навчальної діяльності студентів пріоритетними визначено індивідуальну й групову роботу, урізноманітненні форми самостійної роботи, змішаного навчання, зокрема в модульному об'єктно зорієнтованому динамічному навчальному середовищі MOODLE (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment), інформаційному гіпертекстовому вікі-середовищі.

Змішане навчання – це поєднання традиційного структурованого (модульного) навчання із дистанційним (он-лайн) навчанням. З-поміж різноманітних типів змішування навчання для курсів ММФ і ТФ виявлено, що доцільно змішування структурованого очного та дистанційного навчання, а також самостійного і колаборативного навчання.

1. *Змішування структурованого очного та дистанційного навчання:* Навчальні матеріали або складники навчально-методичного комплексу навчальної дисципліни розміщуються в інтернет мережі на Вікі КДПУ (<http://wiki.kspu.kr.ua/index.php/Користувач:Npodoprygora>) та Moodle КДПУ (<http://moodle.kspu.kr.ua/course/view.php?id=222>): робоча навчальна програма (зміст програми, планування, форми, методи і засоби навчання, критерії, показники і норми оцінювання навчальних досягнень студентів); тексти лекцій, завдання для проведення практичних занять (запитання для самоконтролю, приклади розв'язування фізичних задач, типові навчальні задачі-завдання для розв'язування на занятті з теми практичного заняття), планування самостійної роботи студентів щодо вивчення теоретичного матеріалу, розв'язування фізичних задач репродуктивного типу удома за темою практичного заняття, розв'язування фізичних задач евристичного типу для індивідуального

виконання, тексти підсумкових тематичних контрольних робіт, модульних контрольних робіт тощо.

2. *Змішування самостійного і колаборативного навчання:* Для виконання навчальних проектів, представлених системою навчально-дослідницьких завдань для групової форми роботи студентів.

До *переваг* змішаного навчання курсів ММФ і ТФ слід віднести наступні положення: 1. Студенти *забезпечуються набором навчальних матеріалів за визначеною траєкторією навчання:* а) вільний доступ через мережу Інтернет до інформаційного ресурсу; б) студент навчається готуватися до заняття; в) підвищення мотивації до навчання через створення гнучкого та зручного графіку підготовки до занять. 2. *Дає змогу управління навчальною діяльністю студентів на засадах дистанційної форми контролю їх навчальних досягнень через:* а) розширення спектру засобів діагностики (он-лайн опитування); б) полегшує визначення для викладача динаміки змін навчальних досягнень студентів (як студенти, так і викладачі можуть працювати на дому); в) соціалізація (навчання в групах, командах), що забезпечує формування вмінь спільної навчальної діяльності студентів та прозорість навчального процесу.

До *недоліків* змішаного навчання курсів ММФ і ТФ слід віднести такі: а) суб'єкт-суб'єктні відносини є віртуальними, що не завжди відповідає достовірності результатів навчання конкретного індивіда; б) відсутність реального спілкування не уможливорює виявлення комунікативних (мовленнєвих), мисленнєвих, емоційно-вольових та інших якостей студентів; в) потреба в мобільних пристроях, які потрібні для дистанційного навчання; г) слід урахувати, що не в усіх студентів є вільний доступ до мережі Інтернет.

Упровадження МС доцільно проектувати на рівні модуля, розділу, теми, педагогічної ситуації. Визначено необхідні для цього *педагогічні умови:* забезпечення позитивної і стійкої мотивації до навчальної діяльності у формі навчально-пізнавального інтересу, формування в студента вміння самостійно визначати цілі та завдання навчальної діяльності, увага до захоплень, потреб студентів з боку викладачів; забезпечення відповідності змісту навчальної

діяльності особистісним нахилам студента завдяки варіативності пропонованих для виконання індивідуальних завдань контекстного змісту; формування в студента досвіду самостійної діяльності розв'язування завдань з математичного моделювання фізичних систем, явища або процесу у фізичній системі, що відповідають змісту та вимогам навчальної програми дисципліни з акцентом на самостійних розробках, спостереженнях, відчуттях, узагальненнях, співставленнях; *організаційно-методичні умови*: створення навчально-методичних комплексів дисциплін на засадах компетентнісного підходу для забезпечення і ефективного управління навчальною діяльністю студентів; розроблення методичних рекомендацій, які забезпечують розв'язання завдань професійно зорієнтованого змісту та дозволяють бути успішним у різноманітних ситуаціях професійної діяльності.

Діагностика реального стану кожної з окреслених педагогічних умов виявила їх невідповідність вимогам компетентнісного навчання й обумовила потребу розроблення методичних матеріалів, які було використано на формувальному етапі педагогічного експерименту.

Під час розроблення складників МСН ММФ враховано такі положення:

1. Структуру МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики віддзеркалено в змісті навчання ММФ і ТФ, при цьому враховано ті її аспекти, які найбільшою мірою забезпечують базисом для подальшого засвоєння професійно зорієнтованих дисциплін, сприяють реалізації вимог ОКХ і ОПП, мають поліфункціональне застосування для подальшої навчальної, професійної та науково-дослідницької діяльності студентів.

2. Теоретична основа МСН ММФ створює методологічний простір можливостей під час комплексного застосування фундаменталізації, міждисциплінарного, контекстного (теоретичного, прикладного, професійно спрямованого), інформаційного (предметно-інформаційного, інформаційно-комунікаційного) і компетентнісного підходів для формування й розвитку МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики.

3. Формування й розвиток МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики в

теоретичних курсах фізики педагогічного університету представлено з позицій модульної організації навчально-виховного процесу. Змістові модулі дисциплін характеризуються функціональністю, системністю, науковістю й практичною спрямованістю. Особливу увагу звернено на збільшення частки самостійної роботи студентів, активізацію навчально-пізнавальної діяльності, науково-дослідницьку роботу.

4. У межах кожного модуля інтеграцію фізико-математичних знань забезпечено підсиленням внутрішньодисциплінарних і міждисциплінарних зв'язків, оптимізацією змістового навантаження з позицій інтеграційного підходу до навчання ММФ і ТФ завдяки зменшенню фактичного матеріалу, усуненню повторень матеріалу, а також синтезу, узагальненню й систематизації знань усередині кожної підсистеми.

5. Модульне навчання передбачає розроблення моделі у вигляді структурно-логічної схеми (графа) для кожної дисципліни циклу професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики доцільно.

6. Методики формування й розвитку МКФ студентів у змісті дисциплін (модулів) професійно зорієнтованих дисциплін доцільно розробляти з урахуванням проблемно-дослідницького характеру навчально-пізнавальної діяльності студентів з теоретичних курсів фізики; активно використовувати засоби ІКТ у навчанні й діагностиці навчальних досягнень студентів.

7. Упровадження завдань, які потребують експериментальної перевірки результатів математичного моделювання досліджуваних фізичних процесів і явищ; змісті теоретичних завдань для робіт фізичного лабораторного практикуму планувати в узгодженості з плануванням навчально-виховного процесу на факультеті (в інституті) для відповідного напрямку (спеціальності) підготовки фахівців.

8. Підвищення ефективності навчання ММФ досягається поточною діагностикою, моніторингом навчальних досягнень студентів в умовах рейтингової системи ECTS, зокрема засобами ІКТ.

Для досягнення високого рівня ефективності МСН ММФ її слід постійно

вдосконалювати, тому модернізація навчальних програм (модулів) дисциплін є умовою її модернізації. Сформованість навчальної програми з певної дисципліни чи модуля не виключає подальшої творчої роботи викладача з удосконалення змісту, зміни структури курсу та ін.

Отже, пропонована МСН ММФ є орієнтиром для проектування процесу формування й розвитку МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики в навчанні теоретичних курсів фізики в педагогічних університетах.

Висновки до розділу 4

1. Для подання в конструктивній, прикладній формі теоретичних засад, які є підґрунтям процесу формування й розвитку МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики, створено загальну концепцію розроблення й упровадження МСН ММФ у педагогічних університетах. Концепція містить такі розділи:

Актуальність і доцільність розроблення й упровадження МСН ММФ, що визначається потребою перегляду основних підходів до ПП майбутніх учителів і викладачів фізики в компетентнісній моделі освіти, зорієнтованої на інтереси особистості та потреби суспільного розвитку..

Метою і завданнями розроблення МСН ММФ передбачено забезпечення цілісної методологічної, теоретичної та методичної бази для впровадження компетентнісного підходу до навчання студентів ММФ, що створюватиме передумови його реалізації в циклі дисциплін ПП майбутніх учителів і викладачів фізики, сприятиме формуванню й розвитку *математичної компетентності з фізики* в структурі професійної компетентності фахівців.

Концептуальні положення розроблення й упровадження МСН ММФ об'єднують три складники, що сприяють реалізації стратегічної мети МС: *перший* визначає систему основних положень, які забезпечують технологічне оновлення теоретичної та практичної підготовки студентів студентів в теоретичних курсах фізики; *другий* – доцільність урахування системи принципів й основних тенденцій розвитку вищої освіти наприкінці ХХ – початку ХХІ ст., напрямів реформування системи вищої освіти України, зорієнтованих на подолання її недоліків; принципи

створення перспективних систем вищої педагогічної освіти; *третій* – систему основних положень, теорій, принципів, концепцій та підходів педагогіки й психології вищої школи, дидактичних і технологічних принципів.

Умови розроблення й упровадження МСН ММФ і *вимоги* до цього процесу об'єднують характеристики дидактичних складників теоретичної основи МС – інтегрованого підходу (фундаменталізації змісту навчання ММФ, міждисциплінарного, контекстного, інформаційного й компетентнісного підходів) і порівняльно-узгоджувального підходу, що забезпечують формування й розвиток МКФ, ураховуючи визначені педагогічні, організаційно-методичні, організаційні й технологічні умови.

Забезпечення розроблення й упровадження МСН ММФ: схарактеризовано матеріально-технічне, програмне й інформаційне, навчально-методичне, правове, кадрове, фінансове забезпечення цього процесу.

Очікувані кінцеві результати від упровадження МСН ММФ передбачають підвищення якості ПП майбутніх учителів і викладачів фізики, інтенсифікацію процесу навчання; підвищення навчально-пізнавальної активності студентів та конкурентоспроможності випускників педагогічних університетів на ринку інтелектуальної праці; створення компетентнісно зорієнтованих навчально-методичних комплексів для впровадження в навчальний процес ВНЗ.

Перспективи розвитку МСН ММФ убачаємо в створенні навчального, методичного, технічного, програмного, інформаційного й кадрового забезпечення курсів ММФ і ТФ для ПП майбутніх учителів і викладачів фізики; бази для розроблення й упровадження МСН ММФ у педагогічних університетах.

2. На засадах системного підходу та методу педагогічного моделювання обґрунтовано структурно-функціональну модель процесу формування й розвитку МКФ за етапами розроблення й упровадження МС: *перший етап* передбачав вибір предмета та мети дослідження й обґрунтування теоретичних і методологічних основ формування й розвитку МКФ; *другий етап* – створення концепції розроблення й упровадження компетентнісно зорієнтованої МСН

ММФ, урахування педагогічних і організаційно-методичних умов для її функціонування; *третій етап* – проектування цільового, змістового, процесуального та результативного компонентів МС через діагностику, цілепокладання, планування, структурування, прогнозування; *четвертий етап* – розроблення критеріїв, показників і рівнів сформованості, розвитку МКФ. Схарактеризовано кожний із зазначених етапів.

З огляду на те, що стратегічною метою МСН ММФ є формування й розвиток МКФ, з-поміж функцій МС виокремлено такі: *методологічну* що дає змогу використовувати в змісті навчання ТФ категорійно-понятійного апарату та теоретичних основ математичної фізики, значущих для професійної діяльності майбутніх учителів і викладачів фізики; *професійно орієнтувальну*, що передбачає проникнення змісту навчання ММФ до структури практичного складника курсу теоретичної фізики; *інтегративну*, яка забезпечує формування системності знань з ММФ на основі глибокого розуміння сучасних проблем теоретичної фізики; *розвивальну*, що сприяє розвитку мислення, пізнавальної активності, самостійності та творчих здібностей студентів; *прогностичну*, яка зорієнтовує на формування МСН ММФ з визначенням перспектив їхнього подальшого розвитку.

3. Пропонована структурно-функціональна модель дозволила визначити та уточнити практичні кроки реалізації МСН ММФ, яка складається із шести блоків: блок *концептуальної основи* МС ою'єднує концептуальну ідею, теоретичний, методологічний та методичний концепти, що розкривають теоретичні, методологічні та методичні засади розроблення МСН ММФ; *цільовий, змістовий та процесуальний* блоки пояснюють сутність МСН ММФ, визначаючи особливості та відмінності її складників від інших МС; *результативний* блок містить апарат для визначення результативності її впровадження та демонструє результати моніторингу рівнів сформованості МКФ, аналіз отриманих результатів і можливості коригування МС для її поліпшення; блок *педагогічних та організаційно-методичних умов* визначає чинники, які найбільшою мірою впливають на результати впровадження

методичної системи.

Цільовий компонент МС представлено стратегічною метою, тактичними цілями та цільовими завданнями, виконання яких дає змогу одержати заплановані результати. Визначення *змістового компонента* МС здійснено з урахуванням компонентів змісту курсу ММФ і ТФ, окреслених ОПП, авторськими навчальними програмами для встановлення елементів знань і способів дій; переліку компетентностей, які слід сформувати відповідно до їхньої структури, з'ясованої за результатами аналізу відповідності між змістово-процесуальними основами навчання ММФ і ТФ та вимогами компетентнісної освіти. Особливість *процесуального компонента* розробленої МС полягає в підсиленні уваги до застосування продуктивних методів навчання (проблемного, евристичного, дослідницького), методу проектів, порівняльно-узгоджувального підходу для цілеспрямованого формування МКФ, засобів навчання, до яких належать навчально-методичний комплекс, засоби навчального фізичного експерименту, математичні інформаційні пакети для розв'язування завдань контекстного змісту. З-поміж форм організації навчальної діяльності студентів пріоритетними визначено індивідуальну й групову роботу, урізноманітнення форм самостійної роботи, змішане навчання, зокрема в модульному об'єктно зорієнтованому динамічному навчальному середовищі MOODLE, інформаційному гіпертекстовому вікі-середовищі.

Визначено доцільність упровадження МС на рівні модуля, розділу, теми, педагогічної ситуації з урахуванням сформульованих педагогічних та організаційно-методичних умов. Діагностика реального стану окреслених умов виявила їхню невідповідність вимогам компетентнісного навчання й зумовила потребу розроблення методичних матеріалів, які було використано на формувальному етапі педагогічного експерименту.

Пропоновані розробки опубліковано в працях [296; 302; 303; 304; 306; 317; 320; 321; 327; 328].

РОЗДІЛ 5
УПРОВАДЖЕННЯ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА
ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДИЧНОЇ СИСТЕМИ НАВЧАННЯ
МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ ФІЗИКИ У ПЕДАГОГІЧНИХ
УНІВЕРСИТЕТАХ

5.1. Проектування методичної системи навчання математичних методів фізики для дисципліни «Математичні методи фізики»

Дисципліна «Математичні методи фізики» є нормативною дисципліною, що визначено навчальними планами напряму 6.040203 Фізика* підготовки бакалаврів, належить циклу дисциплін професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики й вивчається в 2 семестрі 2 курсу. Опис предмета навчальної дисципліни представлено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Опис предмета дисципліни «Математичні методи фізики»

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів: відповідних ECTS – 4 (нац. кредитів – 2,7)	Галузь знань: 0402 фізико-математичні науки Напрямок підготовки 6.040203 Фізика*	Нормативна
Модулів – 1	Додаткова спеціальність: 6.040302 Інформатика*	Рік підготовки:
Змістових модулів – 2		2-й
Індивідуальне навчальне завдання з розв'язування задач		Семестр
Загальна кількість годин – 144		4-й
		Лекції: 34 год.
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 год.; самостійної роботи студента – 5 год.	Освітньо-кваліфікаційний рівень: <i>бакалавр</i>	Практичні, семінарські: 16 год.
		Самостійна робота: 84 год.
		Індивідуальні заняття: 10 год.
		Вид контролю: <i>екзамен</i>

5.1.1. Цільовий компонент методичної системи навчання ММФ.

Проектування цільового компонента МС здійснюємо відповідно до моделі цільового компонента МСН ММФ (див. п. 3.2, рис. 3.3):

Стратегічна мета МС – формування й розвиток МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики – визначає мету, цілі та завдання вивчення дисципліни «Математичні методи фізики» для *базового етапу* (див. п. 4.3) здійснення цього процесу.

Метою вивчення дисципліни є формування цілісної математичної бази для подальшого вивчення курсу теоретичної фізики, якісне обговорення проблем і завдань під час вивчення деяких математичних методів дослідження теоретичних моделей фізичних систем, фізичного явища або процесу у фізичній системі.

Формотворні стани структурно-функціональної моделі процесу формування й розвитку МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики (див. п. 4.2, рис. 4.1) дозволяють визначити та уточнити практичні кроки реалізації МСН ММФ (див. п. 4.3, рис. 4.6) формувального або розвивального типів. На *базовому етапі* впровадження МС доцільно реалізувати процес формування МКФ, який віддзеркалює основні завдання дисципліни «Математичні методи фізики» в структурі теоретичних курсів фізики.

Завдання дисципліни: розглянути низку математичних понять і методів, що покладених в основу математичної теорії поля, та основні методи визначення й розв'язування основних типів диференціальних рівнянь у часткових похідних фізичного змісту.

Водночас слід ураховувати, що компетентісно зорієнтована МСН ММФ для дисципліни «Математичні методи фізики» передбачає таку організацію навчального процесу, яка дозволить спрямувати цей процес не на формування в студентів окремих знань, умінь і навичок (ЗУНів), а на формування готовності й здатності майбутніх учителів і викладачів фізики здобути професійну компетентність, у структурі якої визначено математичну компетентність з фізики (див. п. 4.2, рис. 4.2), з урахуванням таких форм, методів і засобів навчальної діяльності, що сприятимуть ефективному розв'язуванню професійно

зорієнтованих завдань у теоретичних курсах фізики та професійній діяльності.

Вищесказане дає змогу сформулювати *етапні та локальні цілі* МС, які визначають цілеспрямованість навчального процесу на: 1) формування МКФ студентів у процесі навчання ММФ для дисципліни «Математичні методи фізики» на рівні математичних і прикладних теоретичних узагальнень, яке засвідчує готовність і здатність застосовувати ММФ у навчальній діяльності циклу дисциплін професійної підготовки майбутніх учителів фізики за освітньо-кваліфікаційним рівнем «бакалавр» та професійній діяльності; 2) урахування під час навчання ММФ міждисциплінарних зв'язків з такими дисциплінами: «Теоретична фізика» на 3–4 курсах (на рівні теоретичних узагальнень знань); «Загальна фізика» на 2–4 курсах (на рівні інтерпретації та узагальнення емпіричних фактів); «Методика навчання фізики основної школи» на 3–4 курсах (на рівні адаптації знань до шкільних умов).

Тактичну ціль визначено змістом навчальної програми дисципліни «Математичні методи фізики» (дод. И.1), вона передбачає формування готовності та здатності студентів застосовувати в подальшій навчальній і професійній діяльності методи математичного моделювання фізичних систем, явища або процесу у фізичній системі з погляду законів фізики в теоретичних схемах.

Проміжкові цілі навчання сформульовано за змістом кожної окремого розділу й темою навчальної програми дисципліни; їх класифікують відповідно до структури МКФ (див. п. 4.2, рис. 4.2).

Операційні цілі враховують умови, у яких відбувається навчальний процес, і перелік вимог до оцінювання прогнозованих результатів навчання.

Визначити тактичну ціль навчання дає змогу ОКХ бакалавра напряму 6.040203 Фізика* (* означає підготовку вчителя фізики) і ОПП дисципліни «Математичні методи фізики». Освітньо-кваліфікаційна характеристика окреслює вимоги до системи вмінь, пов'язаних із здатностями та вміннями використовувати математичні методи фізики під час розв'язання професійних задач та в повсякденній діяльності; освітньо-професійна програма визначає напрям формування змісту дисципліни через перелік змістовних модулів, тому

дозволяє конкретизувати цілі на тактичному рівні цілепокладання.

Цілепокладання в змісті дисципліни «Математичні методи фізики» враховує аналіз системи вимог щодо формування основних умінь, визначених ОКХ (див. п. 1.1), які дають змогу в контексті навчання ММФ умовно розділити їх на предметні й міждисциплінарні математичні компетенції з фізики, що віддзеркалено структурою змістових модулів дисципліни «Математичні методи фізики», з-поміж яких виокремлено: Предмет математичної фізики; Скалярні поля і моделі фізичних систем, приклади фізичних задач; Векторні поля, приклади фізичних задач; Тензори та їх властивості; Ортогональні вектори і тензори в тривимірному і багатовимірному евклідових просторах; Дивергенція векторного поля, приклади фізичних задач; Ротор векторного поля, приклади фізичних задач; Криволінійні координати; Диференціальні операції другого порядку; Оператори квантової фізики Класифікація лінійних рівнянь, приклади фізичних задач, що приводять до лінійних рівнянь; Класифікація лінійних рівнянь та зведення їх до канонічного вигляду; Рівняння гіперболічного типу, метод д'Аламбера, метод відокремлення змінних, інтегральні формули; Функція Гріна, рівняння еліптичного типу; Застосування теорії груп у фізиці, гармонійні коливання молекул, правила відбору операторів квантової механіки.

Аналіз змістових модулів дисципліни «Теоретична фізика» дозволив врахувати інтегративні чинники міждисциплінарної взаємодії курсів ММФ і ТФ (див. дод. Ж).

Вимоги до системи вмінь, які визначають формування здатностей у змісті дисципліни «Математичні методи фізики», умінь і здатностей, які стосуються використання ММФ під час розв'язування задач і завдань курсу ТФ, дають змогу схарактеризувати предметний і міждисциплінарні складники МКФ.

До *міждисциплінарних* МКФ у змісті курсу ММФ належать ті особистісні якості студентів, які характеризують їхню готовність і здатність до подальшого навчання на рівні підготовки бакалаврів у курсах: теоретичної фізики та на старших курсах на рівні підготовки спеціалістів (вибрані питання теоретичної

фізики) і магістрів (фізика твердого тіла).

Предметну МКФ визначає зміст дисципліни «Математичні методи фізики» за структурою відповідних компетенцій (дод. И.2). Визначений у додатку перелік математичних компетенцій з фізики віддзеркалює вимоги навчальної програми дисципліни «Математичні методи фізики» щодо знань, розумінь, умінь і навичок, які формуються її змістом відповідно до структури МКФ (див. п. 4.2, рис. 4.2), як готовність і здатність студентів застосовувати ММФ у подальшій навчальній діяльності з ТФ і професійній діяльності. Усі згадані складники МКФ невіддільно взаєпов'язані й утворюють складну структуру, яка формує особистісні якості майбутнього вчителя фізики за рівнями, визначеними концептуальними основами фундаменталізації змісту навчання ММФ (див. п.2, табл. 2.2).

Результатом навчання студентів має стати сформована в діяльності МКФ; окремі «компетентності» – це оцінювальні характеристики особистісних якостей студента в термінах оцінювання результатів навчання, сформованих у змісті та структурі дисципліни «Математичні методи фізики» (дод. И.3, табл. И.3.1). У таблиці И.3.2 представлено етапи формування структурних компонентів МКФ під час вивчення тем у відповідних змістових модулях курсу. Аналіз таблиці засвідчує, що в навчальній діяльності студентів під час вивчення дисципліни «Математичні методи фізики» не передбачено лабораторний фізичний практикум. Водночас з позицій професійної спрямованості навчання ММФ майбутніх учителів фізики можливість залучати навчальні фізичні лабораторії для виконання студентами індивідуальних навчально-практичних і навчально-дослідницьких завдань професійно зорієнтованого змісту є доцільною формою організації навчально-пізнавальної діяльності з фізики (див. п. 2.4). Найбільш динамічним є особистісний компонент МКФ, оскільки його складники, з-поміж яких виокремлено мотиваційний, ціннісно-рефлексивний, емоційно-вольовий, є найбільш універсальними ключовими компетентностями фахівця, що в змісті навчальної дисципліни сприяють формуванню інтегрованої особистісної якості – МКФ – у структурі професійної компетентності вчителя фізики. Характеристики когнітивного, діяльнісного і особистісних складників

(мотиваційного, ціннісно-рефлексивного, емоційно-вольового) МКФ представлено в п. 4.2.

5.1.2. Змістовий компонент методичної системи навчання ММФ.

Проектування змісту (табл. 5.2) здійснено відповідно до концептуальних засад (див. п. 2.1, табл. 2.1) з урахуванням дидактичних умов розроблення й упровадження МСН ММФ та вимог до цього процесу (див. п. 4.1) у змісті навчальної програми дисципліни «Математичні методи фізики» (див. дод. И.1).

Таблиця 5.2

Структура змісту навчальної дисципліни «Математичні методи фізики»

№ з/п	Зміст
Змістовний модуль I. Математична теорія поля	
1.	Предмет математичної фізики. Основне завдання математичної фізики. Способи вивчення математичних полів: математична теорія поля та теорія диференціальних рівнянь у часткових похідних
2.	Скалярне поле і моделі фізичних систем. Скалярне поле. Похідна скалярного поля за напрямом. Лінії рівня. Градієнт скалярного поля. Векторне поле градієнта. Моделі фізичних систем
3.	Векторні поля. Аналітичне означення вектора. Векторні поля та їх диференціальна характеристика. Приклади фізичних задач: Знаходження густини середовища. Стаціонарне поле швидкостей
4.	Тензори та їх властивості. Тензорна алгебра ортогональних афінних векторів II рангу: найбільш прості типи тензорів (нульовий, одиничний, симетричний, антисиметричний тензори, діада); сума двох тензорів; добуток тензора на число; лінійна комбінація двох тензорів; скалярний добуток тензора на вектор справа; скалярний добуток тензора на вектор зліва; скалярний добуток двох тензорів. Головні напрями тензора. Інваріанти
5.	Ортогональні вектори і тензори в тривимірному і багатовимірному евклідових просторах. Вектори і тензори в n-вимірному просторі. Тензор деформації. Тензор напруг. Тензор інерції
6.	Дивергенція векторного поля. Векторне поле. Потік вектора. Дивергенція векторного поля (інваріантне та аналітичне означення). Оператор набла. Фізичний зміст дивергенції векторного поля. Приклади розрахунку дивергенції плоских векторних полів
7.	Ротор векторного поля. Циркуляція векторного поля по замкненому контуру. Вихор вектора навколо певного напрямку в даній точці. Ротор векторного поля (інваріантне та аналітичне означення). Ротор вектора в декартових координатах. Теорема Стокса про циркуляцію змінного вектора по замкненому контуру

№ з/п	Зміст
8.	Криволінійні координати. Приклади криволінійних систем координат: циліндрична, сферична. Коефіцієнти Ламе. Значення коефіцієнтів Ламе в Декартові, циліндричній та сферичній системі координат. Основні диференціальні операції в криволінійних координатах: градієнт, дивергенція, ротор
9.	Диференціальні операції другого порядку. Оператор Гамільтона, оператор Лапласа. Диференціальні операції другого порядку. Формули Гріна
10.	Оператори квантової фізики. Оператори і дії над ними. Лінійні оператори. Самоспряжені оператори. Комутуючі оператори. Умови можливості одночасного вимірювання різних квантово-механічних величин. Повний набір спостережуваних. Основні оператори квантової механіки в координатному зображенні
Змістовний модуль II. Рівняння математичної фізики.	
11.	Класифікація лінійних рівнянь. Класифікація лінійних рівнянь у часткових похідних II порядку та їх зведення до канонічного вигляду. Канонічні форми лінійних рівнянь зі сталими коефіцієнтами. Фізичні задачі, які приводять до рівнянь в частинних похідних. Приклади фізичних задач, що приводять до лінійних рівнянь. Класифікація рівнянь другого порядку з багатьма незалежними змінними. Поняття про нелінійні рівняння математичної фізики. Поняття про інтегральні рівняння у фізиці
12.	Рівняння гіперболічного типу. Найпростіші задачі, що приводять до рівнянь гіперболічного типу. Поперечні коливання струни. Хвильове рівняння. Коливання струни нескінченної довжини. Метод д'Аламбера. Окремий випадок задачі Коші. Коливання струни скінченної довжини. Метод Фур'є (метод відокремлення змінних). Стоячі хвилі. Плоскі і сферичні хвилі
13.	Рівняння параболічного типу. Рівняння теплопровідності. Метод відокремлення змінних для рівнянь параболічного типу. Функція джерела. Рівняння теплопровідності для довгого тонкого стержня, загальний розв'язок
14.	Рівняння еліптичного типу. Задачі, що приводять до рівняння Лапласа. Рівняння Лапласа в криволінійній системі координат. Рівняння Лапласа в сферичних та циліндричних координатах. Відтворювальна функція і поліноми Лежандра. Формула Родріга. Рекурентні співвідношення. Рівняння Лежандра. Розв'язування рівняння Лежандра. Сферичні і кульові функції. Поліноми Лагерра. Метод функцій Гріна. Рівняння Пуассона для електростатичного потенціалу та його загальний розв'язок. Задача про одновимірний гармонійний осцилятор
15.	Застосування теорії груп у фізиці. Поняття теорії груп. Гармонічні коливання молекул. Правила відбору операторів квантової механіки

Віддзеркалення змісту навчання в лекційному курсі дисципліни та практикумі розв'язування задач за програмою практичних занять забезпечено в розробленому нами навчальному посібнику «Математичні методи фізики» (гриф МОНмолодьспорту, лист № 1/11-3130 від 06.03.2012) [309].

5.1.3. Процесуальний компонент методичної системи навчання ММФ.

Проектування процесуального компонента МС відповідає на питання, як навчати ММФ і здійснювати ПП підготовку майбутніх учителів фізики в змісті цієї дисципліни. Цей компонент ґрунтується на цільовому й змістовому компонентах МС, тому має підпорядковану їм процесуальну частину, яка враховує організацію навчально-виховного процесу у відповідному ВНЗ; умови організації навчально-пізнавального процесу з фізики на відповідному факультеті (в інституті) та передбачає визначення форм, методів та засобів організації навчальної діяльності, які забезпечують реалізацію змісту навчання відповідної навчальної дисципліни; методи та форми роботи викладача для формування МКФ; діяльність викладача щодо керівництва й управління процесом засвоєння навчального матеріалу, контролю за самостійною роботою та іншими видами діяльності; методи діагностики результативності навчального процесу.

Основними формами організації навчального процесу для засвоєння курсу ММФ в умовах ECTS є: лекційні та практичні заняття, індивідуальні заняття (консультації), різні види самостійної роботи. Організація самостійної роботи потребує значної уваги, оскільки більше половини навчального навантаження (58,3% згідно з табл. 5.1) відведено саме на самостійну роботу.

Кредитно-модульна система організації навчального процесу передбачає формування *залікових кредитів* (одиниць вимірювання навчального навантаження, потрібного для засвоєння змістових модулів або блоку змістових модулів); *модуля* (задокументованої завершеної частини навчальної дисципліни); *змістовних модулів* (системи навчальних елементів, поєднаних за ознакою відповідності певному навчальному плану). Відповідно до зазначених норм представлено предмет (див. табл. 5.1) і структуру (дод. И.3, табл. И.3.1) дисципліни «Математичні методи фізики».

Навчальна дисципліна «Математичні методи фізики» складається з одного залікового модуля (4 залікових кредити). Форми аудиторної роботи (лекції, практичні заняття, самостійна робота) визначено навчальним планом напряму 6.040203 Фізика* підготовки вчителів фізики.

Модуль розглядається як логічно завершена частина курсу ММФ у термінах підсумкового семестрового оцінювання (екзамену). Зміст модуля віддзеркалено системою двох змістовних модулів (див. табл. 5.2), кожен з яких завершується підсумковим оцінюванням: колоквіумами (№№ 1–2), контрольною роботою (№1), тематичними атестаціями (№№ 1–2), захистом різних видів самостійної роботи з розв'язування домашніх та індивідуальних задач (репродуктивного типу діяльності), індивідуальних навчально-практичних та навчально-дослідницьких завдань (евристичний та частково-пошуковий типи діяльності) у формі написання рефератів або частки навчального проекту.

Основою для формування модулів є навчальна програма курсу (див. дод. И.1).

Форми організації навчального процесу. Теми лекцій та практичних занять, розподіл годин представлено в додатку И.3 (табл. И.3.1).

Зміст **практичних занять** спроектовано згідно із зазначеними темами й забезпечено посібником, у якому подано перелік і зміст важливих для розв'язування задач: аудиторних (групова форма роботи) і домашніх (індивідуальна форма роботи) [309]. Кожне практичне заняття починається з актуалізації опорних знань, формування яких забезпечують запитання для самоконтролю в змісті запланованих видів практичної роботи (дод. И.4).

Важливою формою організації навчальної діяльності студентів з дисципліни «Математичні методи фізики» є **самостійна робота**, що потребує розв'язання проблеми формування в студентів *готовності* й *здатності* до подолання труднощів під час виконання такої діяльності, відчуття радості від власної інтелектуальної праці, позитивного емоційного настрою, пов'язаного з успішністю діяльності навичок самостійної роботи, мотиваційної організації пізнавальної діяльності, вміння здійснювати пошук у різних типах джерел

даних, об'єктивно оцінювати свої можливості та інші компетенції.

Особливістю процесу формування МКФ й оцінювання його результатів в умовах ECTS та модульної організації навчання є в його переорієнтованість з лекційно-інформативної на індивідуально-диференційовану форму, у якій вагоме місце посідає самостійна робота студента [282].

Основне завдання організації самостійної роботи студентів під час вивчення курсу ММФ полягає в тому, щоб навчити їх творчо і самостійно працювати; планувати особисту стратегію навчання; раціонально організовувати час; працювати з комп'ютером; працювати зі стандартною довідковою фізико-математичною літературою; опрацьовувати літературні джерела на різних носіях; виконувати дослідницьку роботу, аналізувати й інтерпретувати результати наукових досліджень тощо, тобто викладач не повинен бути єдиним джерелом знань. Важливо навчити студента самостійно знаходити й опрацьовувати потрібні відомості в бібліотеках, на форумах, у спеціалізованих Інтернет-виданнях. Майбутні вчителі фізики мають змогу планувати й виконувати самостійну роботу з удосконалення власного досвіду; її частка підвищується від першого до старших курсів. Здібності студентів до самостійної роботи й можливості її виконання різні, але загальні вимоги до організації такої роботи однакові для всіх. З-поміж таких вимог виокремлено: регулярність і систематичність, визначення головного в будь-якому матеріалі, його розуміння, а не заучування; завзятість і сталість вольових зусиль.

Зміст самостійної роботи студентів для дисципліни «Математичні методи фізики» представлено в додатку И.5 (табл. И.5.1).

Програма дисципліни передбачає виконання **індивідуальних завдань** двох типів: репродуктивного і частково-пошукового. *Індивідуальні завдання репродуктивного типу* з курсу ММФ мають на меті сформувати готовність і здатність студента самостійно розв'язувати різноманітні задачі, аналогічні до розглянутих на практичних заняттях. Передбачається, що зміст таких задач є контекстно (*теоретично*) спрямованим, наповненим фізичним змістом (на *прикладному* рівні реалізації).

При цьому студентам слід розширити своє бачення запропонованої задачі та застосувати вміння пов'язувати її із законами фізики та з іншими суміжними

задачами. У методичних рекомендаціях для студентів щодо розв'язування задач такого типу пропонується рішуче відкинути пошуки «потрібної формули» на основі здогадів, з'ясування, для чого задано ту або ту величину.

Розв'язування контекстно спрямованих задач фізичного змісту здебільшого передбачає три етапи: 1) аналіз фізичної проблеми або опису фізичної ситуації; 2) пошук математичної моделі розв'язання; 3) розв'язання та аналіз одержаних результатів.

На першому етапі рекомендовано побудувати ідеалізовану теоретичну модель фізичної задачі, подану її умовою: аналіз умови задачі, визначення відомих параметрів і величин та пошук невідомого; конкретизація моделі графічними формами (малюнками, схемами, графіками тощо); скорочений запис умови задачі, що відтворює модель у систематизованому вигляді.

На математичному етапі розв'язування фізичних задач потрібно здійснити пошук зв'язків і співвідношень між відомими величинами і невідомим: вибудувати математичну модель фізичної задачі, зробити запис загальних рівнянь, що відповідають фізичній моделі задачі; урахувати конкретні умови фізичної ситуації, що описується в задачі, знайти додаткові параметри (початкові умови, фізичні константи тощо); отримати загальні рівняння до конкретних умов, відтворених в умові задачі, записати співвідношення між невідомим і відомими величинами у формі часткового рівняння.

На третьому етапі виконуються такі дії: аналітичне, графічне або чисельне розв'язання рівняння відносно невідомого; аналіз одержаного результату щодо його вірогідності й реальності, запис відповіді; узагальнення способів діяльності, властивих цьому типу фізичних задач, пошук інших шляхів розв'язання.

Перелік індивідуальних завдань репродуктивного типу подано в додатку И.5 (табл. И.5.2), методику їх розв'язання викладено в посібнику [309].

Індивідуальні завдання частково-пошукового (евристичного) типу з курсу ММФ передбачають формування МКФ з позицій структури когнітивного та діяльнісного її компонентів під час організації продуктивної діяльності в контексті *прикладного* спрямування навчання ММФ (див. п. 3.4), а також *інформаційно-комунікаційного* для формування міждисциплінарних МКФ. Цей тип завдань передбачає застосування засобів ІКТ: готових програмних

педагогічних засобів, інформаційних математичних пакетів, мультимедійних засобів та ін.

Частково-пошукові навчальні завдання передбачають розв'язування завдань з використанням заданого алгоритму, який потрібно певною мірою модифікувати у взаємопов'язаних задачах з поступовим ускладненням умови. Складність завдань від модуля до модуля поступово зростає. У процесі виконання індивідуальних завдань у студентів формуються навички самостійної роботи й потреба пошуку додаткового матеріалу, зокрема в мережі Інтернет на спеціалізованих сайтах. Така діяльність спрямовує на пошук окремого способу виконання завдання.

Завдання дослідницького типу є професійно зорієнтованим. Виконання дослідницьких завдань забезпечує достатній рівень сформованості МКФ студентів. До такого типу завдань відібрано нестандартні вправи, алгоритм розв'язання яких неможливо описати без детального аналізу умови й використання додаткових джерел даних [294; 297; 312; 321; 326; 332; 333].

Завдання предметно-інформаційного контексту становлять окрему групу, яка передбачає формування *вміння* застосовувати методи побудови дискретних аналогів диференціальних задач і алгоритмів їх розв'язування на рівні формування діяльнісного компонента предметних МКФ із залученням ліцензійних або загальнодоступних комп'ютерних програмних засобів у межах предметного змісту курсу ММФ [227].

Перелік індивідуальних завдань частково-пошукового і дослідницького типу подано в додатку И.5 (табл. И.5.3). Виконання цих завдань забезпечується різними джерелами інформації: навчально-методичними розробками різних авторів, авторськими науково-методичними публікаціями, рекомендованими розробником робочої навчальної програми дисципліни «Математичні методи фізики».

Важливою умовою успішного виконання індивідуальних завдань предметно-інформаційного контексту є сформований рівень інформаційно-комунікаційної компетентності студентів, їхнє прагнення розв'язувати завдання частково-пошукового та дослідницького типу. Окрім того, слід урахувати особливості роботи з комп'ютерною програмою, а саме: скорочення часу вироблення технічних навичок студентів; збільшення кількості тренувальних

вправ; досягнення оптимального темпу роботи студента; застосування в навчальній діяльності моделювання різноманітних фізичних процесів і явищ; забезпечення навчальним матеріалом за допомогою мережевих технологій; перетворення студента на суб'єкт навчання. Незважаючи на сказане, такий вид діяльності має недоліки, якщо обмежувати контроль знань лише тестами або програмованим опитуванням; не підтримувати емоційного діалогу; не дотримуватися культури спілкування тощо.

Важливими в процесі навчання ММФ є *консультації*, які викладач проводить згідно з установленим графіком. Їх доцільно організовувати в формі активної бесіди, під час якої викладач і студент працюють на паритетних засадах. Студент повинен чітко сформулювати питання з тих розділів теми, які йому незрозумілі. Викладач повинен ґрунтовно відповісти на поставлені питання або порадити студентові опрацювати відповідну літературу й сформулювати конкретні завдання, які потрібно виконати до наступної консультації. Студентам, які мають низький рівень підготовки, рекомендується скласти графік індивідуальних занять.

Методи навчання. Під методами навчання ММФ ми розуміємо впорядковані способи взаємопов'язаної діяльності викладача і студента, спрямовані на досягнення мети дисципліни «Математичні методи фізики».

Методи навчання відрізняються один від одного основоположними критеріями. За способом подання навчального матеріалу розмежовано такі методи навчання: вербальні, наочні та практичні. Зокрема, у процесі навчання ММФ передбачено використання вербальних (лекції) та практичних (розв'язування задач, виконання індивідуальних завдань, проектів) методів, що дає змогу студентам не лише отримувати нові знання та набувати практичних навичок, але й формувати ключові компетентності фахівця, також ті, які віддзеркалено в структурі особистісного компонента МКФ. Викладач виступає інструктором, наголошує на завданнях роботи, скеровує та певною мірою контролює хід її виконання, а діяльність студентів є переважно практичною, у ній суттєвим є мисленнєвий процес, який дає змогу знаходити потрібні дані та алгоритми розв'язування навчальних задач і завдань.

До основних видів дидактичних задач, які рекомендовано розв'язувати під час заняття, належать методи здобуття нових знань, формування навичок,

застосування здобутих знань на практиці, методи творчої діяльності та методи оцінювання знань, умінь і навичок.

Усі вищезгадані методи можна застосовувати під час навчання ММФ.

Методика навчальної діяльності є поступовим інтеграційним процесом. Інтеграція як покрокове наближення до певної мети дає змогу застосувати цей метод на лекціях і під час виконання практичних завдань з курсу ММФ. Специфіка завдань на практичних заняттях повинна відповідати інтеграційному процесу, який цілеспрямовано формує в студентів основні когнітивно-діяльнісні складники МКФ з ключових тем курсу на прикладі розв'язування типових задач з позицій *задачного підходу* до навчання ММФ. Окрім вивчення теоретичного матеріалу, студент повинен виробити практичні вміння під час виконання практичних завдань. Наприклад, розв'язування завдань міждисциплінарного змісту передбачає побудову математичної моделі фізичної системи, явища або процесу у фізичній системі, вибір адекватного фізичного закону, який дає змогу об'єктивно описати математичну модель об'єкта дослідження з урахуванням теоретичної схеми, у межах якої доцільно добирати математичні методи для аналізу утворених при цьому математичних задач; урахування умов перебігу процесу; критеріїв виродження та ін.

Задачний підхід – метод організації викладачем процесу засвоєння знань шляхом структурування навчального матеріалу у вигляді послідовності задач, що мають певний логічний взаємозв'язок. Студент, виконуючи задачі в пропонованій послідовності, стає активним учасником процесу самостійного оволодіння знаннями, під час якого формують рефлексивно-ціннісні складники МКФ.

Для реалізації задачного підходу до формування МКФ нами розроблено практикум розв'язування задач для кожної із тем курсу ММФ. Практикум містить короткий теоретичний інформаційний складник, приклади розв'язування типових задач курсу, а також перелік задач для самостійного розв'язування, довідникову інформацію, необхідну для розв'язування запропонованих задач [309].

У переліку запропоновано різні типи задач, від найпростіших до дослідницьких підвищеної складності. Задачі з курсу ММФ можна систематизувати за рівнями складності на такі, які потребують: лише

відтворення відомих базових кроків; унесення незначних змін до базових кроків та виконання для цього нескладних розумових операцій; унесення вагомих змін до базових кроків та виконання для цього більш складних розумових операцій, що передбачають аналіз ситуації; логічно обґрунтованого об'єднання різних базових кроків, синтезу відомих методів розв'язування типових задач та складних розумових операцій; а також задачі, у формулюванні умови яких відтворено реальні ситуації, що потребують розв'язання (дослідницькі задачі підвищеної складності, які можна виконувати в формі проекту). Останній тип належить до компетентісно зорієнтованих завдань.

Засоби навчання: інформаційні: підручники та посібники з математичної фізики, Інтернет; предметно-практичні: посібник з ММФ, збірники задач та практикуми з розв'язування задач і завдань [309]; методичні: навчально-методичний комплекс дисципліни «Математичні методи фізики», у якому викладено навчальну програму (див. дод. И.1), робочу навчальну програму, комплекс засобів діагностики і контролю навчальних досягнень студентів (тексти контрольних робіт, тематичних модульних контрольних робіт, тестових завдань, колоквиумів, екзаменаційних матеріалів); типове обладнання лабораторій механіки, молекулярної фізики, електродинаміки; наочні засоби навчання: комп'ютерна й мультимедійна техніка; інформаційні математичні пакети та ін.

Процесуальний компонент МС передбачає управління пізнавальною діяльністю студентів завдяки методичним указівкам на основі цілеспрямованих дій. Схему управління пізнавальною діяльністю студентів, яке реалізують викладачі курсу ММФ, представлено в п. 4.3 (рис. 4.7).

Форми організації навчальної діяльності студентів підібрано так, що навчання студентів спрямовано на усвідомлене і самостійне досягнення цілей. Викладач, відповідно до методів та засобів організації навчальної діяльності студентів, виконує функції керівника процесу навчання. Підвищення ефективності навчання в курсі ММФ, можна досягнути за умов комплексної організації цього процесу під час передачі студентам установлених галузевих знань, формування відповідних навичок та вмінь, розвитку творчого потенціалу

особистості, а також формування системного мислення.

Ефективність навчальної діяльності забезпечує викладач у процесі здійснення цілеспрямованих дій, які охоплюють ті види конкретних робіт, визначених структурою навчального плану напряму (спеціальності) підготовки фахівця. Видами навчально-педагогічної діяльності є: читання лекцій, проведення практичних занять, проведення поточних чи екзаменаційних консультацій з курсу ММФ; прийом екзамену; керівництво та консультації, рецензування й організація захисту індивідуальних завдань та проектів; керівництво науково-дослідницькою роботою студентів.

Навчально-методичну діяльність викладача пов'язано з розробленням методичного забезпечення до навчальної дисципліни, підвищенням професійності викладача в процесі самоосвіти. Видами навчально-педагогічної діяльності під час викладання курсу ММФ є підготовка до лекцій, практичних занять; розроблення, написання, підготовка до видання конспекту лекцій; розроблення електронного курсу лекцій, збірників вправ та задач, та інших навчально-методичних матеріалів.

5.1.4. Результативний компонент методичної системи навчання ММФ.

Для перевірки ефективності розроблення й упровадження МСН ММФ важливим виявилось потребу розроблення критеріально-рівневого апарату дослідження. Модульне навчання невіддільно пов'язано з рейтинговою системою оцінювання й контролю (див. дод. И.6, табл. И.6.1), тому кожний вид навчальної діяльності студента в межах змістовного модуля заплановано оцінювати (визначати рейтинг). Пропонована МСН ММФ для дисципліни «Математичні методи фізики» компетентісно зорієнтовано й оцінювання результатів навчання студентів з позицій рівнів сформованості МКФ з урахуванням комплексу відповідних критеріїв і показників.

Під час добору критеріїв оцінювання сформованості МКФ ми враховували таке: *по-перше*, процес формування досліджуваної компетентності здійснюється у взаємозв'язку, цілісності і взаємовпливі особистості

майбутнього учителя фізики, навчальної діяльності, сформованих педагогічних умов, життєвих подій і ситуацій навчальної комунікації; *по-друге*, важливою є сутнісна характеристика й прогностична модель системи математичних компетенцій з фізики; *по-третьє*, слід урахувувати роль і місце зазначених компетенцій у структурі навчальної діяльності; *по-четверте*, аналіз критеріїв повинен виявляти ступінь сформованості того або того складника МКФ.

У педагогічній практиці різні характеристики якості знань, з-поміж яких: повнота, глибина, гнучкість, оперативність та ін. (див. п. 2.4., табл. 2.5), зазвичай вимірюють тестами, використовуючи коефіцієнт засвоєння, коефіцієнт усвідомленості (за В. П. Беспальком [31, с. 5]) та коефіцієнт автоматизації. Слід також урахувувати, що якість знань передбачає співвідношення різних видів знань (закони, теорії, прикладні, методологічні, оцінювальні знання) з елементами змісту освіти й з рівнями їх засвоєння (за С. У. Гончаренко [100, с. 373]), а «весь процес навчання можна уявити як сходження від знань-ознайомлень до знань-трансформації» [32, с. 47], або «від рівня впізнавання до творчого рівня» [82, с. 111]. Водночас, як стверджує І. Я. Лернер [215, с. 9], для педагогіки знання на першому рівні засвоєння можна визначити як свідомо сприйняту й зафіксовану інформацію про ті чи ті об'єкти дійсності.

Аналіз вищезгаданих педагогічних досліджень та власний досвід педагогічної діяльності дають змогу визначити критерії сформованості МКФ майбутніх учителів фізики. Згідно із структури МКФ обрано пізнавальний, операційний та мотиваційний критерії, які відповідно співвідносяться з компонентами МКФ – когнітивним, діяльнісним, особистісним.

Послідовність розміщення критеріїв не має принципового значення, оскільки процес формування МКФ є замкненим циклом без чітко вираженого початку й кінця, тому застосування відповідних педагогічних методів узгоджується з кінцевими або проміжними його результатами. З огляду на це процес формування МКФ має змогу постійно коригуватися з урахуванням інформації про її структурні складники.

Запропоновані критерії відповідають такому вияву багатокритеріального підходу, коли процес оцінюють поетапно в динаміці, до того ж на кожному етапі вводять самостійний критерій або його показник. До кожного критерію дібрано такі показники, які можна легко й швидко зареєструвати. Для реєстрації виявлених показників у процесі дослідження потрібно було передбачити спеціальні заходи, щоб спостерігати за їхніми змінами й уточнювати зміст окремих показників.

Пізнавальний критерій сформованості МКФ характеризується такими *показниками*: наявність фундаментальних знань з математичної теорії поля, теорії диференціальних рівнянь у частинних похідних, елементів теорії операторів квантової механіки, елементів теорії груп за програмою курсу ММФ, математичних понять, способів використання математичних методів до аналізу теоретичних моделей фізики; мобільність (постійне оновлення знань); здатність до логічних висновків; аналіз, генерування й використання нової математичної інформації в прикладному змісті теоретичної фізики.

Показниками операційного критерію є: здатність застосовувати здобуті інтегровані фізико-математичні знання, уміння, досвід для розв'язання навчальних задач з фізики; уміння складати стандартні математичні моделі фізичних систем, процесів і явищ у фізичній системі з позицій фундаментальних законів і принципів фізики, інтерпретувати їх; уміння оптимально вибирати для розв'язання навчальних завдань методи математичного моделювання завдяки умінню досліджувати коректність математичних задач; оптимізація навчальної діяльності з урахуванням здатності бачити цілісність поставленої навчальної задачі для знаходження раціонального методу її розв'язування; готовність і здатність до творчої розумової активності, яка зумовлює розвиток теоретичного й критичного мислення в навчальній діяльності.

Показниками мотиваційного критерію є: позитивне мотиваційно-ціннісне ставлення до застосування ММФ у навчальній діяльності; прагнення до професійного саморозвитку та самовдосконалення в аспекті фізико-математичної підготовки й удосконалення майбутньої педагогічної діяльності засобами ММФ;

мотивація й інтерес до засвоєння нових фізико-математичних знань.

За критеріями та показниками складників МКФ слід визначити рівні їхньої сформованості та методики вияву в умовах педагогічного експерименту (див. п.5.3).

Рівні сформованості зазначених критеріїв – це шкала вимірювання, ступінь якості або здатності студента з позицій критеріїв та показників, які дають змогу комплексно оцінити результат навчання та мають відповідне теоретичне й практичне обґрунтування сформованості МКФ.

Вибір рівнів і їхня кількість можуть бути довільними. Ми визначили чотири рівні сформованості МКФ: а) *низький* (рецептивно-продуктивний); б) *середній* (репродуктивний); в) *достатній* (конструктивний); г) *високий* (творчий) (за А. М. Гуржій [110, с. 11]).

Характеристики вищезазначених рівнів сформованості представлено в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3

Характеристика рівнів сформованості в студентів математичної компетентності з фізики

Рівень	Характеристика
<i>Високий (творчий)</i>	<p>Характерний для студентів, у яких сформовано високі рівні якості знань та мислення:</p> <ul style="list-style-type: none"> – гнучкість і варіативність теоретичного мислення; – здатність ґрунтовно оцінювати математичний об'єкт з різних боків, з позицій різних фізичних дисциплін, виявляти причинно-наслідкові зв'язки та на їхній основі виробляти способи розв'язання професійних завдань; – спостерігається глибоке розуміння математичного підґрунтя досліджуваних фізичних явищ і процесів; – інтегровані фізико-математичні вміння є багатофункціональними, навички характеризуються високим ступенем автоматизованості; – спостерігається творчий характер вияву вмінь; застосування МКФ у навчальній діяльності має креативний, інтегративний, продуктивний характер; – чітко виражено високу вмотивованість, яка виявляється в потребі постійного поглибленого вдосконалення фізико-математичної підготовки; – виявляється високий рівень сформованості системи потреб, цінностей; – виявляється високий рівень сформованості рефлексивних умінь

Рівень	Характеристика
<i>Достатній (конструктивний)</i>	<p>Характерний для студентів, які виявили позитивний інтерес до навчальної діяльності з курсу, процесу фахової підготовки, намагаються застосовувати різноманітні засоби для підвищення рівня знань, умінь і навичок з ММФ:</p> <ul style="list-style-type: none"> – мають сформовану мотивацію до постійного підвищення самоосвіти; – мають добру сприйнятливості навчального матеріалу, пізнавальну активність, стійкі знання, навички та знання з розв’язання складних математичних моделей фізичних систем та диференціальних рівнянь; – володіють поняттями, які стосуються математичного моделювання фізичних явищ і процесів; – самостійно застосовують набуті знання, уміння та навички в стандартних ситуаціях; – володіють різними операціями аналізу, синтезу, узагальнення, абстрагування та прогнозування результатів математичного моделювання фізичних систем, явищ і процесів у фізичних системах з точки зору фундаментальних законів фізики; – самі обирають оптимальні шляхи досягнення поставлених цілей в заданих ситуаціях, виявляючи винахідливість та творчий підхід у досягненні поставленої мети; – відповіді на запитання є повними, правильними, логічними, обґрунтованими, але без елементів власних суджень
<i>Середній (репродуктивний)</i>	<ul style="list-style-type: none"> – знання різнобічні, проте недостатньо інтегровані; студент відтворює основний навчальний матеріал на репродуктивному рівні, здатний розв’язувати задачі за зразком, потребує деякої сторонньої допомоги; спостерігається логічність, проте непослідовність у доведенні; – уміння та навички застосовувати методи математичного моделювання для розв’язування типових задач курсу достатньо автоматизовані; студент здатний до застосування вмінь і навичок методів математичного моделювання в процесі вивчення теоретичної фізики; знає прийоми роботи з ММФ для розв’язання стандартних задач курсу; – початковим є рівень застосування інформаційно-комунікаційних технологій та практичного застосування стандартних математичних пакетів для розв’язування диференціальних рівнянь курсу; – переважають прагматичні, ситуативні мотиви щодо навчальної діяльності з курсу; задовільний ступінь рефлексії й інтересу до самостійного застосування ММФ у навчальній діяльності; – задовільний рівень мотивації до саморозвитку, до здобуття нових навичок і знань стосовно ММФ
<i>Низький</i>	<ul style="list-style-type: none"> – наявність мінімуму знань методів математичного моделювання, потрібних для розв’язання простих, стандартних задач курсу за зразком; знання рецептивно-продуктивні, мають поверховий характер; відповіді студента є елементарними, фрагментарними, характеризують початкові уявлення про предмет вивчення;

Продовження табл. 5.3

Рівень	Характеристика
Низький (рецептивно-продуктивний)	<ul style="list-style-type: none"> – навички застосування методів математичного моделювання фізичних процесів і явищ недостатньо розвинуто й автоматизовано; слабо виражена готовність до використання ММФ під час розв'язання навчальних завдань; викликає труднощі математичний аналіз фізичних задач щодо застосування ММФ; нечітко володіння основними поняттями і принципами математичного моделювання, не засвоєно загальні принципи розв'язання задач синтезу (математичного проектування), пов'язані зі складанням диференціальних рівнянь моделі динамічної фізичної системи; – спостерігається неповне розуміння значення вироблених умінь математичного моделювання фізичних систем, явищ або процесів у фізичній системі для підвищення рівня надпредметної математичної компетентності з фізики; низький рівень мотивації до вдосконалення фізико-математичної підготовки

Критерії оцінювання окремих видів навчальної діяльності студентів з курсу ММФ представлено в додатку И.6.

Упровадження й перевірку ефективності МСН ММФ здійснено на засадах педагогічного експерименту (див. п. 5.3).

5.2. Формування математичної компетентності з фізики під час вивчення вибраних питань теоретичної фізики

5.2.1. Вивчення законів збереження з погляду онтологічної моделі «симетрія–збереження–інваріантність» на засадах порівняльно-узгоджувального підходу.

Одним з напрямів реформування вищої фізичної освіти є посилення її методологічної спрямованості, що зумовлено не лише прогресом фізики як науки, але й змінами в характері наукових знань, самому процесі пізнання щодо співвіднесення знання й пізнання. При цьому виникає потреба в тому, щоб студент сприймав науку не як перелік відкриттів чи сукупність формул, а як шлях формування його способу мислення в процесі пізнання навколишнього світу. На нашу думку, варто сформувати в майбутніх учителів і викладачів фізики цілісне уявлення про фізику як науку на основі вивчення системи фундаментальних понять, одним з яких є онтологічне

утворення понять «симетрія–збереження–інваріантність». Це враховано в програмі навчальної дисципліни «Вибрані питання теоретичної фізики» (див. дод. К.1).

Принципи збереження – це принципи збереження речей чи їх певних характеристик, або властивостей чи відношень. Принципів збереження в фізиці багато, а тому їх намагаються класифікувати певним чином. Найбільш перспективна класифікація законів збереження основана на властивостях симетрії (табл. 5.4), бо вони чітко й однозначно пов'язані: кожній формі симетрії відповідає певний клас законів збереження [292].

Таблиця 5.4

Класифікація законів збереження за формами симетрії і принципами інваріантності

Форма симетрії	Принцип інваріантності	Закон збереження
Однорідність часу	Інваріантність у трансляції в часі	Енергії
Однорідність простору	Інваріантність при трансляції в просторі	Імпульсу
Ізотропність простору	Інваріантність відносно поворотів в просторі	Моменту імпульсу
Симетрія ЕМ-потенціалів чи квантово-механічної фази	Інваріантність характеристик ЕМ-поля чи хвильової функції	Електричного заряду
Дзеркальна симетрія	Р-інваріантність (інваріантність n-простору)	Р-парності
Відбивання часу	Т-інваріантність	Т - парності
Симетрія зарядового спряження	С-інваріантність	С-парності
Дзеркальна і часова інваріантність	СР-інваріантність	СР-парності
Симетрія відбивання часу і зарядова симетрія	СТ-симетрія	СТ-парності
Симетрія зарядова і дзеркальна	РТ-симетрія	РТ-парності
Симетрія СРТ	СРТ-інваріантність	СРТ-парності
Симетрія відносно перестановки частинок	Принципи тотожності	Типу симетрії хвильової функції
Симетрія взаємодій	Принципи взаємоперетворення	Типу фундаментальних взаємодій

Варто показати студентам й інші риси симетрії: це загальна властивість фізичних об'єктів; має різні форми (симетрія речей, властивостей, відношень

тощо); органічно пов'язана з принципами збереження. Водночас студентам варто наголосити на тому, що більш сильні взаємодії є більш симетричними. Є сильні взаємодії, які не порушують усіх зазначених вище симетрій (за винятком неназваних). Електромагнітні взаємодії порушують закон збереження ізотопічного спіну. Слабкі взаємодії порушують збереження парності, дивності, ізоспіну, комбінованої парності тощо. Гравітаційні взаємодії поки що мало досліджені. Додатково студенти повинні засвоїти принципи відносності класичної фізики; принцип відносності Ейнштейна; закон збереження симетричності; принцип метричної інваріантності – незалежність законів від вибору одиниць вимірювання; принцип еквівалентності. Окрім того, слід виокремити перетворення, що зумовлюють інваріантність, з-поміж яких зміна масштабів; обертання, прискорений рух тощо.

З позицій порівняльно-узгоджувального підходу щодо цілеспрямованого формування МКФ ми обґрунтували універсальний механізм – *порівняльно-узгоджувальний підхід* (див. п. 3.4), який передбачає виокремлення інтегративного компонента (фізичний закон або принцип – математичне співвідношення або рівняння), його порівняння зі змістом навчання математичних методів фізики і теоретичної фізики та узгодження з процесуальною основою навчання теоретичної фізики в структурі навчально-пізнавальної діяльності студентів (рис. 3.13 і рис. 3.14)

Виокремлення інтегративного компонента, який дає змогу порівнювати зміст різних розділів фізики щодо отримання законів збереження, визначають форми симетрії (рис. 5.1).

Складниками навчально-пізнавального процесу з ТФ на процесуальному рівні є узагальнені прийоми розумової діяльності (мисленнєві операції), прийняті теоретичні схеми класичної механіки; спеціальної теорії відносності; класичної електродинаміки; квантової електродинаміки, а на змістовому – універсальні закони збереження енергії, імпульсу, моменту імпульсу в класичній механіці; електричного заряду в класичній електродинаміці, у квантовій теорії поля, у спеціальній теорії відносності.

Для забезпечення формування МКФ слід застосовувати стандартні математичні методи фізики: рівняння неперервності та математичні перетворення, зокрема калібрувальні з погляду принципу інваріантності в межах відповідних теоретичних схем. Так створюються об'єктивні умови для представлення пізнавального процесу з фізики як універсального, спільного для ММФ і різних розділів ТФ.

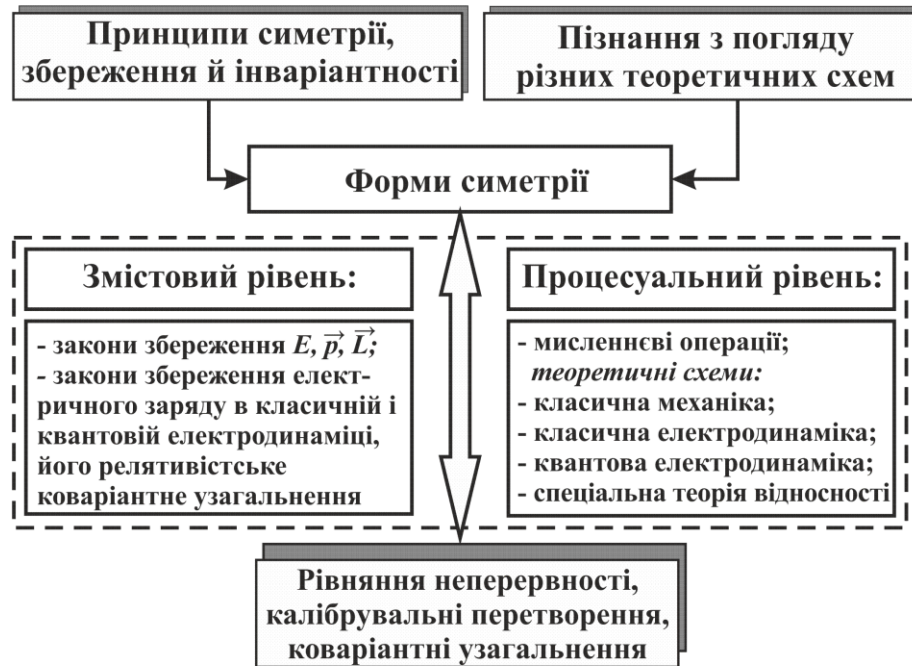


Рис. 5.1. Виокремлення інтегративного компонента під час вивчення законів збереження в навчально-пізнавальному процесі з теоретичної фізики

Поняття «симетрія» є фундаментальним, що дає змогу досліджувати математичні моделі будь-яких фізичних об'єктів та виявляти їхні загальні властивості, оскільки симетрія – це єдність збереження й зміни, інваріантності та перетворення. Водночас симетрія є більш загальною властивістю фізичного об'єкта, ніж інваріантність.

Варіативність теоретичних методів отримання законів збереження в класичній механіці на засадах принципу симетрії. На нашу думку, підґрунтям вивчення симетрії є основні властивості простору й часу стосовно симетрій різного типу (за В. В. Мултановським) та закони збереження в нерелятивістській механіці, отримані на засадах симетрій простору й часу, інваріантності функції

Лагранжа в межах формальної теоретичної схеми інваріантності функції Лагранжа в межах формальної теоретичної схеми аналітичної механіки [249].

Водночас у межах Ньютонівської механіки теж є можливість продемонструвати студентам нетрадиційний підхід до отримання законів збереження: не як наслідки основних теорем механіки про зміну імпульсу, моменту імпульсу та кінетичної енергії, а як наслідки симетрій простору і часу.

Уважаємо, що це найбільш перспективний підхід, оскільки симетрія є ключовим поняттям, застосування якого під час вивчення закономірностей проявів матерії на будь-якому рівні (мікро- чи макrorівнях) демонструє свою універсальність, а пізнавальний механізм забезпечується узгодженістю форм рівнянь чи співвідношень математичної фізики в межах різних теоретичних схем (класичної, квантової, релятивістської чи статистичної фізики).

З огляду на сказане пропонуємо вивчати зі студентами закони збереження в нерелятивістській механіці та їхній зв'язок з симетріями простору й часу в такій послідовності. Для того, щоб розкрити сутність питання «закони збереження в нерелятивістській механіці та їхній зв'язок з симетріями простору й часу», потрібно відповісти на такі питання: дати означення симетрії – однорідності й ізотропності простору, однорідності часу; показати, як одержуються закони збереження в механіці з симетрії простору й часу; розглянути класифікацію принципів збереження; представити закони збереження в мікросвіті та їхній зв'язок із симетріями простору й часу.

Простір і час, а також їхня геометрична модель мають властивості симетрії. Студентам відомо, що простір є однорідним та ізотропним, а час – однорідний. Водночас симетрія – це здатність тіл, процесів, явищ, взаємодій зберігатись або зберігати певні властивості під час виконання над ними певних процесів перетворення. Поняття симетрії об'єднує два аспекта: збереження і перетворення, перетворення і збереження, тому однорідність та ізотропність простору й однорідність часу є симетріями простору й часу.

Однорідність простору – це симетрія фізичних процесів і законів відносно трансляції симетрії в просторі (трансляція тіла чи системи тіл). Аналогічно

ізотропність простору є симетрією відносно правила повороту системи, а однорідність часу – симетрією відносно перетворення-трансляції системи в часі. Указані типи симетрії пов'язано з принципом відносності Галілея – принципом фізичної рівноправності всіх інерціальних систем відліку. Як відомо: закони класичної механіки в усіх інерціальних системах відліку (ІСВ) однакові. Жодним механічним дослідом в ІСВ, за твердженням Галілея (1636), не можна виявити, чи рухається ця система рівномірно й прямолінійно, чи є нерухомою.

З погляду математики принцип відносності віддзеркалює інваріантність, незмінність, збереження законів механіки відносно перетворення координат під час переходу від однієї ІСВ до іншої, тобто відносно перетворень Галілея. У цьому разі ми спостерігаємо перетворення, що виконуються над фізичними системами, однак зі збереженням законів механіки. Отже, принцип відносності можна розглядати як симетрію.

Усі окреслені типи перетворень мають спільну ознаку – це просторово-часові перетворення, оскільки координати й час у них можна обрати будь-які. За теорією груп, кожне з перетворень утворює групу перетворень.

Далі ми пропонуємо розглянути деякі закони збереження.

Закон збереження енергії, який виконується в замкнених системах і в системах, що знаходяться в стаціонарних потенціальних полях. Потенціальна енергія замкненої системи визначається попарною взаємодією її складників:

$$U(\vec{r}_i) = \frac{1}{2} \sum_{i \neq j}^n \sum_{i \neq j}^n U_{ij}(\vec{r}_{ij}).$$

Однорідність часу – еквівалентність різних моментів часу для стану системи; тому $U(\vec{r}_i)$ від часу не залежить і тому механічна енергія зберігається в процесі руху в замкнених механічних системах і в системах, що перебувають у стаціонарних потенціальних силових полях. Цей закон є наслідком однорідності часу.

Як відомо, для будь-якої механічної системи, яка перебуває в стаціонарному потенціальному полі, можна ввести поняття повної

потенціальної енергії. У замкненій системі потенціальна енергія $U^{(i)}(\vec{r}_i)$ складається з потенціальної енергії парної взаємодії частинок:

$$U^{(i)}(\vec{r}_i) = \frac{1}{2} \sum_{i \neq j}^n \sum_{i \neq j}^n U_{ij}(\vec{r}_{ij}).$$

Внаслідок однорідності часу ця потенціальна енергія явно від часу не залежить, тобто $\frac{\partial U^{(i)}}{\partial t} = 0$.

Якщо система перебуває у зовнішньому стаціонарному потенціальному полі то її повна потенціальна енергія складається з двох частин – зовнішньої і внутрішньої, тоді:

$$U(\vec{r}_i) = \sum_i^n U_i^{(e)} + \frac{1}{2} \sum_{i \neq j}^n \sum_{i \neq j}^n U_{ij}(\vec{r}_{ij}).$$

Оскільки зовнішнє поле стаціонарне, то маємо $\frac{\partial U^{(e)}}{\partial t} = 0$. Отже, зміна повної потенціальної енергії з часом визначатиметься з рівняння:

$$\frac{dU}{dt} = \sum_i \frac{\partial U}{\partial \vec{r}_i} \frac{\partial \vec{r}_i}{\partial t} = \sum_i \frac{\partial U}{\partial \vec{r}_i} \vec{v}_i.$$

Внутрішні і зовнішні поля потенціальні, а тому $m_i \frac{\partial \vec{v}_i}{\partial t} = -\frac{\partial U}{\partial \vec{r}_i} \Rightarrow$

$$m_i \vec{v}_i \frac{d\vec{v}_i}{dt} = -\vec{v}_i \frac{\partial U}{\partial \vec{r}_i} \Rightarrow \sum_i m_i \vec{v}_i \frac{d\vec{v}_i}{dt} = \sum_i \vec{v}_i \frac{\partial U}{\partial \vec{r}_i}.$$

Отже:

$$\frac{d}{dt} \sum_i \frac{m v_i^2}{2} = -\frac{dU}{dt}; \quad \frac{dT}{dt} = -\frac{dU}{dt} \Rightarrow \frac{d}{dt} (T + U) = 0; \quad \frac{dE}{dt} = 0; \quad E = \text{const.}$$

Механічні системи, в яких повна енергія зберігається називають консервативними.

Для випадку коли система перебуває в нестаціонарних силових потенціальних полях, також можна ввести поняття повної потенціальної енергії.

$$U(\vec{r}_i, t) = \sum_i^n U_i^{(e)} + \frac{1}{2} \sum_{i \neq j}^n \sum_{i \neq j}^n U_{ij}(\vec{r}_{ij}).$$

Тоді $E = T + U$ – не зберігається і матиме місце наступне співвідношення

$$\frac{dE}{dt} = \frac{\partial U^{(e)}}{\partial t},$$

тобто маємо закон зміни механічної енергії за рахунок зміни зовнішнього поля.

Закон збереження імпульсу є наслідком однорідності простору, тобто наслідком симетрії простору. Однорідність простору – при трансляції системи на довільний скінчений вектор властивості системи не змінюються. Отже, не змінюється і потенціальна енергія, тобто:

$$dU = \sum_i \frac{\partial U^{(i)}}{\partial \vec{r}_i} d\vec{r}_i; \Delta U = \Delta \vec{r} \sum_i \frac{\partial U^{(i)}}{\partial \vec{r}_i}.$$

Внаслідок однорідності

$$\Delta U \equiv 0 \Rightarrow \sum_i \frac{\partial U^{(i)}}{\partial \vec{r}_i} = 0.$$

Згідно основного рівняння механіки для замкненої механічної системи:

$$m_i \frac{d\vec{v}_i}{dt} = -\frac{\partial U}{\partial \vec{r}_i} \Rightarrow \frac{d}{dt}(m_i \vec{v}_i) = -\frac{\partial U}{\partial \vec{r}_i} \Rightarrow \frac{d}{dt} \sum_i m_i \vec{v}_i = -\sum_i \frac{\partial U}{\partial \vec{r}_i}; \frac{d}{dt} \vec{P} = 0; \vec{P} = \text{const.}$$

Якщо вектор повного імпульсу системи \vec{P} зобразити аналітично як $\vec{P} = P_x \vec{i} + P_y \vec{j} + P_z \vec{k}$, тоді $P_x = C_1; P_y = C_2; P_z = C_3 = \text{const}$, тобто маємо три незалежні закони при аналітичному представленні імпульсу системи матеріальних точок.

Закон збереження моменту імпульсу є наслідком ізотропності простору. Ізотропність простору – симетрія відносно обертання, це означає, що механічні властивості замкненої системи (втому числі і потенціальна енергія) не змінюються при повороті системи як єдиного цілого відносно довільного напрямку в просторі на будь-який кут. Тоді, при повороті на малий кут $\Delta \vec{\phi}$, радіус-вектори частинок системи одержують приріст: $\Delta \vec{r}_i = [\Delta \vec{\phi}, \vec{r}_i]; U = U(\vec{r}_i)$. Отже, зміну потенціальної енергії системи у цьому випадку можна записати

так:

$$\Delta U = \sum_i \frac{\partial U}{\partial \vec{r}_i} \Delta \vec{r}_i = \sum_i \frac{\partial U}{\partial \vec{r}_i} [\Delta \vec{\phi}, \vec{r}_i] = \Delta \vec{\phi} \sum_i \left[\vec{r}_i, \left(-\frac{\partial U}{\partial \vec{r}_i} \right) \right].$$

Потенціальна енергія при повороті не змінюється, а тому

$$\Delta U \equiv 0; \Delta \vec{\phi} \neq 0; \Rightarrow \sum_i \left[\vec{r}_i, \left(-\frac{\partial U}{\partial \vec{r}_i} \right) \right] = 0; \frac{d\vec{P}_i}{dt} = -\frac{\partial U}{\partial \vec{r}_i}.$$

Але $\vec{F}_i = -\frac{\partial U}{\partial \vec{r}_i}$ – сила, що діє на i -ту частинку з боку всіх інших частинок, а

$$\text{тому } \left[\vec{r}_i, \frac{d\vec{P}_i}{dt} \right] = 0 \Rightarrow \frac{d}{dt} [\vec{r}_i, \vec{P}_i] = 0; \sum_i [\vec{r}_i, \vec{P}_i] = 0; \vec{L} = \text{const.}$$

Для замкненої механічної системи зберігається величина і напрямок моменту імпульсу цієї системи.

На завершення вивчення даної теми варто розглянути застосування симетрії в фізиці. Наприклад, у класичній механіці, при переході від однієї інерціальної системи відліку до іншої (від K до K') на сталий вектор трансляції x_0 :

$$x' = x - x_0; y' = y; z' = z; t' = t,$$

ми маємо наслідок щодо величини прискорення та діючої сили

$$a'_x = a_x; a'_y = a_y; a'_z = a_z; F'_x = F_x; F'_y = F_y; F'_z = F_z;$$

тому другий закон Ньютона у будь-якій ІСВ є інваріантним за типом представлення:

$$ma'_x = F'_x; ma'_y = F'_y; ma'_z = F'_z.$$

Отримання законів збереження електричного заряду в класичній і квантовій електродинаміці та їх релятивістсько-інваріантне узагальнення.

Одним з фундаментальних теоретичних методів дослідження в фізиці вважається метод одержання законів природи з принципів інваріантності. Слід відзначити, що цей сучасний теоретичний підхід розглядає всі фізичні поля як калібрувальні, виходячи з цього припущення вдається одержати закони збереження цілого ряду різноманітних фізичних величин.

Згідно діючих програм в курсі класичної електродинаміки розглядається

один з видів інваріантності – калібрувальної інваріантності електромагнітного поля, яка для однозначного вибору потенціалів поля доповнюється умовою Лоренца. Але, нажаль, розгляд указаної властивості поля цим і обмежується. Далі, вже в курсі квантової електродинаміки встановлюється, що всі поля взаємодій повинні бути калібрувально-інваріантні – градієнтно-інваріантні, аналогічно до електромагнітного поля. Такі обчислення проводяться в чотиривимірній формі, але вони є досить складними. Можна розглянути найпростіший варіант таких обчислень для обґрунтування закону збереження електричного заряду спочатку в курсі класичної електродинаміки, а згодом – у курсах квантової механіки, квантової електродинаміки та виконати релятивістсько-інваріантне узагальнення.

Для одержання закону збереження електричного заряду в класичній електродинаміці можна враховувати градієнтну інваріантність електромагнітного поля та використати такий метод. Функцію Лагранжа для системи, що складається з електромагнітного поля і зарядів у ньому зображають так:

$$L = \int_V \left(\frac{\epsilon_0 E^2}{2} - \frac{B^2}{2\mu_0} + \vec{A}\vec{j} - \rho\phi \right) dV,$$

де \vec{E} і \vec{B} – вектори напруженості й індукції поля електромагнітного поля, \vec{A} , ϕ – векторний і скалярний потенціали поля, ρ , \vec{j} – густини зарядів і струмів, V – об'єм, у якому перебуває досліджувана система. Згідно рівнянь зв'язку між силовими та енергетичними характеристиками електромагнітного поля:

$$\vec{E} = -\text{grad}\phi - \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} \quad \text{і} \quad \vec{B} = \text{rot}\vec{A},$$

функцію Лагранжа можна подати через скалярний та векторний потенціали:

$$L = \int_V \left(\frac{\epsilon_0 \left(\text{grad}\phi + \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} \right)^2}{2} - \frac{(\text{rot}\vec{A})^2}{2\mu_0} + \vec{A}\vec{j} - \rho\phi \right) dV.$$

Визначною рисою калібрувальної інваріантності поля є те, що за допомогою калібрувальних перетворень ні функція Лагранжа, ні функція дії поля не змінюються (є інваріантними), хоч ці величини можуть бути представлені як за допомогою силових характеристики поля \vec{E} і \vec{B} , так і за допомогою допоміжних – векторного і скалярного потенціалів поля \vec{A} , і φ . А формули типу:

$$\vec{B} = \text{rot}\vec{A} \quad \text{і} \quad \vec{E} = -\text{grad}\varphi - \frac{\partial\vec{A}}{\partial t}$$

не дають можливості однозначно отримати потенціали електромагнітного поля, виходячи з заданих векторів \vec{E} і \vec{B} .

Довести це нескладно, якщо розглянути деяку довільну та диференційовану функцію координат й часу $f(\vec{r}, t)$ і показати, що перетворення потенціалів електромагнітного поля \vec{A} , φ типу:

$$\vec{A}' = \vec{A} + \text{grad} f \quad \text{і} \quad \varphi' = \varphi - \frac{\partial f}{\partial t} \quad \text{або} \quad \vec{A} = \vec{A}' + \text{grad} f \quad \text{і} \quad \varphi = \varphi' - \frac{\partial f}{\partial t}$$

описують теж саме поле з векторами \vec{E} і \vec{B} . Дійсно:

$$\vec{B}' = \text{rot} \vec{A}' = \text{rot}(\vec{A} + \text{grad} f) = \text{rot}\vec{A} + \text{rot} \text{grad} f = \text{rot} \vec{A} + [\vec{\nabla}, \vec{\nabla} f].$$

Зрозуміло, що

$$[\vec{\nabla}, \vec{\nabla} f] \equiv 0, \quad \text{отже} \quad \vec{B}' = \text{rot} \vec{A} = \vec{B}.$$

Далі

$$\vec{E}' = -\text{grad}\varphi' - \frac{\partial\vec{A}'}{\partial t} = -\text{grad}\left(\varphi - \frac{\partial f}{\partial t}\right) - \frac{\partial}{\partial t}(\vec{A} + \text{grad} f) = -\text{grad}\varphi + \text{grad} \frac{\partial f}{\partial t} - \frac{\partial\vec{A}}{\partial t} - \frac{\partial}{\partial t} \text{grad} f.$$

$$\text{Враховуючи, що} \quad \text{grad} \frac{\partial f}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t} \text{grad} f, \quad \text{маємо} \quad \vec{E}' = -\text{grad} \varphi - \frac{\partial\vec{A}}{\partial t} = \vec{E}.$$

Таким чином, ми дійсно спостерігаємо інваріантність електромагнітного поля відносно калібрувального перетворення його потенціалів. Отже, оскільки інваріантом по відношенню до градієнтних співвідношень:

$$\vec{A}' = \vec{A} + \text{grad} f \quad \text{і} \quad \varphi' = \varphi - \frac{\partial f}{\partial t} \quad \text{або} \quad \vec{A} = \vec{A}' + \text{grad} f \quad \text{і} \quad \varphi = \varphi' - \frac{\partial f}{\partial t}$$

є саме електромагнітне поле, що описується векторами \vec{E} і \vec{B} , тоді та частина функції Лагранжа, що описується рівнянням:

$$L = \int_V \left(\frac{\epsilon_0 E^2}{2} - \frac{B^2}{2\mu_0} + \vec{A}\vec{j} - \rho\varphi \right) dV$$

і залежить від \vec{E} та \vec{B} , враховуючи вказану інваріантність, не зміниться.

З'ясуємо, яким умовам повинна задовольняти та частина функції Лагранжа, що незалежна від \vec{E} і \vec{B} , щоб інтеграл дії S був також калібрувально-інваріантним. Відповідна частина інтегралу дії може бути позначена так:

$$S_1 = \int_{\tau} dt \int_V (\vec{A}\vec{j} - \rho\varphi) dV.$$

Якщо застосувати градієнтні співвідношення до S_1 , то він набуде вигляду:

$$S'_1 = \int_{\tau} dt \int_V \left((\vec{A}' + \text{grad}f)\vec{j} - \rho \left(\varphi' - \frac{\partial f}{\partial t} \right) \right) dV = \int_{\tau} dt \int_V \left(\vec{A}'\vec{j} + \vec{j}\text{grad}f - \rho\varphi' + \rho \frac{\partial f}{\partial t} \right) dV.$$

Оскільки $f(\vec{r}, t)$ – скалярна функція, а також враховуючи, що

$$\vec{j}\text{grad} f = \text{div}(\vec{j}f) - f\text{div}\vec{j},$$

крім того очевидно, що

$$\rho \frac{\partial f}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t}(\rho f) - f \frac{\partial \rho}{\partial t}, \text{ тоді } S'_1 = \int_{\tau} dt \int_V \left(\vec{A}'\vec{j} + \text{div}(\vec{j}f) - f\text{div}\vec{j} - \rho\varphi' + \frac{\partial}{\partial t}(\rho f) - f \frac{\partial \rho}{\partial t} \right) dV.$$

Отриманий інтеграл дії можна розділити на дві частини, причому одну з цих частин можна проінтегрувати за часом:

$$S'_1 = \int_{\tau} dt \int_V \left(\vec{A}'\vec{j} - \rho\varphi' - f \left(\text{div}\vec{j} + \frac{\partial \rho}{\partial t} \right) \right) dV + \int_{\tau} dt \int_V \left(\text{div}(\vec{j}f) + \frac{\partial}{\partial t}(\rho f) \right) dV.$$

За допомогою теореми Гауса від дивергенції векторного поля $(\vec{j}f)$, перейдемо до його потоку через деяку замкнену поверхню \vec{F} та проінтегруємо останній доданок за часом:

$$S'_1 = \int_{\tau} dt \int_V \left(\vec{A}'\vec{j} - \rho\varphi' - f \left(\text{div}\vec{j} + \frac{\partial \rho}{\partial t} \right) \right) dV + \int_{\tau} dt \int_F f j_n dF + \int_V (\rho f) \Big|_{t_1}^{t_2} dV.$$

У цьому виразі для S'_1 останні два доданки нічого не змінюють у рівняннях

електродинаміки оскільки вони одержуються з функції дії методом варіації. Під час обчислення варіації δS , враховується, що варіації всіх інших величин на границі області дорівнюють нулеві. У нашому випадку t_1 і t_2 – початковий та кінцевий моменти часу, а F – замкнена поверхня, що обмежує поле в об'ємі V . Оскільки функція Лагранжа L і інтеграл дії S завідомо градієнтно-інваріантні, тому вони не повинні змінюватись з точністю до сталих інтегрування при градієнтному перетворенні. З одержаної нами останньої формули випливає, що градієнтна (калібрувальна) інваріантність матиме місце лише тоді, коли $\text{div} \vec{j} + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$, бо саме за цієї умови $S'_1 = S_1$ з точністю до сталих інтегрування вона реалізується. Одержана умова являє собою не що інше як рівняння неперервності. У класичній електродинаміці воно зображає диференціальну форму закону збереження електричного заряду. Якщо $\vec{j} = 0$, то це означає, що джерела електричного струму відсутні або потік густини струму через замкнену поверхню, що обмежує розглядувану область простору, дорівнює нулю. Отже, тоді й $\partial \rho / \partial t = 0$, а це означає, що об'ємна густина електричного заряду в даній точці простору не змінюється, тобто $\rho(\vec{r}) = \text{const}$. Водночас незмінним залишається й повний заряд розглядуваної замкненої частини простору:

$$Q = \int_V \rho(\vec{r}) dV = \text{const}.$$

Таким чином, з градієнтної інваріантності електромагнітного поля можна одержати закон збереження електричного заряду, що свідчить про визначальну й фундаментальну роль принципів інваріантності.

Отримання закону збереження електричного заряду в квантовій механіці. У квантовій механіці для хвильової функції мікрооб'єкта $\phi(\vec{r}) \rightarrow \phi(\vec{r} + \vec{\varepsilon})$, де $\vec{\varepsilon}$ – мала трансляція початку відліку даної системи відліку, $\phi(\vec{r} + \vec{\varepsilon})$ доцільно розкласти в ряд Тейлора:

$$\phi(\vec{r} + \vec{\varepsilon}) = \phi(\vec{r}) + \frac{\partial \phi}{\partial \vec{r}} \vec{\varepsilon} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \phi}{\partial \vec{r}^2} \vec{\varepsilon}^2 + \dots \approx \left(1 + \vec{\varepsilon} \frac{\partial}{\partial \vec{r}} \right) \phi(\vec{r})$$

і ввести оператор паралельного переносу

$$\hat{T}\phi(\vec{r}) = \left(1 + \vec{\varepsilon} \frac{\partial}{\partial \vec{r}}\right) \phi(\vec{r}),$$

який зручно подати через оператор імпульсу. Враховуючи, що

$$\hat{T} = 1 + \vec{\varepsilon} \frac{\partial}{\partial \vec{r}} = 1 + \vec{\varepsilon} \vec{\nabla}; \quad \hat{P} = -i\hbar \frac{\partial}{\partial \vec{r}} = -i\hbar \vec{\nabla}; \quad \vec{\nabla} = -\frac{\hat{P}}{i\hbar} = \frac{i\hat{P}}{\hbar},$$

маємо $\hat{T} = 1 + \frac{i}{\hbar} \vec{\varepsilon} \hat{P}$ або в загальному випадку

$$\hat{T} = 1 + \frac{i}{\hbar} \vec{\varepsilon} \hat{P} + \frac{1}{2} \frac{\left(i\vec{\varepsilon} \hat{P}\right)^2}{\hbar^2} + \dots = e^{\frac{i}{\hbar} \vec{\varepsilon} \hat{P}}.$$

Тоді згідно квантово-механічного рівняння руху

$$\frac{d\hat{T}}{dt} = \frac{\partial \hat{T}}{\partial t} + \{\hat{H}, \hat{T}\},$$

де $\partial \hat{T} / \partial t = 0$ оскільки оператор паралельного переносу хвильової функції \hat{T} у імпульсному представленні явно від часу незалежний. Щодо квантово-механічних дужок Пуассона $\{\hat{H}, \hat{T}\} = \frac{i}{\hbar} [\hat{H}, \hat{T}]$, то потрібно перевірити операцію

комутації оператора Гамільтона \hat{H} і оператора паралельного переносу \hat{T} :

$$[\hat{H}, \hat{T}] = \left[\left(\frac{\hat{p}^2}{2m} + U(\vec{r}) \right), e^{\frac{i}{\hbar} \vec{\varepsilon} \hat{P}} \right] \approx \left[\left(\frac{\hat{p}^2}{2m} + U(\vec{r}) \right), \left(1 + \frac{i}{\hbar} \vec{\varepsilon} \hat{P} \right) \right] = \frac{i}{\hbar} \vec{\varepsilon} [U(\vec{r}), \hat{P}],$$

де оператор потенціальної енергії і оператор імпульсу, що є комутуючими операторами, а отже $\{\hat{H}, \hat{T}\} = 0$. Отже,

$$\frac{d\hat{T}}{dt} = 0 \Rightarrow \hat{T} = \text{const.}$$

Отриманий результат указує на те, що хвильова функція мікрооб'єкта $\phi(\vec{r}) \rightarrow \phi(\vec{r} + \vec{\varepsilon})$, за умов малої трансляції початку відліку даної системи відліку, не змінює свого функціонального представлення і математичний образ хвильового поля мікрочастинки, що зображується хвильовою функцією змінюватись не буде, залишаючись інваріантним.

У квантовій механіці закон збереження електричного заряду для

розглядуваної системи одержується з симетрії її хвильової функції при зміні квантово-механічної фази. Рівняння неперервності в квантово-механічному розумінні матиме завідомо інваріантну форму представлення, подібну до електродинамічної:

$$\operatorname{div} \vec{j}_e + \frac{\partial \rho_e}{\partial t} = 0,$$

де \vec{j}_e – квантово-механічна густина струму, ρ_e – густина електричного заряду.

Продемонструємо, що рівняння неперервності не зміниться при зміні квантово-механічної фази хвильової функції на довільну сталу величину φ_0 . Дійсно, будь-яку комплексну хвильову функцію можна завжди подати так:

$$\varphi(\vec{r}, t) = R(\vec{r}, t) e^{i\varphi(\vec{r}, t)},$$

де $R(\vec{r}, t)$ і $\varphi(\vec{r}, t)$ – дійсні хвильові функції. Тоді густина ймовірності, а отже й густина заряду будуть дорівнювати:

$$\rho_e = q |\psi(\vec{r}, t)|^2 = q R^2(\vec{r}, t).$$

Густина потоку імовірності розраховується як:

$$\vec{j}_e = \frac{i\hbar q}{2m} (\psi \vec{\nabla} \psi^* - \psi^* \vec{\nabla} \psi), \text{ отже } \vec{j}_e = \frac{\hbar q}{m} R^2(\vec{r}, t) \operatorname{grad} \varphi(\vec{r}, t).$$

Враховуючи попереднє співвідношення, остаточно маємо:

$$\vec{j}_e = \frac{\hbar}{m} \rho_e \operatorname{grad} \varphi(\vec{r}, t) = \rho_e \operatorname{grad} \left(\frac{\hbar \varphi(\vec{r}, t)}{m} \right).$$

Якщо виконати зміну квантово-механічної фази хвильової функції на довільну величину φ_0 , тобто виконати перетворення типу: $\varphi'(\vec{r}, t) = \varphi(\vec{r}, t) + \varphi_0$, тоді $\psi'(\vec{r}, t) = R(\vec{r}, t) e^{i(\varphi(\vec{r}, t) + \varphi_0)}$.

Виконаємо обчислення тепер для ρ'_e і \vec{j}'_e відповідно до отриманих вище перетворень:

$$\rho'_e = q |\psi'(\vec{r}, t)|^2 = q R^2(\vec{r}, t) = q |\psi(\vec{r}, t)|^2 = \rho_e$$

$$\vec{j}'_e = \rho'_e \operatorname{grad} \left(\frac{\hbar(\varphi(\vec{r}, t) + \varphi_0)}{m} \right) = \rho_e \operatorname{grad} \left(\frac{\hbar \varphi(\vec{r}, t)}{m} \right) = \vec{j}_e,$$

бо $\varphi_0 = \text{const}$, тому $\text{grad}\varphi_0 = 0$. Отже, відповідно одержуємо, що:

$$\text{div}\vec{j}_e + \frac{\partial\rho_e}{\partial t} = 0.$$

Таким чином, перетворення, що змінює фазу хвильової функції системи на довільну величину φ_0 , має своїм інваріантом як густину електричного заряду ρ_e , так і густину електричного струму \vec{j}_e , при цьому рівняння неперервності залишається інваріантним. Отже, симетрія фізичної системи відносно зміни на довільну сталу величину квантово-механічної фази її хвильової функції дає нам закон збереження електричного заряду.

Отримання закону збереження електричного заряду в квантовій теорії поля. В квантовій електродинаміці, квантовий стан заряду q описується хвильовою функцією ψ_q і задовольняє рівняння Шредінгера:

$$i\hbar \frac{\partial\psi_q}{\partial t} = \hat{H}\psi_q.$$

Нехай \hat{Q} – оператор електричного заряду. Як відомо, $\langle\hat{Q}\rangle = \bar{Q}$. Середнє значення оператора не буде змінюватись лише тоді, коли \hat{Q} явно від часу не залежить, що очевидно, і коли $[\hat{H}, \hat{Q}] = 0$. Якщо ця умова виконується, тоді ψ_q є спільною власною функцією обох операторів. Отже $\hat{Q}\psi_q = q\psi_q$, причому власне значення q не залежить від часу. Щоб з'ясувати, яка ж саме інваріантність за цим стоїть, використаємо наступне перетворення: $\psi'_q = e^{i\varepsilon\hat{Q}}\psi_q$, де ε – довільне дійсне число, \hat{Q} – оператор електричного заряду. Перетворення такого типу називають калібрувальними перетвореннями першого роду. Калібрувальна інваріантність означає, що хвильова функція ψ'_q описує той самий квантовий стан, що і ψ_q . Отже, ψ'_q задовольняє тому ж рівнянню Шредінгера, що і ψ_q :

$$i\hbar \frac{\partial\psi'_q}{\partial t} = \hat{H}\psi'_q, \text{ або } i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \left(e^{i\varepsilon\hat{Q}}\psi_q \right) = \hat{H}e^{i\varepsilon\hat{Q}}\psi_q.$$

Помножимо зліва це рівняння на $e^{-i\varepsilon\hat{Q}}$, тоді матимемо:

$$i\hbar e^{i\varepsilon\hat{Q}} e^{-i\varepsilon\hat{Q}} \frac{\partial \Psi_q}{\partial t} = e^{-i\varepsilon\hat{Q}} \hat{H} e^{i\varepsilon\hat{Q}} \Psi_q,$$

враховуємо, що

$$e^{i\varepsilon\hat{Q}} e^{-i\varepsilon\hat{Q}} = 1, \text{ а } i\hbar \frac{\partial \Psi_q}{\partial t} = \hat{H} \Psi_q, \text{ або } \hat{H} = e^{-i\varepsilon\hat{Q}} \hat{H} e^{i\varepsilon\hat{Q}}.$$

Оскільки ε – довільне дійсне число, тому його можна взяти яким завгодно малим, щоб $\varepsilon\hat{Q} \ll 1$ і покласти $\varepsilon^2 \approx 0$, тоді

$$(1 - i\varepsilon\hat{Q})\hat{H}(1 + i\varepsilon\hat{Q}) = \hat{H}; \text{ або } \hat{H} + i\varepsilon\hat{H}\hat{Q} - i\varepsilon\hat{Q}\hat{H} + \varepsilon^2\hat{Q}\hat{H}\hat{Q} = \hat{H},$$

отже

$$i\varepsilon(\hat{H}\hat{Q} - \hat{Q}\hat{H}) = 0 \Rightarrow [\hat{H}, \hat{Q}] = 0.$$

Таким чином, сталість $\langle \hat{Q} \rangle$ свідчить про те, що відповідно й $q = \text{const}$.

Ми одержали, що з калібрувальної інваріантності випливає закон збереження електричного заряду. Або інакше: електричний заряд зберігається, а тому в квантовій теорії допускаються лише такі гамільтоніани, що інваріантні відносно калібрувальних перетворень.

Коваріантне узагальнення закону збереження для релятивістського випадку. Закон збереження заряду можна записати в релятивістсько-інваріантній формі. Для цього представимо вектор густини струму у чотиривимірній формі: $j_\alpha = (\vec{j}, ic\rho)$, або $j_\alpha = (\rho\vec{v}, ic\rho)$.

Тоді закон збереження заряду необхідно подати у загальному чотиривимірному вигляді:

$$\frac{\partial j_\alpha}{\partial x_\alpha} = \frac{\partial j_x}{\partial x} + \frac{\partial j_y}{\partial y} + \frac{\partial j_z}{\partial z} + \frac{\partial j_\tau}{\partial \tau} = 0.$$

Оскільки густину струму ми зобразили у вигляді чотири-вектора, тому вона є за відомо релятивістсько-інваріантною. Отже, закон збереження заряду має місце в усіх інерціальних системах відліку. Розглянемо заряд dq будь-якого елемента об'єму dV , густина розподілу якого ρ . Застосуємо закон перетворення компонент чотири-вектора до компоненти $j_\tau = ic\rho$. Застосування

формул перетворень дає:

$$\rho = \frac{\rho'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

де ρ – густина заряду в системі K , а ρ' – в системі K' , яка рухається по відношенню до K із швидкістю v . Помножимо праву і ліву частини одержаного рівняння на елемент розглядуваного об'єму dV :

$$\rho dV = \frac{\rho' dV}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \text{ але } dV = dV' \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}, \text{ отже } \rho dV = \rho' dV'.$$

Таким чином ми отримали, що заряд будь-якого елемента об'єму є інваріантним відносно перетворень Лоренца.

Підкреслимо, що в квантовій електродинаміці встановлюється, що всі поля взаємодій повинні бути калібрувально-інваріантні – градієнтно-інваріантні. Такі обчислення виконують в чотиривимірній формі, але вони досить складні, тому ми обрали найпростіший варіант таких обчислень для демонстрації студентам. Це дає змогу обґрунтувати закон збереження електричного заряду в курсі теоретичної фізики спочатку під час вивчення класичної електродинаміки, а згодом – квантової механіки та квантової теорії поля.

5.2.2. Вивчення співвідношень невизначеностей на засадах циклічної моделі формування математичної компетентності з фізики. Аналіз змісту низки підручників з квантової фізики засвідчує варіативність висвітлення питання про співвідношення невизначеностей, що обумовлено варіативністю їх теоретичного опису в фундаментальній науці. Зокрема у праці В. Гейзенберга «Про наочний зміст квантово-теоретичної кінематики і динаміки» вчений отримує співвідношення невизначеностей для координати і імпульсу мікрооб'єктів в узагальнених координатах $\Delta p \Delta q = h/2\pi i$, застосовуючи основи аналітичної механіки та відповідні рівняння Гамільтона, спираючись на експериментальні дослідження Н. Бора, і формулює їх як новий принцип невизначеності [491]. Теоретичні засади аналітичної механіки до

формулювання принципу невизначеностей Гейзенберга не сподобалися А. Ейнштейну, через що він вступив у дебати з Н. Бором. Історик М. О. Ел'яшевич згадує про цей факт, досліджуючи вклад Ейнштейна у розвиток квантових уявлень [120], що вказує на існування непереборних суперечностей, які закралися у надрах класичної механіки наприкінці ХІХ та початку ХХ ст. щодо її спроможності описувати явища мікросвіту.

Сучасну математичну форму співвідношенням невизначеностей $[\hat{A}, \hat{B}] = i\hat{C}$ надає операторна алгебра, яка виявилась найбільш прийнятною для опису властивостей двох самоспряжених операторів, які ставляться у відповідь спостережуваним фізичним величинам [309].

У систематичних курсах квантової механіки теоретичні підходи до введення співвідношень невизначеностей доволі різняться. В основах квантової механіки Д. І. Блохінцева співвідношення невизначеностей розглядається як важлива властивість квантових ансамблів і обґрунтовується шляхом статистичного аналізу руху частинки уздовж траєкторії на засадах математичної моделі мікрооб'єкта як хвилі де Бройля, що дозволяє автору обґрунтувати співвідношення невизначеності у представленні Гейзенберга для координати та відповідної складової імпульсу частинки в формі $\Delta x \cdot \Delta p_x = \pi\hbar$. Також наводиться доведення співвідношення невизначеностей для довільного стану частинок, які описуються будь-якою хвильовою функцією, у загальній формі $\overline{\Delta x^2} \cdot \overline{\Delta p_x^2} \geq \hbar^2/4$, обираючи міру для відхилення окремих результатів вимірювання координати x і імпульсу p_x від їх середніх значень \bar{x} і \bar{p}_x , на основі відомого в статистиці поняття середньоквадратичного відхилення $\overline{\Delta x^2}$ і $\overline{\Delta p_x^2}$. Ілюструється справжність співвідношень на прикладах: дифракції потоку мікрочастинок на щілині; аналізу треків π -мезонів у камері Вільсона з фотографій лабораторії ядерних проблем в м. Дубна; розв'язується задача з відшукання імпульсу нейтрона у процесі зіткнення його з протоном [40, с. 63–76]; В. О. Тарасов виводить співвідношення невизначеностей для квантових гамільтоніанових систем у формі Робертсона-

Шредінгера: $\frac{1}{4} \left| \langle x | \hat{A}\hat{B} - \hat{B}\hat{A} | x \rangle \right|^2 \leq \|\hat{A}x\|^2 \|\hat{B}x\|^2$ [303].

Можна наводити безліч прикладів різних методів введення співвідношень невизначеностей, проте все їхнє різноманіття під час ІІІ майбутніх учителів і викладачів фізики не загалом може бути представлено в навчальних курсах ТФ педагогічного університету. На те є кілька причин: по-перше, це брак навчального часу, що виділяється навчальними планами на вивчення цього питання; по-друге, цілеутворювальний компонент МС навчання ТФ майбутніх учителів і викладачів фізики передбачає формування в них якісних уявлень про предмет дослідження фізики як науки, наукового світогляду, вироблення, у тих хто навчається, навичок практичної та професійної діяльності, адаптованих до шкільних умов або умов вищого навчального закладу.

Водночас вивчення співвідношень невизначеностей уможливорює яскраве представлення не лише генезису розвитку уявлень фізики з прояву корпускулярно-хвильового дуалізму матерії на різних її рівнях (як мікро-, так і макроскопічному), а також виконувати напівкількісні оцінки явищ мікросвіту та встановлювати критерії застосовності до них понять класичної механіки, до того ж співвідношення невизначеностей, як змістовий складник курсу квантової механіки, потребує й експериментального підтвердження теоретичних результатів щодо їх узгодженості реальним умовам, адекватно реалізованих засобами навчального фізичного експерименту. При підготовці майбутніх вчителів фізики необхідно забезпечити наступність та міждисциплінарну інтеграцію навчальних курсів, в яких теоретичні і експериментальні методи фізики є провідними.

Інформаційна ємність співвідношень невизначеностей, фундаментальність змісту, елементарність форми представлення, варіативність методів введення та можливість застосування до розв'язку цілого спектру практичних задач робить їх дуже привабливим елементом знань для теорії та методики навчання фізики як вищої, так і загальноосвітньої школи.

Наші прагнення розібратися із сутністю речей, від галактичних розмірів до

мікроскопічних, повсякчас спонукають нас до пошуків раціонального опису спостережуваного і незбагненого. Мікросистеми відносяться до тих об'єктів, які самі по собі не впливають на формування людських звичок і поглядів на природу. Тому квантові закони, що узагальнюють дослідні факти про мікрооб'єкти не наочні. В цьому головна причина їх складного розуміння студентами. Співвідношення невизначеностей є спробою теоретичного опису прояву поведінки мікросистем за допомогою класичних моделей.

Навчаючи майбутніх учителів основам квантової механіки ми покладемося на онтологічний базис, перш за все, трьох дисциплін – загальна фізика, теоретична фізика і методика навчання фізики, які мають спільний об'єкт дослідження – реальні фізичні об'єкти. У курсі теоретичної фізики ці об'єкти, на певному етапі вивчення, замінюються адекватними математичними моделями та досліджуються, з огляду на прояв їхніх властивостей за допомогою прийнятних математичних методів. Курс загальної фізики знайомить студентів із методами експериментальної фізики і вводить їх у пізнавальну діяльність засобами навчального фізичного експерименту (демонстраційний експеримент, лабораторний практикум). При цьому, на нашу думку, забезпечується інтеграція теоретичних знань студентів у практичну площину навчальних дій, що сприяє підвищенню рівня їх фундаментальної та природничо-наукової підготовки з фізики, формуванню у тих, хто навчається предметної компетентності. Курс методики навчання фізики покликаний навчити студентів адаптувати, набуті ними знання до шкільних умов та вимагає сформулювати в них *професійно-педагогічну компетентність* – «узагальнене особистісне утворення фахівця, що включає високий рівень його теоретико-методологічної, психолого-педагогічної, методичної і практичної підготовки і є критерієм становлення педагога-професіонала» [463, с. 129].

Нами виявлено, що однією з методичних особливостей вивчення співвідношень невизначеностей є можливість узгодження корпускулярно-хвильового дуалізму мікрочастинок (подвійність властивостей, яка поєднує в одному об'єкті несумісні на перший погляд риси). До того ж саме цю

особливість найлегше реалізувати засобами навчального фізичного експерименту [431; 432].

Вивчення співвідношень невизначеностей ми пропонуємо розпочати з планування навчальних дій. Для цього обрали методологічний підхід, який зарекомендував себе у навчальному процесі з фізики загальноосвітньої школи і має ефективну більш ніж сорокалітню практику свого застосування [407] – це *принцип циклічності*. Він представлений наступною логікою організації навчально-пізнавальної діяльності: «*факти, проблема → гіпотеза, модель → наслідок → експеримент, практика*» [354]. Принцип циклічності у явній і неявній формі є нормою пізнання, що конкретизується для двох провідних видів навчальної діяльності – експериментування та моделювання, апроксимовані з методів наукового пізнання – експериментального і теоретично, останні у фізиці є рівноправними і взаємодоповнюваними.

Виступаючи проти формалізму у викладанні фізики, В. Майєр вважає, що навчання фізики за принципом циклічності є досить ефективним і виділяє кілька ключових моментів: По-перше, перехід від фактів до моделі має здійснюватися у спільній діяльності вчителя з учнем, всіляко заохочуючи їх самостійність до висунення правдивих гіпотез. По-друге, при переході від наслідків теорії до умов експерименту варто ознайомити тих хто навчається з сучасними умовами і можливостями експериментування. По-третє, система експериментів, яка обґрунтовує фізичну теорію, має складати як демонстраційні, так і лабораторні форми навчального експерименту та виконання додаткових експериментальних завдань, що забезпечує організацію ефективної навчально-пізнавальної діяльності, включаючи і науково-дослідницьку роботу. Оптимальною є ситуація, коли навчальний експеримент тісно пов'язаний із теоретичними основами вивчення досліджуваного фізичного процесу або явища. Це означає, що такий експеримент носить не ілюстративний, а доказовий характер, і його результат дає вичерпне пояснення. Цим загострюється проблема забезпечення достатньої експериментальної підготовки вчителя фізики і наявності відповідної експериментальної бази

щодо жорсткої вимоги присутності навчального експерименту практично на кожному уроці [226].

Спираючись на вищезазначені дидактичні основи навчання фізики, ми пропонуємо розпочати вивчення співвідношень невизначеностей з дослідження корпускулярно-хвильового дуалізму матерії на її мікрорівні та отримати одну з найвідоміших математичних форм співвідношень у представленні Гейзенберга.

Факти. Існують переконливі експерименти, в яких матерія на мікрорівні виявляє свої хвильові властивості, так само як існують досліди, в яких вона поводить себе як потік частинок. Явища інтерференції і дифракції світла говорять про його хвильову природу, а фотоефект, ефект Комптона – про корпускулярну.

Для пояснення фотоефекту А. Ейнштейн (1905) припустив, що світло складається з окремих порцій – квантів (фотонів), для яких: $E_\phi = \hbar\omega_\phi$; $\vec{p}_\phi = \hbar\vec{k}_\phi = \hbar\omega_\phi/c$; $m_\phi = \hbar\omega_\phi/c^2$. Це припущення дозволило йому пояснити експериментальні факти, зокрема, що $n\hbar\omega_\phi = A_e + m_e v^2/2$, де $n = 1, 2, \dots$, $n\hbar\omega_\phi$ – енергія падаючих на металеву пластину фотонів, A_e – робота виходу електрона з металу, m_e – маса електрона, який вибивається з поверхні металу фотонами.

Разом з тим, дифракційна картина для потоку електронів на прямокутній вертикальній щілині (рис. 5.2, а) майже нічим не відрізняється від дифракції паралельного пучка світла (рис. 5.2, б).



Рис. 5.2. Дифракція Фраунгофера: а – для електронів; б – для фотонів

Луї де Бройль (1924) висунув гіпотезу про повну симетрію природних об'єктів. Ця гіпотеза передбачала, що корпускулярно-хвильовий дуалізм є рівно притаманним як випромінюванню, так і мікрочастинкам, тобто усім формам

матерії. Де Бройль постулював наявність хвильових властивостей у електронів, протонів, атомів, молекул і навіть макротіл, які мають відповідні хвильові характеристики: $\omega_r = E_r / \hbar$, $\vec{k}_r = \vec{p}_r / \hbar$, $\lambda_r = 2\pi\hbar / p_r$. Ця ідея була експериментально підтверджена у двох незалежних експериментах Девісона і Томсона (1927).

Нині демонстрація досліду з дифракції світла на вузькій щілині є рекомендованою для виконання як у курсі загальної фізики вищого навчального закладу [56], так і у курсі фізики старшої загальноосвітньої школи [346].

Проблема. Матерія на мікрорівні проявляє одночасно обидві свої властивості – хвильові та корпускулярні (рис. 5.2), що з точки зору класичних уявлень не піддається обґрунтуванню.

Гіпотеза: квантово-механічні співвідношення невизначеностей Гейзенберга дозволяють узгодити корпускулярно-хвильовий дуалізм для фотонів, які перевіряємо на *засадах моделювання*, спираючись на потенційні можливості його дидактичних функцій: пізнавальну, евристичну, унаочнювальну, інтегративну, діяльнісну, розвивальну.

Модель. Уявімо світлову електромагнітну хвилю як потік фотонів і звернемося до *модельного експерименту* з дифракції фотонів на вузькій щілині (рис. 5.3). Направимо на непрозорий екран з вузькою щілиною $AB = \Delta x$ (екран розташовано у площині xOy) потік фотонів. Зліва від екрану кожен з

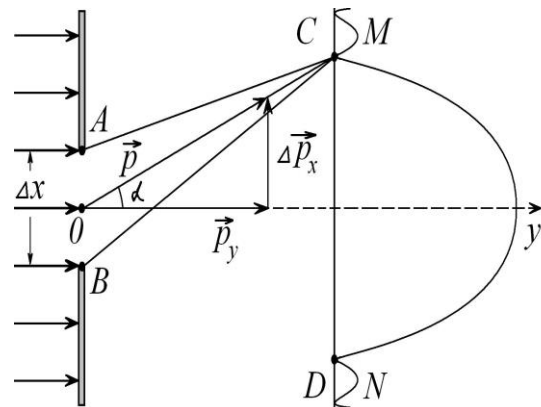


Рис. 5.3. Дифракція фотонів на щілині

фотонів має імпульс \vec{p} , спрямований вздовж Oy , а отже, має точні значення імпульсу $p_y = p$, тому $\Delta p_y = 0$. Але координати фотонів можуть бути довільними, тобто $-\infty < y < +\infty$. Тоді $\Delta y = \infty$, а $\Delta y \cdot \Delta p_y \geq \hbar$. Інша ситуація відбувається, коли фотон проходить крізь щілину AB і $\Delta x = AB$. Зменшуючи

AB , можна виміряти x із наперед заданою точністю, тоді $\Delta x = 0$. Коли розміри щілини будуть порядку дебройлівської довжини хвилі, тобто $\lambda = 2\pi\hbar/p$, матиме місце дифракція фотонів: на екрані CD спостерігається дифракційна картина – симетричний відносно осі Oy головний максимум і ряд вторинних максимумів; до щілини всі фотони рухались уздовж вісі Oy і при відхиленні від попереднього напрямку одержують приріст імпульсу Δp_x вздовж Ox . Можна вважати, що вся дифракційна картина має ширину від нижнього першого мінімуму до відповідного верхнього. Тому $\Delta p \approx p \operatorname{tg} \alpha \approx p \sin \alpha$ (за умови, що α – малий). Отже: $\Delta p = 2\pi\hbar/\lambda \cdot \sin \alpha$; $\Delta x \sin \alpha = k\lambda$ ($k=1$) $\Rightarrow \Delta x \sin \alpha = \lambda$. Тоді: $\Delta x \cdot \Delta p_x \approx 2\pi\hbar$. Коли враховувати і вторинні максимуми, тоді $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq 2\pi\hbar$, тобто одержуємо співвідношення невизначеностей Гейзенберга (одну з його форм) [303, с. 50–51].

Наслідок. Співвідношення невизначеностей Гейзенберга $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq 2\pi\hbar$ підтверджує неklasичну природу світла на мікрорівні та уможлиблює узгодження одночасного прояву його корпускулярних і хвильових властивостей, змодельованого як потік фотонів.

Експеримент. Розв'язуючи проблему експериментальної перевірки співвідношень невизначеностей у представленні Гейзенберга, нами виявлений найпоширеніший варіант її реалізації у змісті робіт лабораторного практикуму у курсі загальної фізики «Перевірка співвідношень невизначеностей для фотонів» [41; 104; 211]. У більшості варіантів виконання цієї роботи джерелом випромінювання є гелій-неоновий лазер. Оскільки питання про лазери включені в програму з фізики для середньої школи і промисловість випускає лазери, призначені спеціально для шкільних навчальних потреб, цілком поділяємо і підтримуємо думку С. Величка про те, що «... вчитель фізики не тільки може, але й повинен використовувати навчальний лазер для різних дидактичних цілей» [62, с. 3].

Проте гелій-неоновий лазер, як джерело випромінювання, не завжди можна відшукати у звичайному фізичному кабінеті загальноосвітньої школи і

тому ми спробували реалізувати варіант лабораторної роботи з експериментальної перевірки співвідношень невизначеностей Гейзенберга у представленні $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \hbar$ для дифракції фотонів на вузькій щілині від червоного лазерного діода. Таке джерело випромінювання світла ми запозичили у однієї з найпоширеніших типів лазерних указок, яку легко придбати сьогодні будь-де. У лазерних указках використовуються лазерні діоди з коліматором. Такі діоди випромінюють когерентні монохроматичні електромагнітні хвилі видимого діапазону спектру довжиною 650–670 нм. Їх потужність варіюється від 1 мВт до 1 Вт. Малопотужні указки живляться від маленьких батарейок-«таблеток» і коштують на сьогодні не більше 12–60 грн.

Для того, щоб час від часу не виконувати заміну батарейок для живлення лазерного діода ми закріплюємо його у спеціально виготовленому корпусі і подаємо на нього стабілізовану напругу 6 В. Саме за такої напруги починає працювати в активному режимі використовуваний нами лазерний діод.

Раніше нами пропонувався варіант стабілізатора напруги для засобів мікроелектроніки, які розраховані на напругу 5 В [70]. Виготовити подібне джерело живлення для лазерного діода вимагає лише заміни у ньому мікросхеми КР142ЕН5А на КР142ЕН5Б (або КР142ЕН5Г), яка розрахована на стабілізацію напруги у 6 В.

Для конструювання стабілізованого джерела живлення використовують понижувальний трансформатор напруги (6-10 В), випрямляч КЦ402А (їх може замінити джерело вторинного живлення ІЭПП-2), мікросхему КР142ЕН5Б (або КР142ЕН5Г), два електролітичні конденсатори з ємностями 1000 і 100 мкФ, розраховані на напругу не нижчу за 6,3 В та двоватний резистор на 10 Ом. Вказаний блок живлення зручно збирати на базі трансформатора (ЛИП-90), використавши обидві половини вторинної обмотки [70, с. 53].

Наводимо варіант лабораторної роботи «Експериментальна перевірка співвідношення невизначеностей Гейзенберга для фотонів».

Мета роботи: експериментально перевірити співвідношення $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \hbar$.

Прилади і матеріали: оптична лава, джерело випромінювання (лазерна

указка, або лазерний діод ($\lambda = 650$ нм) із стабілізованим джерелом живлення), щілина з мікрометричним гвинтом, екран з міліметровим папером, рулетка.

Завдання: а) Під час підготовки до роботи: користуючись рекомендованою літературою [204, с. 277–287], вивчити питання стосовно співвідношень невизначеностей Гейзенберга; у робочий зошит записати мету та завдання роботи, теоретичні відомості та опис установки, намалювати схему досліду.
б) Під час виконання роботи: перевірити співвідношення $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \hbar$; побудувати графік залежності D від Δx ; виконати аналіз одержаних результатів, оформити звіт і подати його викладачеві.

Правила техніки безпеки: бережіть очі від попадання прямого та відбитого лазерного випромінювання; слід обережно працювати поблизу нуля мікрометричного гвинта щілини щоб запобігти її псуванню.

Теоретичні відомості та опис установки

Основною причиною існування співвідношень невизначеностей є спроби описати квантові прояви поведінки мікросистем за допомогою математичних моделей класичної фізики. Проте мікроскопічні об'єкти описуються принципово іншими, некласичними, а квантовими поняттями і законами. Досліди свідчать – всі мікрооб'єкти володіють не лише корпускулярними але й хвильовими властивостями. І саме це є одним з джерел співвідношення невизначеностей.

Принцип невизначеностей – одне із фундаментальних положень квантової теорії, яке стверджує, що не існує таких станів фізичної системи, в яких дві канонічно спряжені динамічні змінні мають одночасно цілком певні значення. Жоден експеримент не зможе привести до одночасного точного вимірювання таких величин, притому неточність у вимірюваннях не пов'язана з недосконалістю експериментальної техніки – це об'єктивна властивість досліджуваної системи. Канонічно спряженими величинами є, наприклад, координата та відповідна їй проекція імпульсу, енергія і час й ін. У класичній механіці ці величини визначаються одночасно і з будь-якою точністю.

У квантовій механіці має місце *корпускулярно-хвильовий дуалізм* – кожній

мікрочастинці приписується певна хвиля, довжина якої визначається з формули де Бройля, як $\lambda = 2\pi\hbar/p$, де p – імпульс частинки. Тоді визначення місця знаходження мікрочастинки в будь-який момент часу втрачає фізичний зміст, оскільки хвиля, як протяжний об'єкт, не може бути зосереджена в одній точці з певною координатою. У свою чергу, імпульс визначається через довжину хвилі, як $p = 2\pi\hbar/\lambda$, тому координата з певним імпульсом цілком невизначена. З іншого боку, якщо координата частинки точно відома, то її імпульс повністю невизначений. Між невизначеністю координати Δx і невизначеністю відповідної проекції імпульсу Δp_x існує співвідношення $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \hbar$. Тобто, чим точніше визначати координату, чим меншим буде значення Δx , тим більшою буде невизначеність за імпульсом Δp_x і, навпаки, чим точніше визначено імпульс, чим меншим буде Δp_x , тим більшою виявляється невизначеність за координатою. Це, в свою чергу, означає, що поняття координати і імпульсу в класичному розумінні не можуть бути застосовані до опису мікроскопічних об'єктів.

Розглянемо з позицій вище викладеного дифракцію фотонів на щілині шириною Δx (рис. 5.4).

Фотони потрапляють на щілину паралельно вісі y . До щілини певний фотон мав імпульс \vec{p} , вектор якого точно співпадав з віссю y . Тобто проекція імпульсу цього фотона на вісь x $p_x = 0$, а отже і $\Delta p_x = 0$. Відмітимо також, що до щілини значення імпульсу було цілком визначеним – воно становило $p = 2\pi\hbar/\lambda$, проте координата фотона мала повну невизначеність. За допомогою щілини невизначеність координати можна зменшити, тепер вона має конкретну величину, яка дорівнює ширині щілини, тобто Δx . Натомість імпульс фотона при проходженні ним щілини набуває невизначеності, що становить щонайменше Δp_x .

Причиною цього є явище дифракції – після проходження щілини фотони відхиляться від вісі y на певні кути. Найбільша їх кількість (приблизно 80%) потрапляє у сектор, обмежений кутом 2φ , і утворює центральний

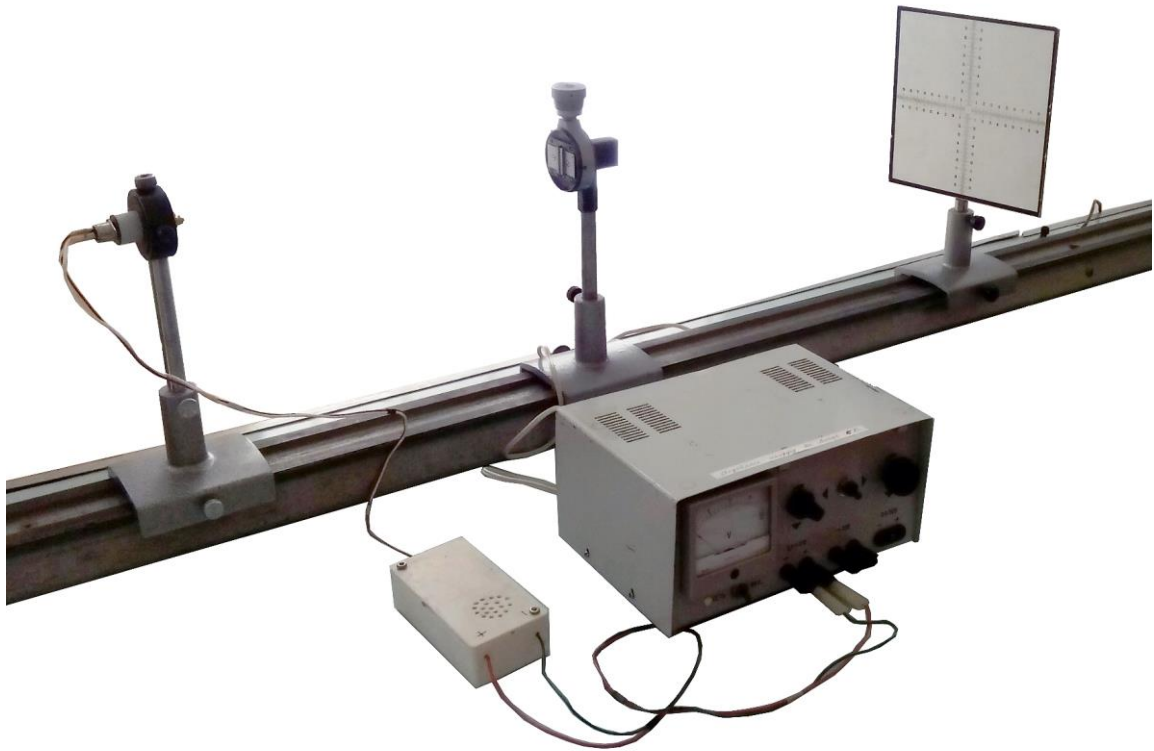


Рис. 5.5 Експериментальна установка з перевірки співвідношення невизначеностей Гейзенберга

2. Змінювати ширину щілини через 0,02–0,04 мм і для кожного її значення вимірювати на екрані з міліметровою сіткою ширину $2D$ центрального дифракційного максимуму. Вимірювання виконати тричі, спочатку розкриваючи щілину, а потім зменшуючи її ширину. Для кожного значення Δx усереднити D .

3. Побудувати графік залежності D від Δx і проаналізувати його.

4. Дії пунктів 2 і 3 виконати для віддалей L , рівних 2; 2,5 і 3 м.

5. Виконати порівняльний аналіз одержаних результатів. Переконайтеся, що для різних L добуток $L \cdot \lambda$ дорівнює добутку $\Delta x \cdot D$.

Результати запропонованого нами експериментального завдання для віддалі між щілиною і екраном $L = 3$ м і довжини хвилі лазерного випромінювання $\lambda = 650$ нм представлено в таблиці 5.5 та графічно, що зображено на рис. 5.6.

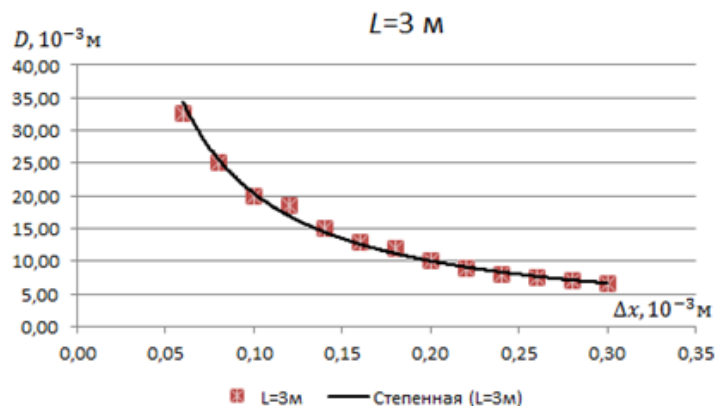
Пропонований варіант експериментальної перевірки співвідношень невизначеностей є доступним і доцільним не лише в лабораторному практикумі з загальної фізики під час вивчення студентами корпускулярно-хвильового дуалізму в змісті курсу квантової фізики, але й з огляду на простоту і

доступність використаних нами засобів експериментування має потенційні можливості своєї реалізації під час вивчення учнями основ квантової фізики в загальноосвітній школі.

Таблиця 5.5

Результати експериментальної перевірки співвідношення невизначеностей Гейзенберга для фотонів

$L = 3 \text{ м}$		$\lambda = 650 \cdot 10^{-9} \text{ м}$				$L \cdot \lambda, 10^{-6} \text{ м}$	$\Delta, 10^{-6} \text{ м}$	$\varepsilon, \%$
№ досліджу	$\Delta x, 10^{-3} \text{ м}$	$D, 10^{-3} \text{ м}$	$2D, 10^{-3} \text{ м}$	$\Delta x \cdot D, 10^{-6} \text{ м}$	$\Delta_1, 10^{-6} \text{ м}$			
1	0,06	32,50	65	1,95	0,07	$\Delta = \Delta x \cdot D - L \cdot \lambda + \Delta_1$	$\varepsilon = \frac{\Delta}{\Delta x \cdot D} \cdot 100\%$	
2	0,08	25,00	50	2,00	0,02			
3	0,10	20,00	40	2,00	0,02			
4	0,12	18,50	37	2,22	0,20			
5	0,14	15,00	30	2,10	0,08			
6	0,16	13,00	26	2,08	0,06			
7	0,18	12,00	24	2,16	0,14			
8	0,20	10,00	20	2,00	0,02			
9	0,22	9,00	18	1,98	0,04			
10	0,24	8,00	16	1,92	0,10			
11	0,26	7,50	15	1,95	0,07			
12	0,28	7,00	14	1,96	0,06			
13	0,30	6,50	13	1,95	0,07			
ср				2,02	0,07	1,95	0,14	7,13



$$L \cdot \lambda = \Delta x \cdot D \approx (2,02 \pm 0,14) \cdot 10^{-6} \text{ м}; \quad \varepsilon = 7,13\%$$

Рис. 5.6. Залежність ширини першого дифракційного максимуму від ширини дифракційної щілини для лазерного випромінювання $\lambda = 650 \text{ нм}$ і віддалі між щілиною і екраном $L = 3 \text{ м}$

Цей варіант організації навчальної діяльності студентів під час вивчення співвідношень невизначеностей Гейзенберга на засадах принципу циклічності, постановка і виконання експериментального завдання, виконаного на

підтвердження наслідків відповідного модельного експерименту є прикладом забезпечення якості наукового пізнання майбутніх вчителів фізики з визначення фізичної сутності світла на мікрорівні. Водночас це приклад реалізації висновків про необхідність упровадження до навчального фізичного експерименту дослідницького і прикладного змісту, феноменологічних і функціональних дослідів, які обґрунтовують теоретичні відомості та уможливають постановку і реалізацію проблемних і цікавих дослідів у змісті відповідних експериментальних завдань загальноосвітньої школи.

У курсі *вибраних питань теоретичної фізики* ми презентуємо ряд положень з розширення поняття про співвідношення невизначеностей в прикладному плані до типових неklasичних об'єктів. Водночас указуємо й на те, що *існують класичні співвідношення схожі до квантових співвідношень невизначеностей*, природа існування яких пов'язана з хвильовими властивостями сигналів та відповідною взаємодією детектора із сигналом, а також сигналу із резонатором. Тому ми пропонуємо *розширити опис поняття про співвідношення невизначеностей до ряду макросистем* і отримати їх для частоти й часу, як наслідок взаємодії хвиль та коливальних макросистем; координати і хвильового числа тощо [320].

Ще однією визначальною особливістю співвідношень невизначеностей є те, що вони дають змогу *встановити критерії*, за допомогою яких під час дослідження явищ мікросвіту до них можна застосовувати закони класичної механіки. Ця особливість є досить корисною під час відбору й розв'язування задач з вивчення основних понять квантової механіки в *шкільному курсі фізики*, оскільки сучасна математична основа квантової механіки для загальноосвітньої школи є занадто складною і недоступною через брак відповідної математичної підготовки учнів. Проте виявляється, що під час аналізу явищ мікросвіту на засадах співвідношень невизначеностей та за певних умов допустимо використання понять класичної механіки (в камері Вільсона, в електронно-променевій трубці та ін.).

Наведемо найпростіші приклади:

Приклад 1. Ракета масою 10^3 кг обертається навколо Землі за коловою орбітою. Радіус орбіти 6500 км, швидкість ракети 8 км/с. З якою точністю можна задати радіус і швидкість польоту?

Оскільки ракета рухається за коловою орбітою, тому її швидкість в кожній точці траєкторії перпендикулярна до радіусу, отже $v_p = 0$ і тому $\Delta v_p = 0$. Врахуємо, що $\Delta p_r \Delta r \approx \hbar$. Нехай точність визначення радіусу орбіти є співрозмірною з діаметром атому $\Delta r = 10^{-10}$ м. Тоді невизначеність за радіальною складовою імпульсу ракети $\Delta p_r \approx \hbar / \Delta r \approx 10^{-24}$ (кг·м)/с. Для відповідної складової швидкості $\Delta v_r = \Delta p_r / m_p \approx 10^{-27}$ кг/с, де $m_p = 10^3$ кг (маса ракети за умови). Але $v_p \gg \Delta v_r$. Отже, для аналізу руху макротіл співвідношення невизначеностей не відіграє жодної ролі і цими невизначеностями ($\Delta v_r, \Delta r$) можна знехтувати та вважати, що розв'язок задачі може бути отриманий з будь-якою наперед заданою точністю.

Приклад 2. Електрон рухається в бетатроні за коловою орбітою радіусом 2,5 м і зі швидкістю, що складає 99% швидкості світла, $v = 0,99c = 2,97 \cdot 10^8$ м/с. З якою точністю можна відшукати радіус орбіти та швидкість електрона?

Для пропонованого релятивістського випадку врахуємо, що $m = m(v)$, тобто

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{m_0}{\sqrt{\left(1 - \frac{v}{c}\right)\left(1 + \frac{v}{c}\right)}} = \frac{m_0}{\sqrt{0,01 \cdot 1,99}} = \frac{m_0}{1,41 \cdot 0,1} \approx 7,1 m_0,$$

де m_0 – маса спокою електрона. Задаймо невизначеність радіуса його орбіти $\Delta r = 0,05$ м. Тоді невизначеність радіальної компоненти швидкості

$$\Delta v_r \approx \frac{\hbar}{7,1 m_0 \Delta r} \approx \frac{10^{-34}}{7 \cdot 9 \cdot 10^{-31} \cdot 5 \cdot 10^{-2}} \approx 0,0003 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Ця величина порівняно з $2,97 \cdot 10^8$ м/с дуже мала і нею можна знехтувати. Таким чином, при русі електрона уздовж макротраєкторії невизначеність Δv_r ніякої ролі не відіграє (задачу можна розв'язувати класичними методами з урахуванням релятивістських поправок).

Приклад 3. Розглянемо рух електронів в атомі. Радіус атома $r \approx 5 \cdot 10^{-11}$ м, а орбітальна швидкість $v \approx 10^6$ м/с. Релятивістськими ефектами можна знехтувати, бо $v \ll c$ ($c = 3 \cdot 10^8$ м/с), а тому $m = m_0$.

Нехай невизначеність радіуса становить 1% радіуса орбіти електрона: $\Delta r = 0,01 r = 5 \cdot 10^{-13}$ м. Отже, $\Delta v_r \approx \hbar / (m_0 \Delta r) = 2,2 \cdot 10^8$ м/с (майже швидкість світла). Отже, ніякої мови про рух електрона уздовж орбіти вести не можна, бо швидкість його руху повністю невизначена, це свідчить про те, що співвідношення невизначеності в атомі працює.

Водночас нами запропоновано низку олімпіадних задач з фізики для загальноосвітньої школи, успіх розв'язування яких пов'язаний із доцільністю застосування для їх аналізу співвідношень невизначеностей [74].

Перевірити ефективність сформованих знань студентів про співвідношення невизначеностей виявляється можливим під час їх педагогічної практики у профільній загальноосвітній школі.

Для дисципліни «Вибрані питання теоретичної фізики» нами розроблено й *упроваджено* в навчальний процес методичні розробки щодо вивчення студентами з погляду різних теоретичних схем (принципу симетрій [292], принципу відповідності [305], законів збереження [299; 298], співвідношень невизначеностей [293; 303; 320]; ефекту квантування магнітного потоку [493] для дисципліни «Фізика твердого тіла» [331].

5.3. Організація та проведення педагогічного експерименту

Для перевірки основних положень наукового дослідження, унаслідок якої потрібно було виявити ефективність розробленої МСН ММФ у педагогічних університетах, упродовж 2005–2015 рр. на фізико-математичному факультеті Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка організовано педагогічний експеримент. Ефективність окремих її складників досліджено на експериментальних майданчиках у восьми інших університетах України (Черкаського національного університету імені Богдана

Хмельницького, Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка, Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини, ДВНЗ «Запорізький національний університет», Чернігівського національного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка, Херсонського державного університету, Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова, Рівненського державного гуманітарного університету).

В експерименті брали участь 976 студентів і 68 викладачів; експериментальна вибірка складалася із 141 і 138 студентів.

Експериментальна перевірка передбачала чотири етапи: констатувальний, пошуковий, формувальний та контрольний. Перед цим здійснено тривале вивчення проблеми дослідження та проведено практичну роботу в КДПУ ім. В. Винниченка.

Хронологічні межі дослідження (2005–2015 рр.):

На *констатувальному етапі* дослідження (2005–2007 рр.) здійснено діагностування стану розробленості питання формування МКФ студентів у теорії та практиці ПП майбутніх учителів і викладачів фізики в педагогічних університетах.

На *пошуковому етапі* дослідження (2008–2011 рр.) виконано такі завдання: визначено компоненти, створено модель і розроблено методичну систему формування й розвитку в майбутніх учителів і викладачів фізики МКФ у навчанні теоретичної фізики; обґрунтовано педагогічні умови її впровадження в процес навчання ММФ і ТФ, визначено інтегративні чинники відповідної міждисциплінарної взаємодії. При цьому розроблено й інваріантний складник змісту дисципліни «Математичні методи фізики», створено методичні матеріали та апробовано й скориговано елементи МС.

На *формувальному етапі* педагогічного експерименту (2012–2015 рр.) перевірено ефективність застосування методичної системи формування МКФ. Для цього студентів розподілено на експериментальні й контрольні групи, а також підготовлено викладачів фізики до реалізації розробленої методичної системи в практиці навчання ММФ та теоретичної фізики майбутніх учителів і

викладачів фізики; упроваджено дидактичні матеріали, спрямовані на формування в студентів когнітивного, діяльнісного та особистісного компонентів МКФ; проведено діагностику результатів упровадження методичних рекомендацій у навчальний процес. Викладачів забезпечено потрібними матеріалами: вони мали змогу користуватися підготовленими навчально-методичними посібниками, у яких подано теоретичні й практичні матеріали для реалізації навчального процесу. Студентів залучено до виконання індивідуальних дослідницьких завдань контекстного змісту, тематику яких визначено так, що їх виконання передбачає роботу з різними джерелами інформації, представленої в різних формах. Окрім того, ці завдання мають практичну спрямованість і міждисциплінарний зміст.

Завдання для перевірки ефективності впровадження МС зумовило потребу розроблення критерійно-рівневого апарату дослідження. Згідно із структурою МКФ обрано пізнавальний, операційний та мотиваційний критерії, які відповідно співвідносяться з компонентами МКФ – когнітивним, діяльнісним, особистісним. За критеріями визначено рівень сформованості структурних складників МКФ: когнітивно-діяльнісного, мотиваційного, ціннісно-рефлексивного, емоційно-вольового. Для кожного із складників визначено показники та методики вияву рівнів сформованості (низького, середнього, достатнього і високого), що представлено в п. 5.1.

На *завершальному етапі* (2015 р.) проаналізовано й узагальнено результати дослідження: визначено розподіли студентів контрольних і експериментальних груп за рівнями сформованості компонентів МКФ у кінці педагогічного експерименту; здійснено порівняння розподілів студентів обох груп на початку та в кінці експерименту статистичними методами; виконано узагальнення результатів педагогічного експерименту.

Під час проектування педагогічного експерименту основоположним для нас було твердження, що це дослідна діяльність, яку організовано для вивчення причинно-наслідкових зв'язків у педагогічних явищах, що припускає моделювання педагогічного явища й умов його перебігу; активний вплив

дослідника на педагогічне явище; вимірювання результатів педагогічного впливу та взаємодії.

Ефективності МСН ММФ досягнуто завдяки її впровадженню в навчальний процес теоретичних курсів фізики напряму (спеціальності) підготовки: 6.040203 Фізика*; 7.04020301 Фізика*; 8.04020301 Фізика* для формування й розвитку МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики.

У процесі планування, організації та проведення педагогічного експерименту ми враховували теоретичні засади експериментальних досліджень у педагогіці, викладені в працях С. У. Гончаренка [98], З. Н. Курлянд [276], В. К. Сидоренка, П. В. Дмитренка [388], поетапність педагогічного експерименту.

На *констатувальному етапі* проаналізовано стан підготовки студентів з ММФ і ТФ у педагогічних університетах, зокрема діагностовано стан розробленості проблеми навчання ММФ і ТФ на засадах міждисциплінарного підходу та з'ясовано наявний рівень сформованості МКФ студентів у процесі вивчення теоретичних курсів фізики. Зокрема здійснено таке:

- проаналізовано нормативні документи, що регламентують організацію навчально-виховного процесу у ВНЗ, освітні стандарти, навчальні плани ПП майбутніх учителів і викладачів фізики; узагальнено передовий педагогічний досвід викладачів фізики педагогічних університетів; виявлено стан розробленості проблеми дослідження; розглянуто можливі шляхи формування й розвитку в студентів МКФ;

- вивчено можливості навчально-методичного забезпечення: навчальних програм, підручників, методичних рекомендацій, навчально-методичних комплексів циклу дисциплін ПП майбутніх учителів і викладачів фізики щодо можливостей реалізації інтегрованого підходу (фундаменталізації, міждисциплінарного, контекстного, інформаційного, компетентнісного підходів) до навчання ММФ і ТФ (див. п. 2.4, рис. 2.11);

- досліджено рівень якості фізико-математичної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики в курсах ММФ і ТФ та готовності викладачів цих

дисциплін до впровадження фундаменталізації, міждисциплінарного, контекстного, інформаційного, компетентнісного підходів у змісті теоретичних курсів фізики;

– обговорено напрям дослідження.

На основі спостережень, бесід з викладачами фізики, аналізу лекційних, практичних та лабораторних занять з фізики, які ми проводили або відвідували, а також аналізу письмових контрольних та самостійних робіт студентів зроблено висновок про загалом низький рівень сформованості МКФ. Це є однією з причин неспроможності студентів на належному рівні застосовувати методи математичного моделювання в навчально-пізнавальному процесі з ТФ. З одного боку, це спричинено формальним та абстрактним характером знакових категорій математики, які на практиці потрібно застосовувати в навчально-пізнавальному процесі з ТФ, з іншого – потрібно врахування специфіки її методології на рівні взаємозумовленості теоретичного й емпіричного в пізнанні, визначення місця математичних методів у їхньому співвідношенні. Водночас, що особливо важливо для майбутнього вчителя, студент повинен мати сформовану здатність адаптувати наукові знання до шкільних умов на рівні методичних компетенцій учителя фізики. Виявлено, що традиційний формально-логічний підхід до формування МКФ у змісті окремих дисциплін циклу ПП майбутніх вчителів фізики значною мірою спричиняє низьку успішність і якість навчання теоретичних курсів фізики.

Для з'ясування низького рівня сформованості МКФ під час вивчення теоретичних курсів фізики ми були провели бесіди зі студентами спеціальності «Фізика» КДПУ ім. В. Винниченка та анкетування (див. дод. К.2) студентів. Визначальною характеристикою проведення лекції студенти назвали її науковість (62%) та математичне унаочнення (47%). Виявилось, що більше половини (64%) студентів на лекції автоматично записує матеріал, не заглиблюючись у його суть, 5% – лише слухає, а вдома самостійно складає конспект, доопрацьовуючи матеріал. На думку студентів, кращому розумінню лекційного матеріалу з ТФ сприяє їхня попередня підготовка з курсу загальної

фізики (56%) і ММФ (42%). Лишень 2% – вважає, що доцільно попередньо опрацювати лекційний матеріал. Найбільший інтерес до навчального матеріалу з ТФ викликає в студентів (53%) узгодженість наслідків теоретичних і експериментальних досліджень у фізиці, 38% – цікавляться прикладами практичного застосування отриманих знань. Глибшому розумінню й усвідомленню навчального матеріалу сприяють детальний математичний аналіз теоретичної моделі фізичної системи, явища або процесу – 27% студентів, якісний аналіз наслідків математичного моделювання – 34% студентів. Для 31% студентів важливою є обґрунтованість доцільності математичного моделювання фізичної системи щодо наслідків її практичного використання. Більшість студентів (79%) зауважує відсутність зосередження уваги на важливості пропонованого навчального матеріалу в майбутній професійній діяльності; також значна частина студентів (85%) висловила думку про те, що лекції мають формальний характер, оскільки математичний аналіз теоретичних моделей фізичних систем є опосередкованим щодо реальних експериментальних дослідів і спостережень або віртуальних форм їх представлення (комп'ютерне моделювання); 41% респондентів вважає, що відсутність мультимедійного забезпечення, зокрема віртуальних дослідів і математичних пакетів, не сприяє усвідомленому засвоєнню методів математичного моделювання фізичних систем.

У процесі дослідження нами виявлено, що визначальними чинниками формування й розвитку в студентів МКФ на лекціях з теоретичних курсів фізики є:

- мотивація потреби та важливості вивчення теоретичних моделей фізичних систем на засадах математичного моделювання в змісті лекційного матеріалу;

- розвиток інтересу завдяки комплексному представленню різноманітних математичних методів до аналізу явищ і процесів у фізичних системах з позицій різних умов формулювання задачі, у процесі комплексного застосування мисленнєвого та віртуального навчального експериментів, використання історичного матеріалу щодо виконання фундаментальних

досліджень;

- створення проблемних ситуацій з позицій співвідношення наслідків математичного аналізу теоретичної моделі фізичної системи з реальними експериментальними фактами або наслідками віртуального фізичного експерименту;

- зосередження уваги на зв'язку пропонованого теоретичного матеріалу з розвитком науково-технічного прогресу, з його практичним застосуванням у повсякденному житті та в майбутній професійній діяльності;

- доступність, послідовність та лаконічність викладу матеріалу;

- мультимедійна підтримка, віртуальні досліди, математичні пакети тощо.

Низький рівень сформованості МКФ студентів на практичних заняттях з теоретичних курсів фізики спричинено тим, що студенти розв'язують лише стандартні математичні задачі прикладного фізичного змісту. Утім, можливість залучення варіативних математичних методів щодо їх розв'язання, на думку респондентів (35%), є більш корисним; 38% студентів хотіли б розв'язувати задачі практичного спрямування із можливістю подальшої експериментальної перевірки наслідків математичного моделювання з використанням фізичного обладнання; а частина (31%) – бажає розв'язувати задачі розрахункового або графічного змісту з використанням комп'ютерного моделювання або прикладного програмного забезпечення. Найбільший інтерес у студентів викликають індивідуальні завдання під час їхньої самостійної підготовки – 51% з них стверджують, що із задоволенням виконують завдання теоретичного спрямування, розв'язуючи нестандартні фізичні задачі або готуючи реферат; 22% студентів приваблюють завдання практичного спрямування з можливістю проведення натурного фізичного експерименту, 18% – віртуального фізичного експерименту із залученням комп'ютерної техніки, 9% студентів указують на те, що їм подобаються професійно орієнтовані завдання з можливістю адаптації змісту і методів їх розв'язання до шкільних умов. Незважаючи на це, для 76% студентів індивідуальні завдання є складними, тому вони виконують їх з допомогою викладачів, одногрупників, старшокурсників. Лише 2% студентів

уважає, що індивідуальні завдання для них є простими і не цікавими. На нашу думку, для задоволення запитів студентів потрібно розробити індивідуальні завдання різноманітного спрямування (теоретичного, прикладного, професійно зорієнтованого), що забезпечить формування й розвиток МКФ студентів на практичних заняттях та під час самостійної роботи.

На *пошуковому етапі* дослідження здійснено таке:

- обґрунтовано тему дослідження, мету, завдання;
- визначено компоненти МСН ММФ, структуру МКФ на рівні предметного змісту курсу ММФ і міждисциплінарному рівні його взаємодії з курсом ТФ, а також ключових МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики; обґрунтовано педагогічні та організаційно-методичні умов ефективності впровадження МСН ММФ у навчальний процесі з теоретичних курсів фізики педагогічних університетів;

- обґрунтовано доцільність застосування інтегрованого підходу (фундаменталізації, міждисциплінарного, контекстного, інформаційного, компетентнісного підходів) до формування й розвитку МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики на рівні базових професійних компетенцій фахівців;

- створено загальну концепцію розроблення й упровадження МСН ММФ у педагогічних університетах;

- побудовано структурно-функціональну модель процесу формування й розвитку МКФ майбутніх учителів і викладачів фізики в навчанні ММФ і ТФ;

- розроблено компетентнісно зорієнтовану МСН ММФ на засадах інтеграційного підходу до теоретичних курсів фізики;

- спроектовано МСН ММФ формувального типу для забезпечення процесу формування МКФ у змісті дисципліни «Математичні методи фізики» на рівнях змістових модулів, тем, педагогічної ситуації;

- обґрунтовано та розроблено порівняльно-узгоджувальний підхід до цілеспрямованого формування МКФ студентів у навчанні ТФ; розроблено й упроваджено в навчання теоретичних курсів фізики педагогічних університетів

авторські методики його реалізації щодо вивчення законів збереження з позицій принципу симетрій; принципу невизначеностей у курсі ТФ, загальної фізики та адаптації в курсі методики навчання фізики для профільної загальноосвітньої школи;

- розроблено теоретичні й експериментальні завдання прикладного змісту для реалізації «принципу циклічності» навчання студентів фізики в курсі ТФ, загальної фізики, методики навчання фізики;

- створено методичні матеріали для викладачів курсів ММФ і ТФ важливі для впровадження розробленого проекту в практику навчання фізики;

- апробовано та скориговано складники розробленої МСН ММФ під час навчання студентів ММФ, ТФ, вибраних питань ТФ, фізики твердого тіла в дев'яти вищезазначених ВНЗ України на тих випускових кафедрах, які готують майбутніх учителів і викладачів фізики.

На цьому етапі використано такий педагогічний інструментарій: педагогічне спостереження, анкетування, проведення контрольних робіт, тестових завдань, інтерв'ювання, опитування.

На *формульовальному етапі* педагогічного експерименту перевірено ефективність МСН ММФ у процесі формування МКФ студентів під час навчання теоретичних курсів фізики. Для цього виконане таке:

- відібрано експериментальні та контрольні групи для проведення педагогічного експерименту;

- підготовлено викладачів фізики до впровадження розробленої МС у практику навчання теоретичних курсів фізики;

- упроваджено дидактичні матеріали, спрямовані на формування в студентів когнітивно-діяльнісного, мотиваційного, ціннісно-рефлексивного та емоційно-вольового складників МКФ у навчанні студентів ММФ;

- діагностовано результати впровадження методичних рекомендацій щодо формування МКФ студентів у навчанні ММФ.

Експеримент проведено в умовах навчального процесу із залученням розробленого методичного забезпечення в експериментальних групах. У

контрольних групах навчання організовано за традиційними методиками.

Для проведення зазначених процедур було застосовано такі методи: теоретичні (аналіз, порівняння, узагальнення, систематизація); емпіричні (спостереження, тестування, аналіз продуктів навчальної діяльності студентів, навчальний експеримент), а також методи математичної статистики.

На *завершальному етапі* педагогічного експерименту проаналізовано та узагальнено підсумки теоретико-експериментального дослідження, сформульовано теоретичні й практичні висновки, оформлено результати експериментальної роботи. Для цього проаналізовано результати формувального етапу, а саме:

- розподілено студентів контрольних і експериментальних груп за рівнями сформованості компонентів МКФ: когнітивно-діяльнісного, мотиваційного; ціннісно-рефлексивного; емоційно-вольового в кінці педагогічного експерименту;

- здійснено порівняння розподілів студентів експериментальної та контрольної вибірок на початку і в кінці експерименту;

- проаналізовано результативність експерименту за допомогою методів математичної статистики: для статистичного обґрунтування відсутності розбіжностей між розподілами студентів експериментальної і контрольної груп за рівнем навчальних досягнень з ММФ використано критерій Пірсона (χ^2); для оцінки статистичної достовірності зростання рівнів сформованості визначених складників МКФ у студентів експериментальних груп порівняно з контрольними використано *G*-критерій знаків.

Результати дослідження впроваджено в практику навчання теоретичних курсів фізики в процесі ПП майбутніх учителів і викладачів фізики; навчально-методичні матеріали віддзеркалено в публікаціях автора [69; 70; 74; 292; 293; 298; 299; 303; 309; 320; 331; 493].

Розкриємо особливості окремих етапів експерименту більш докладно.

Для реалізації основних завдань формувального експерименту було відібрано навчальні заклади за такими вимогами:

- наявність кількох академічних груп у паралелі, у яких викладає один викладач;
- вибірку повинні представляти різні ВНЗ;
- майже однаковий рівень навчальних досягнень студентів контрольних і експериментальних груп;
- забезпечення навчального закладу сучасною комп'ютерною технікою, вільний доступ студентів до мережі Інтернет;
- наявність достатньої кількості обладнання в фізичному кабінеті для забезпечення професійної спрямованості навчання ММФ із залученням засобів фізичного навчального експерименту;
- готовність викладачів до участі в експерименті.

Окреслені вимоги дозволили відібрати для участі в експерименті вищевказані ВНЗ.

Формування МКФ вимагає ґрунтовного засвоєння знань з математичної теорії поля, теорії диференціальних рівнянь у часткових похідних, елементів лінійної алгебри, теорії операторів, теорії груп, а також емпіричних законів і принципів фізики щодо можливості застосування ММФ до розв'язування задач з курсу ТФ та математичної інтерпретації результатів експериментальних спостережень в умовах навчального фізичного експерименту. Це сприяє розвитку теоретичного мислення, творчих здібностей завдяки залученню студентів до виконання довготермінових дослідницьких завдань, творчих проектів; підсилення практичної спрямованості навчання ММФ. Особливої уваги потребує формування особистісного компонента МКФ, що передбачає вироблення ціннісного ставлення до знань, усвідомлення ролі наукових досягнень у розвитку суспільства, уміння оцінити одержану інформацію з позиції морально-етичних норм, здатності до самооцінювання та самовдосконалення.

Діагностування сформованості особистісних складників МКФ у студентів – майбутніх учителів і викладачів фізики – вимагала застосування методів дослідження, вибір яких зумовлено його цілями, завданнями і логікою. До них

належать такі: опитувальні, педагогічне тестування, педагогічний моніторинг; адаптовані тестові методики для діагностування ціннісних орієнтацій (тест О. І. Красилю «Що значить пізнати себе?»); Д. О. Леонтьєва для вивчення смисложиттєвих орієнтацій); інтелектуальних умінь (опитувальник Е. Зеєра для перевірки здібностей у професійній діяльності); рефлексивних умінь (методики А. В. Карпова); креативних умінь (опитувальники С. А. Гильманова для діагностики якостей творчої індивідуальності особистості, Д. Джонсона для виявлення креативності).

Готовність викладачів до участі в педагогічному експерименті передбачала підсилення уваги в експериментальних групах до реалізації вищевказаних (див. п. 5.1) вимог, важливих для організації самостійної навчальної діяльності студентів в умовах модульного навчання; використання різних видів робіт з інформацією (кодування, перекодування, схематизація, систематизація, моделювання, складання структурно-логічних схем, таблиць), застосування сучасних засобів отримання, опрацювання та збереження інформації. У контексті інформаційно-комунікаційних складників діяльнісного компонента МКФ під час навчання ММФ викладач мав звернути увагу на можливості реалізації інформаційно-комунікаційного підходу до розв'язування задач математичної фізики (із залученням математичних інформаційних пакетів) та дискретних методів розв'язування рівнянь ТФ (на засадах предметно-інформаційного підходу за умови володіння студентами навичками програмування).

Підготовка викладачів до впровадження розробленої МСН ММФ з формування й розвитку МКФ студентів у навчанні ММФ і ТФ у практику навчання ТФ полягала в їх ознайомленні з особливостями організації процесу формування МКФ на базовому етапі впровадження МС у змісті дисципліни «Математичні методи фізики», а також у забезпеченні викладачів відповідними методичними матеріалами.

Підготовку здійснено під час співбесід і консультацій з викладачами, а також у процесі їх залучення до самостійного опрацювання наукової літератури

тощо. Для забезпечення методичними матеріалами, потрібних для організації процесу формування МКФ, викладачі мали змогу користуватися підготовленим нами методичними посібниками [77; 309; 331].

Під час визначення типів ВНЗ, зорієнтованих на формування в майбутніх учителів і викладачів фізики когнітивно-діяльнісного, мотиваційного, ціннісно-рефлексивного, емоційно-вольового складників МКФ ми зважали на те, що:

- предметна, фундаментальна і загальнопрофесійна діяльність щодо засвоєння основ ММФ невіддільно взаємопов'язані, тому недоцільно розмежовувати завдання, призначені для формування МКФ на предметному, фундаментальному і загальнопрофесійному рівнях фундаменталізації змісту навчання ММФ;

- формування вмінь учитися, тобто здатності усвідомлено організовувати свою навчальну діяльність залежно від форми пропонованої інформації (вербально-понятійної, знаково-числової, наочно-графічної), потребує систематичного залучення студентів до виконання відповідних вправ з формування усвідомленої й повноцінної когнітивної структури навчальної діяльності. У студентів важливо виробляти вміння розуміти й сприймати навчальне завдання, усвідомлювати зміст завдань і задач, формувати різноманітні способи роботи з навчальним матеріалом, здійснювати контроль і самоконтроль результатів їхньої діяльності;

- з-поміж проблем, які впливають на ступінь засвоєння студентами навчального матеріалу, ми ми визначаємо такі: недостатнє володіння мисленнєвими операціями аналізу, синтезу, узагальнення, установлення логічних відношень; незнання сутності окремих понять; малий словниковий запас; невміння працювати з поняттями (знаходити їхні істотні й несуттєві ознаки, установлювати причинно-наслідкові зв'язки між подіями, узагальнювати й класифікувати, проводити аналогії та ін.).

Зважаючи на це, ми розробили самостійно й з використанням методичної та спеціальної наукової літератури (авторів: В. І. Арнольд [7–9], Д. І. Блохінцев [40], І. Т. Богатирьов [41], Б. М. Будаєв [52], С. П. Величко [60], Є. Ф. Венгер

[63], В. С. Владіміров [67], В. П. Вовкотруб [69], П. І. Голод [92], І. Т. Горбачук [104], М. В. Дудик [117], В. О. Ільїна [147], Є. В. Коршак [184], С. Є. Кунін [199], Р. Курант [200; 201], Р. В. Майєр [227], О. А. Самарський [368], Г. І. Кручкович [372] та ін.) такі типи навчальних завдань: *на перекодування інформації*: а) з текстової форми в схематичну; б) зі схематичної форми в текстову; в) з образної (наочної) форми в текстову; г) зі словесної форми в схематичну; д) з образної форми в схематичну; е) з графічної форми в текстову; *на розвиток і зосередження уваги; на розвиток операційного складника мислення*: а) на порівняння; б) на узагальнення; в) на класифікацію; г) на уяву; д) на дослідження; е) на пошук родових і видових відносин між поняттями; ж) на аналогію; *на мовну інтерпретацію вивченого матеріалу; на словникову роботу* (складання тезауруса, глосарія, алфавітного покажчика); *на розроблення опорного конспекту* (таблиці, структурно-логічної схеми); *на заповнення таблиць фізичних величин*, потрібних для виконання завдання; *на повторення теоретичного матеріалу* шляхом зворотного відтворення опорних конспектів; *на відтворення теоретичного матеріалу за узагальненими планами* характеристики елементів фізико-математичних знань (фізична величина – математична модель фізичної величини, фізичне явище – математична модель фізичного явища, фізичний процес – математична модель фізичного процесу, фізичний закон – математичне рівняння фізичного закону в диференціальній та інтегральній формах, фізична система – математична модель фізичної системи та ін.); *на аналіз практичних життєвих ситуацій та способів їх розв'язання*; *на складання плану виконання поставленого завдання* (дослідження, проблемної ситуації, дослідницького завдання, умови математичної або фізичної задачі тощо); *на виконання навчального проекту* (довготермінового дослідницького завдання, пов'язаного з пошуком додаткової інформації, аналізом та опрацюванням); *на залучення студентів до оцінювання* відповідей одногрупників.

Загалом розроблено понад 300 завдань. Зразки таких завдань подано в посібниках [74; 77; 309; 331].

У п. 3.3 наведено приклад проекту формування в студентів МКФ у навчанні квантової механіки – варіант вивчення теми «Рух частинки в центральносиметричному полі. Атом Гідрогену». На етапі його виконання передбачено застосування інформаційних математичних пакетів (див. дод. Е).

Підготовку вчителів до розвитку МКФ забезпечено ознайомленням зі способами організації навчальних завдань, спрямованих на загальні прийоми й способи інтелектуальної діяльності (аналізу, синтезу, порівняні, абстрагуванні, узагальненні, конкретизації) під час засвоєння студентами знань про пізнавальні функції мисленнєвого експерименту (евристичну, екстраполяційну, інтерпретувальну, наукового передбачення, підготовки матеріального експерименту), формування загальних і специфічних (опосередкованих комп'ютером) умінь роботи з даними, які в сукупності засвідчують інформаційні уміння, що належать до класу ключових компетенцій, формування яких потребує узагальнених механізмів організації навчальної діяльності. До таких способів належать:

- відбір навчального матеріалу, що розкриває варіативність математичних методів під час опису емпіричних законів або принципів фізики;

- ознайомлення студентів з етапами математичного моделювання фізичних процесів і явищ у змісті експериментальних завдань з фізики, сприяти формування узагальнених умінь на рівні теоретичних і емпіричних узагальнень;

- особливим класом задач, на наш погляд, є *компетентнісно зорієнтовані задачі* – форма організації навчального матеріалу, змодельована як квазіпрофесійна діяльність, яка створює умови для цілеспрямованого формування предметних і міждисциплінарних МКФ на засадах *порівняльно-узгоджувального підходу* (див. п. 3.4);

- залучення студентів до пошуку наукової інформації про різні способи математичних узагальнень для пояснення тих самих експериментальних фактів про фізичну систему, явище або процес у фізичній системі;

- формулювання проблемних питань для встановлення критеріїв виродження усталених теоретичних схем теоретичних моделей фізичних

систем в умовах реально досліджуваних явищ або процесів у таких системах.

Зміст підручників при цьому збагачено навчальним матеріалом контекстного спрямування, професійно значущого для майбутнього вчителя фізики та викладача фізики; приклади впровадження навчально-дослідницьких проектів, що сприяють розвитку МКФ подано в додатку К.3.

Концепції підготовки спеціаліста й магістра для спеціальності Фізика* та відповідні ОКХ й ОПП є складниками, які на сьогодні розробляють і затверджують ВНЗ. Водночас у кожній навчальній дисципліні компонент державного стандарту вищої освіти ВНЗ доповнюють навчальним і робочим планами напряму (спеціальності) підготовки, навчальною програмою і навчально-методичним комплексом дисципліни, який є складним структурованим утворенням, що за цільовим, змістовим та процесуальним компонентами повинен урахувати дидактичні та методичні особливості навчання дисципліни у ВНЗ. Навчальному посібнику з ТФ, який задовольняє всі вимоги, передбачені навчальною програмою дисципліни, належить чільне місце в навчально-методичному комплексі цієї дисципліни (див. п. 4.3).

Під час спостереження за обраними показниками результативності формування МКФ у теоретичних курсах фізики із залученням інформаційних математичних пакетів ми використали 5-бальну шкалу, за якою: 1 – погано; 2 – більше погано, ніж добре; 3 – ні добре, ні погано; 4 – більше добре, ніж погано; 5 – добре. Результати спостережень, наведено в таблиці 5.6, переконують, що ММФ є універсальним і потужним чинником впливу на розвиток мислення студентів загалом і формування й розвитку МКФ у змісті теоретичних курсів фізики зокрема.

Навчальний проект використання математичного інформаційного пакету Mathcad як засобу формування МКФ під час вивчення теми «Задача про атом Гідрогену» представлено в п. 3.3. та додатку Д. Його розроблено з урахуванням структури МКФ, яка об'єднує когнітивний, діяльнісний та особистісний компоненти.

Результативність упровадження таких інновацій значною мірою залежить

від наявності в університеті відповідного ліцензійного програмного та технічного забезпечення (комп'ютерного класу для організації групової форми роботи, мультимедійного обладнання). За його відсутності результативність навчання значно знижується через перевантаження навчальною інформацією, та значні затрати часу на її опрацювання. Водночас застосування ІКТ сприяє формуванню в студентів навичок самостійної роботи з навчальним матеріалом, уміння формулювати та розв'язувати задачі, планувати виконання дослідницьких завдань, аналізувати отримані дані, робити висновки та оцінювати результати.

Таблиця 5.6

Вплив математичних методів фізики на результативність виконання студентами основних видів навчально-пізнавальної діяльності з теоретичної фізики на практичному занятті в курсі кантової механіки

Теоретична фізика (із залученням математичних пакетів)				Теоретична фізика (традиційне заняття)		
Вивчення нового матеріалу	Розв'язування задач	Виконання завдань	Показники ефективності заняття	Вивчення нового матеріалу	Розв'язування задач	Виконання завдань
5	4	4	Поведінка	4	4	4
5	5	5	Активність	2	2	3
5	4	5	Зацікавленість діяльністю	3	2	4
5	5	5	Час виконання	3	3	4
4	4	4	Увага	2	3	4
4	4	4	Самостійність	3	3	3
4	5	4	Обсяг робіт, які виконано	3	2	3
5	5	5	Якість засвоєння матеріалу	3	3	3

Підготовка викладачів до здійснення моніторингу реалізації МСН ММФ для формування й розвитку МКФ студентів у теоретичних курсах фізики полягала в їх забезпеченні діагностичним інструментарієм, застосування якого дасть змогу організувати цей процес [77; 309; 331]. Завдання ж для проведення вхідного, проміжного й підсумкового контролю у вигляді запитань і задач за змістом курсів забезпечують навчально-методичні комплекси теоретичних курсів фізики. Зокрема, матеріали для забезпечення діагностики навчальних досягнень студентів з курсу ММФ наведено в додатку К.4.

Викладачі-експериментатори одержали консультації щодо організації й проведення контрольних робіт, а також оброблення результатів. Приклади оцінювання різних видів навчальної діяльності наведені в додатку И.6.

Узагальнюючи викладене вище, зазначимо, що у своїх підходах до організації педагогічного експерименту для формування МКФ у теоретичних курсах фізики в експериментальних групах ми прагнули підготувати викладачів до:

- усвідомлення потреби здійснювати вплив на основні компоненти МКФ (зміст, процес і особистісні характеристики – мотивацію і рефлексію) їх залучення до відповідних видів діяльності;
- створення педагогічних умов для впровадження МСН ММФ, спрямованої на формування в майбутніх учителів і викладачів фізики МКФ не лише на рівні базових, але й ключових професійних компетенцій;
- заохочення студентів до реалізації різних способів діяльності, що сприяють формуванню досвіду організації навчально-пізнавальної, інформаційної, інформаційно-комунікаційної діяльності в навчанні ТФ;
- надання потрібної консультаційної допомоги студентам у пошуку інформації в різних джерелах, а також вироблення вмінь раціонально працювати з основними джерелами інформації – підручником, науковою публікацією, фізичним дослідом, віртуальним фізичним експериментом, словом викладача, малюнком, схемою й ін.

5.4. Аналіз результатів педагогічного експерименту

Результативність упровадження МСН ММФ для формування МКФ у майбутніх учителів і викладачів фізики під час вивчення курсу ММФ визначалась за допомогою критеріїв (пізнавального, операційного, мотиваційного) і показників, визначених у п. 5.1. Кожен з критеріїв співвідносяться відповідно з компонентами МКФ: пізнавальний – з когнітивним, операційний – з діяльнісний, мотиваційний – з особистісним.

Вибір експериментальної і контрольної груп здійснювався на основі аналізу розподілів студентів за рівнями навчальних досягнень на початку проведення

педагогічного експерименту. Оскільки курс ММФ починає вивчатися у другому семестрі 2 курсу, то в якості показників взято результати семестрового оцінювання студентів з курсу загальної фізики (1 семестр, 2 курсу). Розподіл навчальних досягнень студентів за рівнями представлений у табл. 5.7.

Таблиця 5.7

Розподіли студентів контрольної та експериментальної груп за рівнями навчальних досягнень

Група	Рівень		Низький		Середній		Достатній		Високий		Всього студентів
	К-сть	%	К-сть	%	К-сть	%	К-сть	%			
Контрольна	12	8,7	71	51,4	39	28,3	16	11,6	138		
Експериментальна	10	7,21	77	54,6	41	29,1	13	9,2	141		

Аналіз табл. 5.7 дає підстави для висновку, що розподіли студентів контрольної та експериментальної груп за рівнями навчальних досягнень з курсу загальної фізики є приблизно однаковим. Відмінність у відсотковому еквіваленті найбільша в кількості студентів, які виявили високий рівень навчальних досягнень – у контрольній групі їх більше на 2,4%, проте в ній на 3,2% менше студентів з середнім рівнем навчальних досягнень.

Для статистичного обґрунтування відсутності відмінностей між розподілами студентів контрольної і експериментальної груп за рівнями навчальних досягнень використано критерій Пірсона (χ^2) [389].

Керуючись алгоритмом розрахунку критерію χ^2 , розміщеним у додатку Л.2, заповнено табл. 5.8.

Таблиця 5.8

Розрахунок критерію χ^2 для порівняння розподілів студентів контрольної та експериментальної груп за рівнями навчальних досягнень із ТФ

Розряди – рівні навчальних досягнень	Частота розподілу в контрольній групі, f_{e1}	Частота розпо- ділу в експе- риментальній групі, f_{e2}	$(f_{e1} - f_{e2})$	$(f_{e1} - f_{e2})^2$	$(f_{e1} - f_{e2})^2 / f_{e2}$
Низький	12	10	2	4	0,400
Середній	71	77	-6	36	0,468
Достатній	39	41	-2	4	0,098
Високий	16	13	3	9	0,692
ВСЬОГО	138	141			1,657

У першому стовпчику зазначаємо розряди – рівні навчальних досягнень студентів з фізики, у другому вказуємо емпіричні частоти розподілу студентів у контрольній групі, в третьому – те ж саме для експериментальної групи. У наступний стовпчик вносимо різницю частот розподілів між вибіркою в контрольній і експериментальній групах. Наприклад, для низького рівня навчальних досягнень вона становить: $12-13=-1$. Далі за алгоритмом потрібно піднести ці різниці до квадрату (5 стовпчик) і розділити на емпіричну частоту в другому розподілі (6 стовпчик).

У загальному випадку $\chi_{\text{емп}}^2$ визначається за формулою:

$$\chi_{\text{емп}}^2 = \sum_{j=1}^k \frac{(f_{e1j} - f_{e2j})^2}{f_{e2j}}, \quad (5.1)$$

де f_{e1j} – емпірична частота розподілу в контрольній групі за j -тим розрядом показника; f_{e2j} – емпірична частота розподілу в експериментальній групі за j -тим розрядом показника; j – порядковий номер розряду; k – кількість розрядів показника.

Сума значень останнього стовпчика є емпіричним значенням критерію χ^2 . Як видно з таблиці 5.8, у нашому випадку $\chi_{\text{емп}}^2 = 1,657$.

За таблицею критичних значень для кількості ступенів вільності $\nu=k-1=3$, де k – кількість розрядів (у нашому випадку $k=4$), визначаємо критичне значення критерію $\chi_{\text{кр}}^2$ [389]. Для рівня статистичної значущості 0,05 критичне значення критерію становить 7,815. Оскільки $\chi_{\text{емп}}^2 < \chi_{\text{кр}}^2$, то відмінності між даними розподілами не є достовірними і ми можемо на цих групах проводити педагогічний експеримент.

За результатами вхідного діагностування було визначено рівень сформованості когнітивно-діяльнісного складника математичної компетентності з фізики студентів контрольної та експериментальної груп (табл. 5.9).

Аналіз змісту таблиці 5.9 дає підстави для висновків, що: кількість студентів із низьким рівнем сформованості когнітивно-діяльнісного складника

МКФ за пізнавальним та операційним критеріями в обох групах приблизно однакова, у особистісному компоненті різниця становить 2,4% – за мотиваційним критерієм; на достатньому рівні найгірше сформований когнітивний компонент, що було враховано під час проведення дослідження. Після проведення експерименту педагогічні вимірювання проведено повторно.

Таблиця 5.9

Таблиця критичних значень за рівнями сформованості когнітивно-діяльнісного складника математичної компетентності з фізики

Компонент Рівень	Когнітивний		Діяльнісний		Особистісний	
	Е	К	Е	К	Е	К
Низький	17 (12,1 %)	16 (11,6 %)	16 (11,3 %)	17 (12,1 %)	13 (9,2 %)	16 (11,6 %)
Середній	71 (50,4 %)	72 (52,2 %)	69 (48,9 %)	71 (50,4 %)	67 (47,5 %)	62 (44,9 %)
Достатній	49 (38,8 %)	48 (34,8 %)	51 (36,2 %)	49 (34,8 %)	60 (42,6 %)	58 (42,0 %)
Високий	4 (2,8 %)	2 (1,4 %)	5 (3,5 %)	4 (2,8 %)	1 (0,7 %)	2 (1,4 %)

Розподіл студентів експериментальної та контрольної груп за рівнями сформованості когнітивно-діяльнісного складника МКФ на початку експерименту представлено в табл. 5.10.

Таблиця 5.10

Розподіли студентів контрольної і експериментальної груп за рівнями сформованості когнітивно-діяльнісного складника математичної компетентності з фізики на початку експерименту

Компонент Рівень	Когнітивний		Діяльнісний		Особистісний	
	Е	К	Е	К	Е	К
Низький	10 (7,1 %)	14 (10,1 %)	3 (2,1 %)	12 (8,7 %)	9 (6,4 %)	16 (11,6 %)
Середній	58 (41,1 %)	72 (52,2 %)	74 (52,5 %)	73 (52,9 %)	65 (46,1 %)	64 (46,4 %)
Достатній	68 (48,2 %)	50 (36,2 %)	58 (41,1 %)	52 (37,7 %)	63 (44,7 %)	56 (40,6 %)
Високий	5 (3,5 %)	2 (1,4 %)	6 (4,3 %)	1 (0,7 %)	4 (2,8 %)	2 (1,4 %)

Порівняльний аналіз змісту табл. 5.10 виявив, що в експериментальній групі найбільший відсоток студентів мають середній рівень сформованості ОК за мотиваційним критерієм (46,1%), на низькому рівні найбільший відсоток студентів (7,1%), у яких визначено сформованість когнітивно-діяльнісного складника МКФ за пізнавальним критерієм. У контрольній групі також виявлено певні зміни, проте вони незначні.

Результати порівняння розподілу студентів за рівнем сформованості когнітивно-діяльнісного складника МКФ на початку та в кінці експерименту в

експериментальній та контрольній групах представлено в табл. 5.11.

Таблиця 5.11

Порівняльна таблиця розподілів студентів за рівнями сформованості когнітивно-діяльнісного компонентів математичної компетентності з фізики на початку та в кінці експерименту

Компонент Рівень	Група	Етап експерименту	Низький	Середній	Достатній	Високий
Когнітивний	Е	до	17 (12,1%)	71 (50,4%)	49 (38,8%)	4 (2,8%)
		після	10 (7,1%)	58 (41,1%)	68 (48,2%)	5 (3,5%)
		різниця	-7 (5,0%)	- 13 (9,2%)	+9 (13,5%)	+1 (7,7%)
	К	до	16 (11,6%)	72 (52,2%)	48 (34,8%)	2 (1,4%)
		після	14 (10,1%)	72 (52,2%)	50 (36,2%)	2 (1,4%)
		різниця	- 2 (1,4%)	0 (0%)	+2 (1,4%)	+2 (1,4%)
Діяльнісний	Е	до	16 (11,3%)	69 (48,9%)	51 (36,2%)	5 (3,5%)
		після	3 (2,1%)	74 (52,5%)	58 (41,1%)	6 (4,3%)
		різниця	-13 (9,2%)	+5 (3,5%)	+7 (5,0%)	+1 (0,7%)
	К	до	17 (12,1%)	71 (50,4%)	49 (34,8%)	4 (2,8%)
		після	12 (8,7%)	73 (52,9%)	52 (37,7%)	1 (0,7%)
		різниця	-5 (3,6%)	+2 (1,4%)	+3 (2,2%)	-3 (2,2%)
Особистісний	Е	до	13 (9,2%)	67 (47,5%)	60 (42,6%)	1 (0,7%)
		після	9 (6,4%)	65 (46,1%)	63 (44,7%)	4 (2,8%)
		різниця	-4 (2,8%)	-2 (1,4%)	+3 (2,1%)	+3 (2,1%)
	К	до	16 (11,6%)	62 (44,9%)	58 (42,0%)	+2 (1,4%)
		після	16 (11,6%)	64 (46,4%)	56 (40,6%)	+2 (1,4%)
		різниця	0 (0%)	+2 (1,4%)	-2 (1,4%)	+0 (1,4%)

Аналіз таблиці 5.11 дає підстави для висновку про характер змін, що відбулися в розподілі студентів експериментальної та контрольної груп у результаті впровадження МСН ММФ із сформованості в студентів МКФ під час вивчення курсу математичних методів фізики:

– у експериментальній групі найсуттєвіші зміни відбулися в розподілах студентів за рівнями сформованості когнітивного компонента (КК) (кількість студентів, що виявили достатній рівень сформованості КК у порівнянні з початком експерименту збільшилась на 9%), а також діяльнісного компонента (ДК) (кількість студентів, які мають достатній рівень сформованості ДК, збільшилась на 7%);

– найменші зміни відбулися в розподілах студентів за рівнями сформованості особистісного компонента (ОК, достатній рівень) в

експериментальній групі (3%);

- у контрольній групі зміни несуттєві – 2% (ДК, середній рівень).

Розподіли студентів за рівнями сформованості когнітивно-діяльнісного складника МКФ в контрольній і експериментальній вибірок визначались як середні арифметичні показників її структурних складників на початку та в кінці експерименту (табл. 5.12).

Таблиця 5.12

Розподіли студентів контрольних і експериментальних груп за рівнями сформованості когнітивно-діяльнісного складника математичної компетентності з фізики на початку та в кінці експерименту

Групи	Етап	Рівень сформованості КДК МКФ			
		Низький	Середній	Достатній	Високий
Е	До експерименту	15 (10,6%)	69 (48,9%)	53 (37,6%)	4 (2,9%)
	Після експерименту	7 (5,0%)	66 (46,8%)	63 (44,7%)	5 (3,5%)
	Різниця	- 8 (5,7%)	-3 (2,1%)	+10 (7,1%)	+1 (0,7%)
К	До експерименту	16 (11,5%)	68 (49,3%)	51 (37,0%)	3 (2,2%)
	Після експерименту	12 (8,7%)	69 (50,0%)	55 (39,9%)	2 (1,4%)
	Різниця	-4 (2,8%)	+1 (0,7%)	+4 (2,8%)	-1 (0,7%)

Порівняльний аналіз розподілів студентів за рівнями сформованості когнітивно-діяльнісного складника МКФ дає підстави для припущення про наявність позитивних змін у студентів експериментальної групи та майже їх відсутність у студентів контрольної групи. Для підтвердження даного припущення використовувався *G*-критерій знаків, який призначений для встановлення загального напрямку змін показника, що досліджується. За допомогою *G*-критерію можна досліджувати як якісні, так і кількісні зміни в розподілах. Вибір критерію здійснювався шляхом аналізу вимог до його застосування, які полягають у тому, що: а) розглядаються зміни в розподілах контрольних і експериментальних груп, які відбулися під впливом експериментальних дій; б) одні й ті ж показники визначаються на початку та в кінці експерименту; в) зміни відбуваються в вузькому діапазоні; г) кількість учасників $5 < n < 300$ [389].

Алгоритм розрахунку *G*-критерію знаків наведено в додатку Л.2. Для його

застосування необхідно було для кожного конкретного студента експериментальної та контрольної груп виконати наступне: а) визначити рівень сформованості когнітивно-діяльнісного складника МКФ перед початком експерименту; б) визначити ці ж показники після проведення експерименту; в) з'ясувати, чи відбулися зміни. Якщо рівень підвищився зміни вважаємо додатнім, якщо знизився – від'ємним, не змінився – нульовим; г) обчислити загальну кількість додатніх, від'ємних та нульових змін. Зразок такої підготовчої роботи до застосування *G*-критерію знаків на одній із академічних груп подано в додатку Л.3. Результати підрахунку занесені до табл. 5.13.

Таблиця 5.13

Розрахунок кількості додатніх, від'ємних і нульових змін у розподілах студентів за рівнями сформованості когнітивно-діяльнісного складника математичної компетентності з фізики в кінці експерименту

Кількість змін	Компоненти			когнітивно-діяльнісний складник МКФ
	Когнітивний	Діяльнісний	Особистісний	
Експериментальна група				
Додатні	37	31	29	35
Від'ємні	11	9	13	12
Нульові	93	101	99	94
СУМА	141	141	141	141
Контрольна група				
Додатні	25	21	27	22
Від'ємні	18	19	19	18
Нульові	95	98	92	98
СУМА	138	138	138	138

Порівняння змін, що відбулися в розподілі студентів за рівнями сформованості когнітивного компонента когнітивно-діяльнісного складника МКФ наведено в табл. 5.13, дало змогу зробити такі висновки: кількість студентів з додатніми змінами в експериментальних групах більша за кількість студентів з такими ж змінами у контрольних групах на 12; кількість студентів з нульовими змінами в експериментальній і контрольній вибірках порівняно з іншими видами змін максимальна й приблизно однакова (93 і 95); кількість студентів з від'ємними змінами у експериментальних групах на 9 менше ніж у контрольних.

Аналіз змін, що відбулися в розподілі студентів за рівнями сформованості діяльнісного компонента МКФ для її когнітивно-діяльнісного складника дозволив встановити, що: кількість студентів з додатними змінами в експериментальних групах на 13 більша за кількість студентів з такими змінами у контрольних групах; кількість студентів з нульовими змінами в експериментальній і контрольній вибірках порівняно з іншими видами змін максимальна і становить (94 і 98); кількість студентів з від'ємними змінами у експериментальних групах на 6 менша ніж у контрольних.

Характер змін в особистісному компоненті МКФ для її когнітивно-діяльнісного складника аналогічний до двох попередніх і свідчить про підвищення результатів навчально-пізнавальної діяльності студентів експериментальних груп порівняно з контрольними.

Загалом підвищення рівнів сформованості когнітивно-діяльнісного складника МКФ студентів експериментальних груп підтверджується більшою кількістю студентів з додатними змінами та меншою кількістю студентів з від'ємними змінами в рівнях сформованості когнітивно-діяльнісного складника МКФ порівняно з контрольними групами.

Для статистичного обґрунтування встановлених змін скористаємося G -критерієм знаків. За алгоритмом його застосування [389], наведеним у додатку Л.2., достовірними чи не достовірними є виявлені зміни в рівнях сформованості компонентів компетентності загалом (табл. 5.14). Емпіричним значенням G -критерію є кількість нетипових змін (у нашому випадку – від'ємних). Критичне значення критерію визначаємо з таблиці V [389] для даного n (n – кількість додатних і від'ємних змін). Якщо $G_{\text{емп}} < G_{\text{кр}}$, то типові зміни (у нашому випадку – додатні) можна вважати достовірними, якщо $G_{\text{емп}} > G_{\text{кр}}$ – зміни недостовірні.

Як видно з табл. 5.14, для рівня статистичної значущості $p \leq 0,05$, що є достатнім для педагогічних досліджень, зміни в бік зростання рівня сформованості когнітивно-діяльнісного складника МКФ студентів експериментальної групи є достовірними за трьома критеріями та когнітивно-

діяльнісного складника МКФ загалом. У контрольній групі зміни за цими ж показниками є недостовірними.

Таблиця 5.14

Розрахунок достовірності зростання рівня сформованості компонентів когнітивно-діяльнісного складника математичної компетентності з фізики в експериментальній і контрольній групах

Компонент	Група	n	$G_{\text{емп}}$	$G_{\text{кр}}, \rho \leq 0,05$	Висновок
Когнітивний	Е	48	11	17	Достовірно
	К	33	18	11	Не достовірно
Діяльнісний	Е	40	9	14	Достовірно
	К	30	19	10	Не достовірно
Особистісний	Е	42	13	15	Достовірно
	К	46	19	16	Не достовірно
Когнітивно-діяльнісний складник МКФ	Е	47	12	17	Достовірно
	К	40	18	14	Не достовірно

Аналогічно до вищевикладеного визначено достовірність додатних змін у мотиваційному, ціннісно-рефлексивному та емоційно-вольовому складниках МКФ. Робота здійснювалась у такій послідовності: 1) визначення розподілів студентів за рівнями сформованості компонентів кожного виду компетентності і компетентності в цілому на початку та в кінці експерименту, аналіз виявлених змін; 2) статистичне обґрунтування одержаних результатів.

Результати дослідження рівня сформованості мотиваційного складника МКФ студентів представлено в табл. 5.15 і табл. 5.16.

Аналіз змісту табл. 5.15 дозволив встановити, що: на початку експерименту в обох групах виявлено найнижчий рівень сформованості особистісного компонента мотиваційного складника МКФ (на низькому рівні 24,1% студентів експериментальної і 24% студентів контрольної групи); за діяльнісним показником на достатньому рівні відбулися найбільші зміни (на 8,5% в експериментальній групі); найменше змін виявлено в розподілі особистісного компонента компетентності (на середньому рівні збільшення на 0,7%);

– Порівняння змін, що відбулися в рівнях сформованості когнітивного, діяльнісного та особистісного компонентів МКФ для її мотиваційного складника (табл. 5.16) дає змогу зробити наступні висновки: кількість позитивних змін у когнітивному, діяльнісному і особистісному компонентах

мотиваційного складника МКФ в експериментальній групі більша відповідно на 9, 15 і 20, кількість від'ємних – менша відповідно на 4, 3 і 4; зміни рівня сформованості компонентів мотиваційного складника менша: на 2 – когнітивний компонент, на 9 – діяльнісний, на 13 – особистісний;

– кількість позитивних змін у когнітивному, діяльнісному і особистісному компонентах мотиваційного складника МКФ в експериментальній групі більша відповідно на 9, 15 і 20, кількість від'ємних – менша відповідно на 4, 3 і 4; зміни рівня сформованості компонентів мотиваційного складника менша: на 2 – когнітивний компонент, на 9 – діяльнісний, на 13 – особистісний;

– характер змін, що відбулися на рівні сформованості мотиваційного

Таблиця 5.15

Порівняльна таблиця розподілів студентів контрольної і експериментальної груп за рівнями сформованості мотиваційного складника математичної компетентності з фізики на початку та в кінці експерименту

Рівень Компонент	Група	Етап	Низький	Середній	Достатній	Високий
Когнітивний	Е	до	35 (24,8%)	88 (62,4%)	17 (12,1%)	1 (0,7%)
		після	25 (17,7%)	90 (63,8%)	22 (15,6%)	4 (2,8%)
		різниця	-10 (7,1%)	+ 2 (1,4%)	+ 5 (3,5%)	+3 (2,1%)
	К	до	37 (26,8%)	85 (61,6%)	16 (11,6%)	0 (0%)
		після	34 (24,6%)	88 (63,8%)	16 (11,6%)	0 (0%)
		різниця	-3 (2,2%)	+ 3 (2,2%)	0 (0%)	0 (0%)
Діяльнісний	Е	до	40 (28,4%)	90 (63,8%)	10 (7,1%)	1 (0,7%)
		після	30 (21,3%)	89 (63,1%)	20 (15,6%)	2 (1,4%)
		різниця	-11 (7,8%)	-1 (0,7%)	+ 10 (8,5%)	2 (1,4%)
	К	до	45 (32,6%)	83 (60,9%)	9 (6,5%)	1 (0,7%)
		після	42 (30,4 %)	84 (61,6%)	11 (8%)	2 (1,4%)
		різниця	- 3 (2,2%)	+1 (0,7%)	+2 (1,5%)	+1 (0,7%)
Особистісний	Е	до	32 (24,1%)	95 (67,4%)	12 (8,5%)	2 (1,4%)
		після	18 (13,1%)	94 (68,1%)	22 (15,9%)	4 (2,9%)
		різниця	- 14 (10,1%)	+1 (0,7%)	+10 (7,2%)	+2 (1,4%)
	К	до	33 (24%)	94 (68,1%)	10 (7,2%)	1 (0,7%)
		після	32 (23,3%)	95 (68,8%)	10 (7,2%)	1 (0,7%)
		різниця	- 1 (0,7%)	+1 (0,7%)	0	0
Мотиваційний складник МКФ	Е	до	36 (25,5%)	89 (63,1%)	16 (11,4%)	0
		після	26 (18,4%)	92 (65,3%)	21 (14,9%)	+2 (1,4%)
		різниця	-10 (7,1%)	+3 (2,2%)	+5 (3,5%)	+2 (1,4%)
	К	до	37 (26,8%)	89 (64,5%)	11 (8%)	1 (0,7%)
		після	36 (26,1%)	89 (64,5%)	12 (8,7%)	1 (0,7%)
		різниця	-1 (0,7%)	0	+1 (0,7%)	0

**Розрахунок достовірності зростання
рівня сформованості мотиваційного складника математичної компетентності з
фізики в експериментальній і контрольній групах**

Компонент	Група	Зміни			n	G _{емп}	G _{кр} $\rho \leq 0,05$	Висновок про достовірність зростання
		+	-	нульові				
Когнітивний	Е	24	8	109	32	8	10	Достовірно
	К	15	12	111	27	12	8	Не достовірно
Діяльнісний	Е	30	7	104	37	7	13	Достовірно
	К	15	10	113	25	10	7	Не достовірно
Особистісний	Е	31	6	104	37	6	13	Достовірно
	К	11	10	117	21	10	6	Не достовірно
Мотиваційний складник МКФ	Е	23	6	112	29	6	9	Достовірно
	К	13	11	114	24	11	7	Не достовірно

складника МКФ студентів загалом, аналогічний до змін у її компонентах і свідчить про зростання рівня сформованості даного складника МКФ у студентів експериментальних груп;

– достовірність позитивних змін у рівнях сформованості мотиваційного складника МКФ студентів та її компонентів доведена за допомогою G-критерію знаків.

У табл. 5.17 і 5.18 наведено результати дослідження рівня сформованості ціннісно-рефлексивного складника МКФ студентів контрольної і експериментальної груп.

Порівняльний аналіз результатів експерименту, представлених у табл. 5.17, дає підстави для висновків, що: на початку експерименту в обох групах виявлено найнижчий рівень сформованості діяльнісного компонента ціннісно-рефлексивного складника МКФ (на низькому рівні 27,7% студентів експериментальної і 26,8% студентів контрольної групи); за цим же показником відбулися найбільші зміни (на 19,2% в експериментальній групі); найменше змін виявлено в розподілі особистісного компонента ціннісно-рефлексивного складника МКФ (на достатньому рівні збільшення на 7,2%); у розподілі студентів контрольної групи суттєвих змін не відбулося.

Аналіз змісту табл. 5.18 засвідчив характер змін ціннісно-рефлексивного складника МКФ та їх достовірність:

Порівняльна таблиця розподілів студентів контрольної й експериментальної груп за рівнями сформованості ціннісно-рефлексивного складника математичної компетентності з фізики та її компонентів на початку та в кінці експерименту

Рівень Компонент	Група	Етап	Низький	Середній	Достатній	Високий
Когнітивний	Е	до	33 (24,8%)	95 (67,4%)	11 (7,8%)	2 (1,4%)
		після	20 (14,2%)	93 (66%)	24 (17,0%)	4 (2,8%)
		різниця	-13 (9,2%)	-2 (1,4%)	+13 (9,2%)	+2 (1,4%)
	К	до	36 (26,1%)	91 (65,9%)	10 (7,3%)	1 (0,7%)
		після	36 (26,1%)	87 (63%)	14 (9,2%)	1 (0,7%)
		різниця	0	-4 (2,9%)	+4 (2,8%)	0
Діяльнісний	Е	до	37 (25,6%)	91 (64,5%)	11 (7,8%)	2 (1,4%)
		після	25 (17,7%)	78 (55,3%)	37 (36,3%)	3 (2,1%)
		різниця	-14 (10%)	-13 (9,2%)	+16 (15,3%)	+1 (0,7%)
	К	до	37 (26,8%)	87 (63%)	13 (9,5%)	1 (0,7%)
		після	38 (27,5%)	81 (58,7%)	18 (13,1%)	1 (0,7%)
		різниця	+1 (0,7%)	-6 (4,3%)	+5 (3,6%)	0
Особистісний	Е	до	31 (22%)	94 (66,7%)	16 (11,3%)	0
		після	19 (13,5%)	96 (68%)	24 (17,1%)	2 (1,4%)
		різниця	-12 (8,5%)	+2 (1,3%)	+8 (7,2%)	+2 (1,4%)
	К	до	32 (23,2%)	91 (66,7%)	14 (10,1%)	1 (0,7%)
		після	36 (26,1%)	85 (61,6%)	17 (12,3%)	0
		різниця	+4 (2,9%)	-6 (4,4%)	+3 (2,2%)	-1 (0,7%)
Ціннісно-рефлексивний складник МКФ	Е	до	34 (24,1%)	93 (66%)	14 (9,9%)	1 (0,7%)
		після	18 (12,8%)	90 (63,8%)	30 (21,3%)	3 (2,1%)
		різниця	-14 (9,1%)	-3 (2,2%)	+16 (11,4%)	+2 (1,4%)
	К	до	32 (23,2%)	92 (66,7%)	13 (9,4%)	1 (0,7%)
		після	29 (23,9%)	89 (63%)	19 (12,3%)	1 (0,7%)
		різниця	-3 (2,1%)	-3 (2,1%)	+6 (4,3%)	0

Таблиця 5.18

Розрахунок достовірності зростання рівня сформованості ціннісно-рефлексивного складника математичної компетентності з фізики та її компонентів в експериментальній та контрольній групах

Компонент	Група	Зміни			n	G _{емп}	G _{кр} ρ ≤ 0,05	Висновок
		+	-	нульові				
Когнітивний	Е	40	12	89	52	12	19	Достовірно
	К	20	16	102	36	16	12	Не достовірно
Діяльнісний	Е	47	6	88	53	6	19	Достовірно
	К	18	14	106	32	14	10	Не достовірно
Особистісний	Е	31	5	105	36	5	12	Достовірно
	К	14	15	109	29	15	9	Не достовірно
Ціннісно-рефлексивний складник МКФ	Е	39	6	96	45	6	16	Достовірно
	К	20	15	103	35	15	12	Не достовірно

кількість додатних змін в експериментальній групі більша на 20, 29, 17 і 19 відповідно в когнітивному, діяльнісному, особистісному компонентах і ціннісно-рефлексивному складникові МКФ загалом, а від'ємних – менша (на 4, 8, 10, 9), що свідчить про підвищення результатів роботи студентів із різними джерелами та видами інформації в експериментальній групі;

– нульових змін виявлено найбільше, і в порівнянні з їхньою кількістю між експериментальною та контрольною групою є менш суттєвими, в експериментальній групі їх виявлено менше на 13 за показниками когнітивного компонента, на 18 – діяльнісного компонента, на 3 – особистісного компонента і 7 – ціннісно-рефлексивного складника МКФ загалом;

– застосування *G*-критерію знаків підтвердило достовірність позитивних змін лише в експериментальній групі.

У табл. 5.19 і 5.20 висвітлено результати педагогічного експерименту з формування у студентів емоційно-вольового складника МКФ за розробленою методикою.

Аналіз результатів експерименту (табл. 5.19) засвідчив характер змін емоційно-вольового складника МКФ та їх достовірність:

– на початку експерименту виявлено найнижчий рівень сформованості когнітивного компонента емоційно-вольового складника МКФ студентів обох груп експериментальної і контрольної (низький рівень – 27,6% і 29,0%);

– упровадження розробленої МСН ММФ забезпечило зростання достатнього рівня сформованості когнітивного компонента емоційно-вольового складника МКФ (на 9,3 %), діяльнісного (на 4,9%), а також особистісного компонента (на 7,8%).

Зміст табл. 5.20 дає змогу зробити висновки про зміни, що відбулися в результаті впровадження розробленої методичної системи. У когнітивному компоненті більше додатних змін виявлено в експериментальній групі (у порівнянні з контрольною більше на 15), від'ємних і нульових змін у даній групі менше відповідно на 8 і 4. Характер змін у діяльнісному, особистісному компонентах і емоційно-вольовому складникові МКФ загалом є аналогічним, що підтверджує підвищення рівня емоційно-вольової діяльності студентів

Таблиця 5.19

Порівняльна таблиця розподілу студентів контрольних і експериментальних груп за рівнями сформованості емоційно-вольового складника математичної компетентності з фізики та її компонентів

Рівень Компонент	Група	Етап	Низький	Середній	Достатній	Високий
Когнітивний	Е	до	39 (27,6%)	85 (60,3%)	16 (11,4%)	1 (0,7%)
		Після	20 (14,2)	90 (63,8%)	29 (20,1%)	2 (1,4%)
		різниця	-19 (13,5%)	+5 (3,5%)	+13 (9,3%)	+1 (0,7%)
	К	До	40 (29,0%)	79 (57,2%)	18 (13,1%)	1 (0,7%)
		Після	32 (23,2%)	86 (62,3%)	20 (14,5%)	0
		різниця	-8 (5,8%)	+7 (5,1%)	+1 (0,7%)	0
Діяльнісний	Е	До	37 (26,2%)	84 (59,9%)	18 (12,8%)	2 (1,4%)
		Після	21 (15,0%)	91 (64,5%)	25 (17,7%)	4 (2,8%)
		різниця	-16 (11,2%)	+7 (4,9%)	+7 (4,9%)	+2 (1,4%)
	К	До	34 (24,7%)	83 (60,1%)	20 (14,5%)	1 (0,7%)
		Після	31 (22,5%)	85 (61,6%)	21 (15,2%)	1 (0,7%)
		різниця	-3 (2,2%)	+2 (1,5%)	+1 (0,7%)	0
Особистісний	Е	До	21 (14,9%)	85 (60,3%)	33 (23,4%)	2 (1,4%)
		Після	15 (10,6%)	78 (55,3%)	44 (31,2%)	4 (2,8%)
		різниця	-6 (4,2%)	-7 (5%)	+11 (7,8%)	+2 (1,4%)
	К	До	26 (18,8%)	82 (59,4%)	29 (21,1%)	1 (0,7%)
		Після	24 (17,4%)	82 (59,4%)	32 (23,2%)	0
		різниця	-2 (1,4%)	0	+3 (2,1%)	-1 (0,7%)
Емоційно-вольовий складник МКФ	Е	До	34 (24,1%)	87 (61,7%)	18 (12,8%)	2 (1,4%)
		Після	17 (12,0%)	87 (61,7%)	33 (23,5%)	4 (2,8%)
		різниця	-17 (12,0%)	0	+15 (10,7%)	+2 (1,4%)
	К	До	32 (23,2%)	88 (63,8%)	17 (12,3%)	1 (0,7%)
		Після	30 (21,8%)	83 (60,1%)	25 (18,1%)	0
		різниця	-2 (1,4%)	-5 (3,7%)	+8 (5,8%)	-1 (0,7%)

Таблиця 5.20

Розрахунок достовірності зростання рівня сформованості емоційно-вольового складника математичної компетентності з фізики та її компонентів в експериментальній і контрольній групах

Компонент	Група	Зміни			n	G _{емп}	G _{кр} ρ ≤ 0,05	Висновок
		+	-	нульові				
Когнітивний	Е	38	6	97	44	6	16	Достовірно
	К	23	14	101	37	14	13	Недостовірно
Діяльнісний	Е	29	5	107	34	5	11	Достовірно
	К	20	16	102	36	16	12	Недостовірно
Особистісний	Е	25	6	110	31	6	10	Достовірно
	К	16	12	110	28	12	8	Недостовірно
Емоційно-вольовий складник МКФ	Е	40	6	95	46	6	16	Достовірно
	К	18	10	110	28	10	8	Недостовірно

експериментальних груп у порівнянні з контрольними. Застосування G -критерію знаків підтвердило достовірність позитивних змін лише в експериментальній групі.

Для оцінювання статистичної достовірності зростання рівнів сформованості визначених складників МКФ у студентів експериментальних груп порівняно з контрольними використано G -критерій знаків, емпіричним значенням якого є кількість нетипових змін, у нашому випадку – від’ємних (табл. 5.21).

Таблиця 5.21

Розрахунок достовірності зростання рівня сформованості МКФ в експериментальній групі (Е) порівняно з контрольною групою (К)

Складники МКФ	Група	N	$G_{\text{емп}}$	$G_{\text{кр}}, \rho \leq 0,05$	Висновок
Когнітивно-діяльнісний	Е	47	12	17	Достовірно
	К	40	18	14	Не достовірно
Мотиваційний	Е	29	6	9	Достовірно
	К	24	11	7	Не достовірно
Ціннісно-рефлексивний	Е	45	6	16	Достовірно
	К	35	15	12	Не достовірно
Емоційно-вольовий	Е	46	6	16	Достовірно
	К	28	10	8	Не достовірно

Для визначення ступеня ефективності впровадженої МСН ММФ на формування різних складників МКФ порівняємо емпіричні та критичні параметри G -критерію. Там, де різниця між значеннями $G_{\text{емп}}$ і $G_{\text{кр}}$ буде більшою – результат кращий (табл. 5.22).

Таблиця 5.22

Зведена таблиця критичних та емпіричних значень G -критерію

Складники МКФ	Компонент	$G_{\text{емп}}$	$G_{\text{кр}}$	$G_{\text{кр}} - G_{\text{емп}}$
Когнітивно-діяльнісний	Когнітивний	11	17	6
	Діяльнісний	9	14	5
	Особистісний	13	15	2
Мотиваційний	Когнітивний	8	10	2
	Діяльнісний	6	13	7
	Особистісний	7	13	6
Ціннісно-рефлексивний	Когнітивний	12	19	7
	Діяльнісний	6	19	13
	Особистісний	5	12	7
Емоційно-вольовий	Когнітивний	6	16	10
	Діяльнісний	5	11	6
	Особистісний	6	10	4

Аналіз змісту таблиці 5.22 дає підстави для з'ясування ступеня ефективності розробленої й упровадженої МСН ММФ, спрямованих на формування МКФ і її складників, а також дозволяє дійти висновку:

– упровадження МСН ММФ у змісті дисципліни «Математичні методи фізики» на засадах інтегрованого підходу (фундаменталізації, міждисциплінарного, контекстного, інформаційного і компетентнісного підходів) до формування МКФ зумовило найсуттєвіші змін саме в діяльнісних компонентах МКФ;

– доповнення змісту програмного матеріалу завданнями контекстного спрямування (теоретичним, прикладним та професійно спрямованим), а також предметно-інформаційним та інформаційно-комунікаційним контекстами в навчанні ММФ дозволяє здійснювати вплив на формування мотиваційного складника МКФ;

– найменшого впливу зазнав особистісний компонент когнітивно-діяльнісного й емоційно-вольового складників МКФ, що вимагає більш детального вивчення в подальших дослідженнях.

Усе вищевикладене є підставою для твердження, що статистично доведена достовірність позитивних змін рівня сформованості МКФ студентів у експериментальній групі та відсутність таких змін у контрольній групі засвідчують ефективність розробленої й упровадженої в навчальний процес методичної системи навчання математичних методів фізики в педагогічних університетах.

Висновки до розділу 5

Упровадження методичної системи навчання математичних методів фізики у змісті теоретичних курсів фізики дало змогу визначити роль МКФ у системі базових і ключових компетентностей, обумовлену її пізнавальною і соціальною значущістю, що дає підстави для таких висновків:

1. Установлено, що математичні компетенції з фізики і відповідну компетентність варто розглядати як чинники соціальної конкурентоздатності

фахівця, оскільки вони дозволяють отримати якісну освіту, опанувати професією, досягти кваліфікації вчителя та викладача фізики й удосконалити її. Констатовано, що для розуміння сутності процесу формування й розвитку МКФ студентів у навчанні ММФ важливе з'ясування особливості навчальної діяльності з теоретичної фізики, що виявляються в її характеристиках: суб'єкті, предметі, формах, методах, засобах, структурі, результатах. Виокремлено новоутворення в психіці студента, які зумовлюють її специфіку в навчанні ММФ: інтелектуалізація емоційно-вольових та пізнавальних процесів, абстрактно-логічне, діалектичне, теоретичне і критичне мислення. Зазначено, що ці якості формуються і розвиваються у спільній та індивідуальній навчальній діяльності, яка є провідною для організації самостійної роботи студентів. Предметом навчальної діяльності студента в засвоєнні ММФ є його суб'єктний досвід (знання, уміння, навички, способи навчально-пізнавальної діяльності), який він використовує для досягнення навчальної мети. З'ясовано, що засобами навчальної діяльності студентів у навчанні ММФ є складники соціального досвіду діяльності (досвід реалізації відомих способів навчальної діяльності, зокрема навчально-пізнавальної, мотиваційне, ціннісно-рефлексивне, емоційно-вольове ставлення до навчальної діяльності та її засобів, комунікативні якості тощо).

2. На засадах концепції фундаменталізації змісту навчання ММФ сформовано змістовий компонент МСН ММФ, розроблено навчальну програму дисципліни «Математичні методи фізики», тематичне планування різних форм організації навчальної діяльності студентів з дисципліни (лекцій, практичних занять, самостійної роботи студентів). У процесуальному компоненті МС окреслено методи, організаційні форми і засоби навчання, адаптовані до умов кредитно-модульної системи організації навчального процесу ВНЗ. У результативному компоненті системи обґрунтовано вибір критеріїв, показників і рівнів сформованості МКФ.

3. Розроблено методичні рекомендації та навчально-методичні матеріали з вивчення студентами вибраних питань теоретичної фізики, зокрема: 1) на

засадах порівняльно-узгоджувального підходу до цілеспрямованого формування в студентів МКФ запропоновано методику вивчення законів збереження з погляду онтологічної моделі «симетрія–збереження–інваріантність» для різних теоретичних схем, зокрема законів збереження енергії, імпульсу та моменту імпульсу матеріальної точки і системи матеріальних точок у класичній механіці; закону збереження електричного заряду в класичній електродинаміці як наслідок градієнтної інваріантності електромагнітного поля, у квантовій механіці як наслідок симетрії хвильової функції після зміни її квантово-механічної фази, у квантовій електродинаміці як наслідок калібрувального перетворення першого роду оператора електричного заряду, релятивістсько-інваріантне узагальнення відповідного закону; 2) на засадах дидактичного принципу циклічності запропоновано методичні рекомендації для цілеспрямованого формування МКФ завдяки варіативному обґрунтуванню макроскопічного ефекту квантування магнітного потоку з погляду класичного (теорія Лондонів) та квантового (теорія БКШ) підходів; 3) з погляду принципу професійної спрямованості навчання ММФ наведено варіативні теоретичні підходи до обґрунтування принципів відповідності та невизначеностей, виявлено умови адаптації теоретичних знань до шкільних умов; зокрема розроблено варіант експериментальної перевірки співвідношень невизначеностей Гейзенберга для профільної загальноосвітньої школи, запропоновано приклади задач, зорієнтованих на реалізацію методичних кроків з вивчення учнями старшої профільної школи основ квантової фізики.

4. Педагогічний експеримент з виявлення ефективності впровадження методичної системи навчання математичних методів фізики в педагогічних університетах, спрямованої на формування математичної компетентності з фізики майбутніх учителів і викладачів фізики в процесі вивчення теоретичних курсів фізики, організовано за класичною моделлю, яка передбачала три етапи (констатувальний, пошуковий, формувальний).

Проведення формувального експерименту підтвердило доцільність проектування МСН ММФ для формування МКФ студентів на засадах інтегрованого підходу (фундаменталізації, міждисциплінарного, контекстного,

інформаційного, компетентнісного підходів); доцільність організації професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики, зорієнтованої на формування в студентів МКФ; вплив педагогічних та організаційно-методичних умов на результативність формування в студентів МКФ.

Дослідно-експериментальну перевірку ефективності впровадження методичної системи щодо формування МКФ студентів у процесі навчання ММФ здійснено із застосуванням в експериментальних групах підготовлених методичних матеріалів. Розроблений критерійно-рівневий апарат, у якому об'єднано три критерії (особистісний, пізнавальний, операційний), дав змогу розподілити студентів контрольних і експериментальних груп за чотирма рівнями (низьким, середнім, достатнім, високим) сформованості структурних складників МКФ (когнітивно-діяльнісного, мотиваційного, ціннісно-рефлексивного, емоційно-вольового). Перевірку сформованості когнітивно-діяльнісного складника МКФ здійснено на основі авторських методик, а складників особистісного компонента МКФ за допомогою адаптованих тестових методик практичних психологів (Д. Джонсона, Е. Ф. Зеєра, А. В. Карпова, О. І. Красила, Д. О. Леонтьєва та ін.)

У процесі педагогічного експерименту встановлено зростання рівня сформованості зазначених компетентностей у студентів експериментальних груп порівняно з контрольними. Зокрема, кількість студентів, що мають достатній рівень сформованості когнітивно-діяльнісного, мотиваційного, ціннісно-рефлексивного та емоційно-вольового складників МКФ, зростає відповідно на 7,1%, 3,5%, 11,4%, 10,7%, що підтверджує позитивну динаміку одержаних результатів в експериментальній групі.

Статистичну достовірність позитивних змін рівнів сформованості МКФ студентів під час навчання ММФ доведено на основі порівняння критичного та емпіричних значень G-критерію для експериментальних і контрольних груп наприкінці експерименту.

Результати розділу представлено в публікаціях [69; 70; 74; 291–295; 297–299; 301; 303; 309; 310; 312; 315; 316; 320; 327; 330; 331; 331; 493].

ВИСНОВКИ

У дисертації наведене теоретичне узагальнення результатів розв'язання проблеми розроблення й упровадження компетентісно зорієнтованої методичної системи навчання математичних методів фізики в педагогічних університетах, що дає підстави сформулювати такі **висновки**:

1. Аналіз законодавчих документів про освіту і науку України, галузевих стандартів з підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики дозволив визначити основні етапи розвитку та еволюцію вимог вищої освіти України у становленні нової освітньої парадигми. З'ясовано, що компетентісний підхід сприяє формуванню інтегрованої та динамічної комбінації умінь, з-поміж зазначених у кваліфікаційних вимогах до майбутніх учителів і викладачів фізики, в результатах навчання студентів математичних методів фізики та теоретичної фізики.

Обґрунтовано доцільність виокремлення з-поміж ієрархічно супідрядних ключових, базових і спеціальних професійних компетентностей майбутнього вчителя та викладача фізики математичної компетентності з фізики, яка належить до базових складників, потрібних для професійної педагогічної діяльності зазначених фахівців. Єдність когнітивного (знання та розуміння змісту фахових наукових дисциплін – математичної та теоретичної фізики), діяльнісного (уміння з досвіду навчальної діяльності, практичне й оперативне застосування знань) та особистісного (мотивація, ціннісно-рефлексивні, емоційно-вольові, інформаційно-комунікативні, соціально-адаптаційні й інші особистісні якості) компонентів МКФ визначає її структуру. З цього погляду МКФ визначена інтегрованою динамічною характеристикою особистісних якостей студента, що засвідчує його готовність і здатність застосовувати в навчальній та професійній діяльності методи математичного моделювання фізичних систем, явища або процесу у фізичній системі з погляду законів або принципів фізики в прийнятих теоретичних схемах. Конкретизовано, що «здатність» розуміється не як «схильність», а як «уміння», «здатний», отже «уміє робити», «готовність» як «готовність до діяльності».

Визначено п'ять умовних періодів розвитку дидактичних підходів до навчання математичних методів фізики майбутніх учителів і викладачів фізики з 50-х рр. ХХ ст. З погляду поліпарадигмальної методологічної системи координат досліджено трансформацію поглядів на навчання ММФ у процесі розвитку професійної освіти як передумови *інтегрованого підходу* – теоретичної основи МСН ММФ. Установлено, що *інтегрований підхід* має поєднувати переваги знаннєвої (фундаментально-предметної), контекстної (професійно зорієнтованої) та провідної компетентнісної парадигми освіти з огляду на те, що нині головною вимогою до результатів засвоєння нових освітньо-професійних завдань є здатність застосовувати здобутий досвід навчальної діяльності в ВНЗ для успішної професійної діяльності фахівця.

2. З'ясовано, що фундаменталізація забезпечує реалізацію цілеспрямованої навчальної діяльності всіх суб'єктів навчального процесу в узгодженому взаємозв'язку інваріантних й універсальних знань математичної фізики та теоретичної фізики на рівні теоретичних узагальнень математичного моделювання фізичних систем, явища або процесу у фізичній системі, що сприяє формуванню в студентів МКФ, а з погляду різних теоретичних схем – розвитку їх мислення, пізнавальної активності, самостійності та творчих здібностей тощо. Визначено сім концептуальних засад побудови змісту навчання ММФ за чотирма рівнями сформованості знань і вмінь студентів, з-поміж яких: *предметний* – засвоєння базового знання з математичної фізики; *фундаментальний* – засвоєння інтегрованого за методологічною ознакою (математичне моделювання) фундаментального знання (щодо універсальності математичних методів фізики, єдності теоретичного й емпіричного у пізнанні природи, об'єктивності емпіричних законів і теоретичних принципів фізики); *загальнопрофесійний* – розвиток навчальних і професійних умінь, теоретичного мислення (аналізу, синтезу, порівняння, узагальнення, абстрагування, класифікації, систематизації, конкретизації), творчої активності в навчально-пізнавальній діяльності; *особистісний* – розвиток особистісних якостей та інтересів студентів: мотиваційних, інтелектуальних, етичних; особистісних поведінкових ідентифікаційних якостей: професійної самооцінки, задоволеності

професією, взаєминами тощо; комунікативних, соціалізації й взаємодії в процесі професійної діяльності: світоглядних і громадських якості особи тощо.

Визначено, що метою діяльності студента на засадах контекстного навчання математичних методів фізики є не засвоєння системи інформації про основи математичної фізики, а формування здатностей до виконання контекстної щодо вивчення теоретичної фізики діяльності. При цьому навчальна інформація має посідати структурне місце мети діяльності студента лише до певного моменту, а потім – набувати вигляду розвиненої практики її застосування в навчально-пізнавальній діяльності. Основною одиницею роботи студента і викладача визначено не «порцію інформації», а ситуацію предметної та соціальної невизначеності й суперечності. Система проблемних ситуацій дозволяє розгорнути діалектично-суперечливий зміст навчання в динаміці, що забезпечує об'єктивні передумови формування теоретичного та практичного професійного мислення. Змістом контекстного навчання виступає не лише змістовий компонент майбутньої діяльності вчителя та викладача фізики, сформований системою навчальних завдань, моделей та ситуацій, а також її соціальний аспект, відтворений різними формами спільної діяльності та спілкування. Зміст контекстного навчання ММФ проектується як предмет навчально-пізнавальної та навчально-професійної діяльності з теоретичної фізики.

3. Доведено, що навчання майбутніх учителів і викладачів фізики математичних методів фізики в процесі їхньої професійної підготовки має віддзеркалювати логіку наукового пізнання природи на всіх доступних рівнях міждисциплінарної взаємодії, реалізованої на засадах законів і закономірностей інтеграції знань. Визначено структуру інтеграційного підходу до навчання математичних методів фізики в онтологічній основі циклу дисциплін професійної і практичної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики через інтеграцію математичних методів фізики та теоретичної фізики. Інтегративними чинниками, що сприяють процесу формування МКФ, є понятійно-категоріальний апарат, метод математичного моделювання, стрижневі осередки змісту: диференціальні характеристики скалярних, векторних і тензорних полів, класи диференціальних рівнянь, елементи теорії

ймовірностей та математичної теорії груп тощо.

З'ясовано, що міждисциплінарна інтеграція процесу навчання ММФ забезпечує взаємопроникнення змісту уособлених навчальних дисциплін циклу професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики в єдиному освітньому просторі, у якому реалізується цілісний потенціал їхнього розвитку завдяки використанню традиційних та інноваційних педагогічних технологій навчання, що сприяє формуванню і розвитку МКФ.

Обґрунтовано, що міждисциплінарні зв'язки є особливо важливими факторами формування, розвитку й забезпечення цілісності структури МСН ММФ, уможливаючи вироблення нової інтегрованої якості віддзеркаленої в результатах професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики. З'ясовано, що зміст, форми, методи й засоби навчання ММФ мають відповідати системній логіці побудови тих навчальних дисциплін, теоретичну основу яких покладено на стандартні моделі математичної фізики, детерміновано пізнавальні та практичні завдання, зв'язані з подальшою навчальною діяльністю в циклі дисциплін професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики: теоретична фізика, вибрані питання теоретичної фізики, фізика твердого тіла й інші.

4.3 погляду загальнодидактичних теорій та концепцій доведено доцільність застосування дидактичних принципів: фундаменталізації, міждисциплінарної інтеграції, контекстної спрямованості, інформатизації як теоретичної основи МСН ММФ у педагогічних університетах. Зазначена теоретична основа детермінує методологічний складник інтегрованого підходу, створюючи можливості для формування і розвитку в студентів МКФ. Обґрунтування здійснено з погляду порівняння компетентнісної і традиційної парадигм освіти в разі їх упровадження в навчальний процес щодо підвищення якості знань студентів. Зокрема з'ясовано, що контекстна спрямованість навчання математичних методів фізики (теоретичний, прикладний і професійно зорієнтований складники) сприяють формуванню вагомої частки таких характеристик якості знань як глибина, гнучкість, оперативність, згорнутість, систематичність, усвідомленість, міцність, інші характеристики якості знань

поліпшуються за рахунок збереження логічної послідовності викладання курсу. При цьому контекстно зорієнтовані завдання слід застосовувати в єдності з традиційними задачами. Поліпшення досягається опосередковано через мотивацію до вивчення курсу математичних методів фізики і стосується таких якостей знань як повнота, конкретизованість, узагальненість, розгорнутість, системність тощо. Доцільність реалізації інформаційного підходу у навчанні ММФ обґрунтовано в двох контекстах: предметно-інформаційному, що зумовлений потребою формування в студентів узагальненого експериментального вміння вести природничо-наукові дослідження обчислювальними методами із залученням комп'ютерної техніки, інформаційно-комунікаційному, що передбачає застосування завдань, розв'язування яких потребує залучення інформаційних комп'ютерних технологій в навчанні, зокрема математичних інформаційних пакетів.

Інтегрований підхід диверсифікує МСН ММФ, зменшуючи ризики з отримання низької якості знань студентів, розширюючи горизонти навчально-пізнавальної діяльності з погляду особистісних запитів студентів, їхніх нахилів, мотивів, цінностей та інших компетенцій у предметному полі фахових навчальних дисциплін – ММФ та теоретичної фізики, передбачених підготовкою майбутніх учителів і викладачів фізики в педагогічних університетах.

5.3 з погляду системного підходу та педагогічного моделювання проаналізовано процес формування та розвитку математичної компетентності з фізики майбутніх учителів і викладачів фізики, виявлено в ньому системні ознаки, визначено системоутворювальні компоненти (цілі, зміст, викладачі та студенти, технології навчання, моніторинг, результати навчання), схарактеризовано зв'язки між ними. Ураховано вплив освітньо-наукового середовища ВНЗ на формування і розвиток математичної компетентності з фізики, зокрема під час виконання студентами науково-дослідницьких проектів (курсівих, дипломних, магістерських робіт).

Досліджено функції математичного моделювання в навчальному процесі з фізики, виокремлено пізнавальну, евристичну, унаочнювальну, уніфікаційну й

інтеграційну функції, які сприяють викладанню узагальнювальних питань курсу теоретичної фізики, формуванню системності знань через вироблення дослідницьких умінь на рівні теоретичних узагальнень з погляду різних теоретичних схем, розвитку мислення. Схарактеризовано функції педагогічного моделювання, що визначають дидактичні можливості математичних методів фізики в курсі теоретичної фізики: *методологічної* (завдяки використанню в змісті навчання теоретичної фізики категоріально-понятійного апарату та теоретичних основ математичної фізики, значущих для професійної діяльності майбутніх учителів і викладачів фізики; *професійно орієнтувальної* (через проникнення змісту навчання математичних методів фізики до структури практичного складника курсу теоретичної фізики); *інтегративної* (пов'язаною з формуванням системності знань з математичних методів фізики на основі глибокого розуміння сучасних проблем теоретичної фізики); *розвивальної* (що забезпечує розвиток теоретичного і критичного мислення, пізнавальної активності, самостійності та творчих здібностей студентів); *прогностичної* (що передбачає визначення перспектив подальшого розвитку методичних систем навчання математичних методів фізики в педагогічних університетах).

Визначено дидактичні лінії навчання ММФ у змісті курсу теоретичної фізики, що забезпечують такі міждисциплінарні зв'язки: *фактичні* – завдяки зорієнтованості на поглиблене і розширене вивчення студентами фактичних даних про метод математичного моделювання в теоретичній фізиці; *понятійні* – спрямовані на усвідомлене засвоєння теоретичних знань, які входять до змісту дисциплін; *теоретичні* – зорієнтовані на усвідомлене засвоєння теорій, що являють собою основу сучасної математичної та теоретичної фізики. Для забезпечення послідовності вивчення навчального матеріалу враховано *хронологічний критерій*, який забезпечує впорядкування попередніх, супутніх та перспективних напрямів навчальної діяльності студентів.

З погляду семіотики та педагогічної герменевтики обґрунтовано можливість застосування порівняльно-узгоджувального підходу щодо цілеспрямованого формування в студентів МКФ, який передбачає виокремлення інтегративного компонента (фізичний закон або принцип – математичне співвідношення або

рівняння), порівняння його зі змістом навчання математичних методів фізики і теоретичної фізики та узгодження з процесуальною основою навчання теоретичної фізики в структурі навчально-пізнавальної діяльності студентів.

6. Створено загальну концепцію розроблення й упровадження методичної системи навчання математичних методів фізики в педагогічних університетах, якою на засадах інтегрованого підходу визначається інтенсифікація процесу навчання ММФ, спрямована на підвищення навчально-пізнавальної активності студентів, формування професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики. На творчо-рефлексивному рівні вона зумовлює розвиток: а) навчальних і професійних умінь, теоретичного та критичного мислення, творчої активності в навчально-пізнавальній діяльності; б) особистісних якостей та інтересів студентів: мотиваційних, інтелектуальних, етичних; в) поведінкових, ідентифікаційних якостей: професійної самооцінки, задоволеності професією, взаєминами тощо, суттєве поліпшення їхньої професійної підготовки; г) підвищення конкурентноспроможності випускників педагогічних університетів на ринку інтелектуальної праці. Концептуальні положення охоплюють актуальність і доцільність розроблення й упровадження МСН ММФ; мету та завдання; концептуальні засади; умови та вимоги щодо розроблення й упровадження; забезпечення розроблення й упровадження; очікувані кінцеві результати від упровадження, перспективи подальшого розвитку.

7. Розроблено структурно-функціональну модель процесу формування і розвитку математичної компетентності з фізики за етапами виконання наукового дослідження. Визначено базовий, інтеграційний та узагальнювальний етапи проектування методичної системи навчання математичних методів фізики для її практичної реалізації в умовах міждисциплінарної інтеграції зв'язків циклу дисциплін професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики.

Створено методичну систему навчання математичних методів фізики на рівні міждисциплінарної інтеграції зв'язків з курсом теоретичної фізики для забезпечення професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики. Розроблено відповідні рекомендації та навчально-методичні матеріали, зокрема:

1) на засадах порівняльно-узгоджувального підходу відповідно до онтологічної моделі «симетрія–збереження–інваріантність» запропоновано методика вивчення студентами законів збереження: енергії, імпульсу та моменту імпульсу матеріальної точки і системи матеріальних точок у класичній механіці; закону збереження електричного заряду: в класичній електродинаміці як наслідок градієнтної інваріантності електромагнітного поля, у квантовій механіці як наслідок симетрії хвильової функції після зміни її квантово-механічної фази, у квантовій електродинаміці як наслідок калібрувального перетворення першого роду оператора електричного заряду, релятивістсько-інваріантне узагальнення відповідного закону; 2) на засадах дидактичного принципу циклічності запропоновано методика цілеспрямованого формування МКФ через варіативне обґрунтування макроскопічного ефекту квантування магнітного потоку з погляду класичного (теорія Лондонів) та квантового (теорія БКШ) підходів; 3) з погляду принципу професійної спрямованості навчання ММФ наведено варіативні теоретичні підходи до обґрунтування принципів відповідності та невизначеностей, виявлено умови адаптації теоретичних знань до площини шкільних умов. Зокрема розроблено варіант експериментальної перевірки співвідношень невизначеностей Гейзенберга для профільної загальноосвітньої школи, запропоновано приклади задач, зорієнтованих на реалізацію методичних кроків з вивчення учнями старшої профільної школи основ квантової фізики.

8. Упроваджено методичну систему навчання ММФ через зміст дисципліни «Математичні методи фізики» циклу професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики. Удосконалено зміст, структуру та методика організації й проведення навчальних занять, зорієнтованих на формування математичної компетентності з фізики відповідно до структури визначених компонентів: когнітивного, діяльнісного та особистісного.

Проведення формувального експерименту підтвердило доцільність проектування МСН ММФ щодо формування МКФ студентів на засадах інтегрованого підходу (фундаменталізації, міждисциплінарного, контекстного, інформаційного, компетентнісного підходів); доцільність організації професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики, зорієнтованої

на формування в студентів МКФ; вплив педагогічних та організаційно-методичних умов на результативність формування в студентів МКФ.

Дослідно-експериментальну перевірку ефективності впровадження методичної системи щодо формування МКФ студентів у процесі навчання ММФ здійснено із застосуванням у експериментальних групах підготовлених методичних матеріалів. Розроблений критеріально-рівневий апарат, що охоплює три критерії (особистісний, пізнавальний, операційний), передбачав можливість визначення розподілів студентів контрольних і експериментальних груп за чотирма рівнями (низьким, середнім, достатнім, високим) сформованості структурних складників МКФ (когнітивно-діяльнісного, мотиваційного, ціннісно-рефлексивного, емоційно-вольового). У процесі педагогічного експерименту встановлено зростання рівня сформованості зазначених компетентностей у студентів експериментальних груп порівняно з контрольними. Зокрема, кількість студентів, що мають достатній рівень сформованості когнітивно-діяльнісного, мотиваційного, ціннісно-рефлексивного та емоційно-вольового складників МКФ, зросла відповідно на 7,1%, 3,5%, 11,4%, 10,7%, що підтверджує позитивну динаміку одержаних результатів в експериментальній групі.

Статистичну достовірність позитивних змін у станах сформованості МКФ студентів під час навчання ММФ доведено на основі порівняння критичного та емпіричних значень G-критерію для експериментальних і контрольних груп наприкінці експерименту.

Перспективи подальшого розвитку дослідження: створення навчального, методичного, технічного, програмного, інформаційного, кадрового забезпечення курсу теоретичної фізики щодо професійної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики; створення бази для розроблення та реалізації методичних систем навчання теоретичної фізики в педагогічних університетах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абасов З. А. Системный подход как методологическое направление исследования инноваций в образовании / З. А. Абасов // Наука и школа. – 2001. – № 6. – С. 48–53.
2. Аверьянов А. Н. Системное познание мира: методологические проблемы / Аверьянов А. Н. – М. : Политиздат, 1985. – 263 с.
3. Алексеев Н. Г. Концепция развития исследовательской деятельности учащихся (фрагменты) / Н. Г. Алексеев, А. В. Леонтович, С. А. Обухов, Л. Ф. Фомина // Фізика: проблеми викладання. – 2006. – № 5. – С. 3–5.
4. Андрущенко В. Організоване суспільство : Монографія / Віктор Андрущенко – К. : Інститут вищої освіти АПН України, 2006. – 615 с.
5. Анохин П. К. Философские аспекты теории функциональных систем / П. К. Анохин. – М. : Наука, 1978. – 400 с.
6. Араманович И. Г. Уравнения математической физики / И. Г. Араманович, В. И. Левин. – М.: Наука, 1969. – 288 с.
7. Арнольд В. И. Математические методы классической механики / В. И. Арнольд. – М. : Наука, 1989. – 472 с.
8. Арнольд В. И. Некоторые нерешенные задачи теории дифференциальных уравнений математической физики / В. И. Арнольд // Успехи математических наук – 1989. – № 44 (4). – 191–192.
9. Арнольд В. И. Обыкновенные дифференциальные уравнения / Арнольд В. И. – М. : Наука, 1984. – 336 с.
10. Архангельский С. И. Лекции по научной организации учебного процесса высшей школе / С. И. Архангельский. – М. : Высшая школа, 1976. – 200 с.
11. Архангельский С. И. Некоторые методологические вопросы введения в теорию обучения высшей школы // Вопросы повышения эффективности теоретических исследований в педагогической науке : статьи / Архангельский С. И. – М., 1976. – Ч. II. – С. 15–41.
12. Архангельский С. И. Учебный процесс в высшей школе, его закономерные основы и методы / Архангельский С. И. – М. : Высшая школа,

1980. – 368 с.

13. Атаманчук П. С. Дидактичні основи формування фізико-технологічних компетентностей учнів: [монографія] / П. С. Атаманчук, О. П. Панчук. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2011. – 252 с.

14. Атаманчук П. С. Компетентнісний підхід у становленні майбутнього вчителя фізики / П. С. Атаманчук // Збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини (Педагогічні науки). – Умань, 2012. – Ч. 4. – С. 9–17.

15. Атаманчук П. С. Основні пріоритети та орієнтири якісного навчання фізики / П. С. Атаманчук // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. – 2012. – Вип. 18. – С. 5–8.

16. Атаманчук П. С. Прогнозування як феномен особистісно орієнтованого навчання // Сучасні проблеми математичного моделювання, прогнозування та оптимізації: збірник наукових праць (за матеріалами міжнар. наук.-метод. конф.) / П. С. Атаманчук, І. М. Конет, О. Г. Чорна. – Київ – Кам'янець-Подільський, 2006. – С. 83–89.

17. Атанов А. Г. Возрождение дидактики – залог развития высшей школы / Атанов А. Г. – Донецк : ДОУ, 2003. – 180 с.

18. Афанасьев В. Г. Мир живого : системность, эволюция и управление / В.Г. Афанасьев. – М. : Политиздат, 1986. – 334 с.

19. Афанасьев В. Г. Системность и общество / Афанасьев В. Г. – М. : Политиздат, 1980. – 368 с.

20. Афанасьева О. Ю. Коммуникативное образование студентов педагогических вузов на основе идеи междисциплинарности / О. Ю. Афанасьева // Педагогическое образование и наука. – 2006. – № 2. – С. 24–28.

21. Бабанский Ю. К. Взаимосвязь закономерностей принципов обучения и способов его оптимизации // Советская педагогика. – 1982. – № 11. – С. 30–32.

22. Бабанский Ю. К. Оптимизация процесса обучения (Общедидактический аспект) / Бабанский Ю. К. – М. : Педагогика, 1977. – 256 с.

23. Баляева С. А. Теоретические основы фундаментализации общенаучной

подготовки в системе высшего технического образования : дис. ... доктора пед. наук : 13.00.01 / Баляева Светлана Анатольевна. – М., 1999. – 458 с.

24. Бахтина Г. П. Математическое образование – ядро формирования компетентностей специалиста // Инновационные технологии обучения в условиях глобализации рынка образовательных услуг: Сборник научных трудов / Бахтина Г.П. – Москва, 2007. – Вып. 11. – Т. 1. – С. 280–286.

25. Бахтина Г. П. Судьбы фундаментальной подготовки / Г.П. Бахтина // Вестник высшей школы. Высшая школа. – 1989. – №11. – С. 24–27.

26. Бендес Ю. П. Комп'ютерне моделювання світлових явищ, які відбуваються на межі розділу двох середовищ / Ю. П. Бендес // Педагогічний пошук. – 2010. – № 5. – С. 76–79.

27. Бендес Ю. П. Система оцінювання майбутніх фахівців телекомунікацій в умовах компетентнісної освіти / Ю. П. Бендес // Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова. Серія № 17. Теорія і практика навчання і виховання. – 2011. – Вип. 19. – С. 16–20.

28. Бернацька О. В. Моделювання ситуації професійної діяльності у навчанні іноземної мови у вищому навчальному закладі військового профілю : автореф. на здобуття наук. ступ. к.пед.н зі спец. : 13.00.04 «Теорія та методика професійної освіти» / Бернацька О. В. – К., 2004. – 19 с.

29. Бершадский М. Е. Понимание как педагогическая категория / Бершадский М. Е. – М. : Центр «Педагогический поиск», 2004. – 176 с.

30. Беспалько В. П. О возможностях системного подхода в педагогике / В. П. Беспалько // Советская педагогика. – 1990. – № 7. – С. 59–60.

31. Беспалько В. П. О критериях качества подготовки специалистов / В. П. Беспалько // Вестник высшей школы. – 1988. – № 1. – С. 3–9.

32. Беспалько В. П. Программированное обучение: дидактические основы / В. П. Беспалько. – М. : Высшая школа. – 1970. – 299 с.

33. Беспалько В. П. Системно-методическое обеспечение учебно-воспитательного процесса подготовки специалистов / В. П. Беспалько, Ю. Г. Татур. – М. : Высшая школа, 1989. – 143 с.

34. Беспалько В. П. Теория ученика : дидактический аспект

/ В. П. Беспалько. – М. : Педагогика, 1988. – 160 с.

35. Биологический энциклопедический словарь / Гл. ред. М. С. Гиляров. – М. : Сов. энциклопедия, 1986. – 831 с.

36. Битинас Б. П. О некоторых структурных свойствах объектов педагогического исследования // Вопросы повышения эффективности теоретических исследований в педагогической науке: [в 2-х ч.] / Битинас Б. П. – М., 1976. – Ч.2. – С. 73–82.

37. Благодаренко Л. Ю. Теоретико-методичні засади реалізації фізичної компоненти державного стандарту базової середньої освіти : дис. ...доктора пед. наук: 13.00.02 (ф) / Благодаренко Людмила Юріївна. – К., 2011. – 455 с.

38. Блауберг И. В. Системный поход : предпосылки, проблемы, трудности / Блауберг И. В., Садовский В. Н., Юдин Э. Г. – М. : Знание, 1969. – 48 с.

39. Блауберг И. В. Становление и сущность системного подхода / Блауберг И. В., Юдин Э. Г. – М. : Наука, 1973. – 270 с.

40. Блохинцев Д. И. Основы квантовой механики / Блохинцев Д. И. – М. : Наука, 1976. – 664 с.

41. Богатирьев О. І. Фізичний практикум з фізики атома: [навч-метод. посіб. для студ. вищ. закл. освіти] / О. І. Богатирьев. – Черкаси: Видавничий відділ ЧНУ ім. Б. Хмельницького. – 2010. – 58 с.

42. Богданов І. Т. Методична система формування фізико-технічних знань у процесі фахової підготовки майбутніх учителів фізики : монографія / Богданов І. Т. – Донецьк : Юго-Восток, 2009. – 272 с.

43. Богомолов Л. Н. Компетентностный подход к отбору содержания образования : На примере формирования компетенции избирателей / Л. Н. Богомолов // Стандарты и мониторинг в образовании. – 2004. – № 2. – С. 19–21.

44. Бондаревская Е. В. Педагогика : личность в гуманистических теориях / Бондаревская Е. В., Кульневич С. В. – Ростов-на-Дону : Учитель, 1999. – 560 с.

45. Бочкарева О. В. Профессиональная направленность обучения математике студентов инженерно-строительных специальностей вуза : дис. ... кан. пед. наук : 13.00.02 / Бочкарева Ольга Викторовна. – Пенза, 2006. – 150 с.

46. Браже Т. Г. Современная аттестация учителей : цели и тенденции / Т. Г. Браже // Педагогика. – 1995. – № 3. – С. 69.
47. Бугаев А.И. Методика преподавания физики. Теоретические основы / Бугаев А. И. – М. : Просвещение, 1981. – 288 с.
48. Бугаев О. І. Взаємний зв'язок вивчення фізики і виробничого навчання в середній школі (на матеріалі підготовки механізаторів сільського господарства) : дис. канд. пед. наук 13.00.02 (ф) / Бугайов Олександр Іванович. – К., 1962. – 327 с.
49. Бугайов О. Методичне забезпечення профільного навчання фізики в загальноосвітній школі / О. Бугайов, М. Головка // Фізика та астрономія в школі. – 2007. – № 4. – С. 14–17.
50. Бугайов О. І. Деякі концептуальні положення розробки засобів комп'ютерної підтримки навчання фізики / О. І. Бугайов, М. В. Головка, В. С. Коваль // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету. Серія : Педагогічні науки – 2005. – . Вип. 30. – С. 36–39.
51. Бугайов О. І. Комп'ютерна підтримка курсу фізики в середній школі: реальність і перспективи / Олександр Бугайов, Володимир Коваль // Фізика та астрономія в школі. – 2001. – № 3. – С. 16–19.
52. Будаков Б. М. Сборник задач по математической физике / Будаков Б. М., Самарский А. А., Тихонов А. Н. – М. : Наука, 1979. – 686 с.
53. Будний Б. Є. Теоретичні основи формування в учнів системи фундаментальних фізичних понять : дис. ... доктора пед. наук : 13.00.02 / Будний Богдан Євгенович. – К., 1997. – 431 с.
54. Бургун І.В. Теоретико-методичні засади розвитку навчально-пізнавальних компетенцій учнів основної школи у навчанні фізики : автореф. на здобуття наук. ступ. доктора пед наук: спец. 13.00.02 «Теорія та методика навчання (фізика)» / І.В. Бургун. – К., 2015. – 40 с.
55. Бурда М. І. Компетентнісна орієнтація змісту шкільних підручників з математики // Проблеми сучасного підручника : збірник наукових праць / М. І. Бурда. – К. : Педагогічна думка, 2014. – Вип. 14. – С. 78–85.
56. Бушок Г. Ф. Методика преподавания общей физики в высшей школе

/ Г. Ф. Бушок, Е. Ф. Венгер. – К.: Наукова думка, 2000. – 415 с.

57. Веденов А. А. Моделирование элементов мышления / А. А. Веденов. – М. : Наука, 1988. – 334 с.

58. Великий тлумачний словник сучасної української мови /Уклад. і голов. ред. В.Т.Бусел. – К.; Ірпінь: ВТФ «Перун», 2004. – 422 с.

59. Величко С. Створення віртуальних моделей як один із факторів активізації самостійної роботи учнів / С. Величко, О. Мірошніченко // Наукові записки. Серія : Педагогічні науки – 2007. – Вип. 72. – Ч. 1. – С. 152–156. – (КДПУ ім. В.Винниченка).

60. Величко С. П. Вивчення основ квантової фізики: навч. посіб. / С. П. Величко, Л. Д. Костенко. – Кіровоград: РВЦ КДПУ ім. В. Винниченка, 2002. – 274 с.

61. Величко С. П. Розвиток системи навчального фізичного експерименту в сучасній середній школі : дис. . докт. пед. наук : 13.00.02 (ф) / Величко Степан Петрович. – Київ, 1998. – 460 с.

62. Величко С.П. Лабораторний практикум зі спецкурсу «Лазер у викладанні шкільного курсу фізики»: [Посіб. для студ. 5 курсу ф.-м. факультету] / Величко С. П., Забара О. А., Сірик П. В. / За ред. С. П. Величка. – Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2014. – 118 с.

63. Венгер Є. Ф. Основи теоретичної фізики : [навч. посіб. для студ. ВНЗ] / Є. Ф. Венгер, В. М. Грибань, О. В. Мельничук. – К. : Вища школа, 2011. – 432 с.

64. Вербицкий А. А. Активное обучение в высшей школе: контекстный поход / А. А. Вербицкий. – М. : Высшая школа. – 1991. – 204 с.

65. Вербицкий А. А. Концепция знаковоконтекстного обучения в вузе / А. А. Вербицкий // Вопросы психологии. – 1987. – № 5. – С. 31–39.

66. Вища освіта України і Болонський процес: Навчальний посібник / За ред. В. Г. Кременя; [авт. кол. : М. Ф. Степко, Я. Я. Болубаш, В. Д. Шинкарук та ін.]. – Тернопіль : Навчальна книга. – Богдан, 2004. – 384 с.

67. *Владимиров В. С. Уравнения математической физики / В. С.Владимиров. – М. : Наука, 1981. – 512 с.*

68. Вовкотруб В. П. В.О. Сухомлинський і реформування фізичної освіти

з загальноосвітній школі / В. П. Вовкотруб, С. П. Величко, Є. В. Коршак, Н. В. Подопрігора // Фізика та астрономія в школі. – 2004. – № 1. – С. 4–7.

69. Вовкотруб В. П. Вибрані задачі з фізики та варіанти їх розв'язків : [посібник для студ. ф.-м. фак. вищ. пед. навч. закл. та учнів заг. шкіл] / Вовкотруб В. П., Подопрігора Н. В., Трифонова О. М. – Кіровоград : ПП «Ексклюзив систем», 2011. – 175 с.

70. Вовкотруб В. П. Вступ до навчального фізичного експерименту: [навч. посіб для студ. вищ. пед. навч. закладів] / Вовкотруб В. П., Ментова Н. О., Подопрігора Н. В. – Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2007. – 155 с.

71. Вовкотруб В. П. Експериментальна установка до вивчення вільних затухаючих коливань пружного маятника / В.П. Вовкотруб, Н.В. Подопрігора // Наукові записки. Серія : Педагогічні науки – 2004. – Вип. 55. – С. 252–257. – (КДПУ ім. В. Винниченка).

72. Вовкотруб В. П. Експериментальні задачі як пропедевтичний чинник до підготовки і виконання лабораторного практикуму з фізики / В. П. Вовкотруб, Н. В. Подопрігора // Наукові записки. Серія: проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. – 2013. – Вип. 3. – С. 44–51. – (КДПУ ім. В. Винниченка).

73. Вовкотруб В. П. Проблема наочності в неперервній фізичній освіті майбутніх вчителів фізики (ергономічний аспект) / В. П. Вовкотруб, Н. В. Подопрігора // Збірник наукових праць Уманського державного пед. університету ім. Павла Тичини (Педагогічні науки). – 2006. – С. 42–47.

74. Вовкотруб В. П. Розв'язування олімпіадних задач з фізики / Вовкотруб В. П., Ковальов І. З., Подопрігора Н. В. – Кіровоград : Авангард, 2007. – 234 с.

75. Вовкотруб В. П. Теоретичні та методичні основи реалізації вимог ергономіки навчального фізичного експерименту: дис. ... доктора пед. наук: 13.00.02 (ф) / Вовкотруб Віктор Павлович. – К., 2007. – 482 с.

76. Волович В. Болонський процес і нова парадигма освіти в Україні / Володимир Волович // Соціологія: теорія, методи, маркетинг : наук.-теор.

часопис. – 2004. – № 4. – С. 189–99.

77. Волчанський О. В. Термодинаміка і статистична фізика : навчальний посібник [для студ. фізич. спец. вищ. пед. навч. закл.] / О. В. Волчанський, Н. В. Подопригора, О. М. Гур'євська. – Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2012. – 428 с.

78. Выготский Л. С. Сборник сочинений : в 6 т. / [под ред. Д. Е. Ельконина]. – М. : Педагогика, 1982. – Т. 4: Детская психология. – 1982. – 432 с.

79. Вязовова Е. В. Формирование когнитивной компетентности у учащихся на основе альтернативного выбора учебных действий : на примере обучения математике : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.01 / Вязовова Елена Владимировна. – Екатеринбург, 2007. – 141 с.

80. Галатюк Юрій. Особливості моделювання процесу розв'язування творчої фізичної задачі / Юрій Галатюк // Фізика та астрономія в школі. – 2011. - № 4. – С. 13–17.

81. Галузеві стандарти вищої освіти. Педагогічна освіта. Педагогіка і методика середньої освіти. Фізика. Освітньо-професійна програма підготовки бакалавра. – К. : НПУ ім. М. П. Драгоманова. – 2003. – Ч. 2. – 74 с.

82. Галузьяк В. М. Педагогіка : навчальний посібник / В. М. Галузьяк, М. І. Сметанський, В. І. Шахов. – Вінниця : ДП «Державна картографічна фабрика», 2007. – 400 с.

83. Гершунский Б. С. Педагогическая прогностика : Методология, теория, практика / Гершунский Б. С. – К. : Вища школа, 1986. – 200 с.

84. Гершунский Б. С. Философия образования / Гершунский Б. С. – М. : Московский психолого-социальный институт Флинта, 1998. – 432 с.

85. Гилфорд Дж. Три стороны интеллекта // Психология мышления : сборник статей / Дж. Гилфорд. – Москва, 1965. – С. 433–457.

86. Голин Г. М. Вопросы методологии физики в курсе средней школы / Голин Г. М. – М. : Просвещение, 1987. – 127 с.

87. Голин Г. М. Образовательные и воспитательные функции методологии научного познания в школьном курсе физики : автореф. дис. на соискание науч. степени доктора. пед. наук : спец. 13.00.02 «Теория и методика

обучения и воспитания (физика)» / Г. М. Голин. – Л., 1986. – 31 с.

88. Головань М. С. Компетенція і компетентність: досвід теорії, теорія досвіду / М. С. Головань // Вища освіта України. – 2008. – № 3. – С. 23–30.

89. Головань М. С. Професійна компетентність викладача вищого навчального закладу / М. С. Головань // Проблеми сучасної педагогічної освіти. Серія : Педагогіка і психологія. – 2014. – Вип. 44. – Ч. 3. – С. 79–88. – (Кримський гуманітарний університет).

90. Головань М. С. Система компетенцій випускника вищого навчального закладу напряму підготовки “фінанси і кредит” / М. С. Головань // Вища школа. – 2011. – № 9. – С. 27–38.

91. Голошко М. В. Розвиток системи вимог до навчальних досягнень учнів у вітчизняній теорії та методики навчання фізики / М. В. Голошко // Наукові записки. Серія : Педагогічні науки. – 2007. – Вип. 72. – Ч. 1. – С. 27–33. – (КДПУ ім. В. Винниченка).

92. Голод П. І. Математичні основи теорії симетрій / П. І. Голод, А. У. Клімик. – К. : Наукова Думка, 1992. – 366 с.

93. Гончаренко С. У. Фізика : Підруч. для 11 кл. серед. загальноосвіт. школи / С. У. Гончаренко. – К. : “Освіта”, 2002. – 320 с.

94. Гончаренко С. У. Зв’язок викладання фізики з виробничим навчанням : дис. ... канд.. пед.. наук 13.00.02 (ф) / Гончаренко Семен Устинович. – Київ, 1959. – 228 с.

95. Гончаренко С. У. Методика як наука / С. У. Гончаренко. – Хмельницький : ХГПК, 2000. – 30 с.

96. Гончаренко С. У. Методологические и теоретические основы формирования у учащихся средней школы естественнонаучной картины мира : автореф. дис. на соискание науч. степени доктора пед. наук в форме науч. доклада : спец. 13.00.01 «Общая педагогика и история педагогики»; 13.00.02 «Теория и методика обучения физики» / С. У. Гончаренко. – К., 1989. – 56 с.

97. Гончаренко С. У. Методологічні особливості наукових поглядів на педагогічний процес / С. У. Гончаренко, В. А. Кушнір, Г. А. Кушнір // Шлях освіти. – 2008. – № 4(50). – С. 2–10.

98. Гончаренко С. У. Педагогічні дослідження : Методологічні поради молодим науковцям / С. У. Гончаренко. – Київ-Вінниця : «Вінниця», 2008. – 278 с.
99. Гончаренко С. У. Принцип фундаменталізації освіти / С. У. Гончаренко // Наукові записки. Серія : Педагогічні науки. – 2004. – Вип. 55. – С. 3-8. – (КДПУ ім. В. Винниченка).
100. Гончаренко С. У. Український педагогічний словник / С. У. Гончаренко. – К. : Либідь, 1997. – 374 с.
101. Гончаренко С. У. Фізика, 10 кл.: проб. навч. посіб. для ліцеїв та кл. природничо-наукового профілю / С. У. Гончаренко. – К. : Освіта, 1998. – 445 с.
102. Гончаренко С. У. Фізика, 11 кл. : проб. навч. посіб. для ліцеїв та класів природничо-наукового профілю / С. У. Гончаренко. – К. : Освіта, 1995. – 430 с.
103. Гончаренко С. У. Формування наукового світогляду учнів під час вивчення фізики: посібник для вчителів / С. У. Гончаренко. – К. : Рад. шк., 1990. – 208 с.
104. Горбачук І. Т. Загальна фізика. Лабораторний практикум / Горбачук І. Т. – К. : Вища школа, 1992. – 509 с.
105. Горносталь П. М. Активізація пізнавальної діяльності майбутніх вчителів фізики (на матеріалах практикуму з механіки) : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / Горносталь Петро Максимович. – К., 1994. – 199 с.
106. Гриценко В. Г. Нові інформаційні технології при вивченні статистичних закономірностей у процесі підготовки вчителів фізики: дис...кандидата пед. наук: спец. 13.00.02 (ф) / Валерій Григорович Гриценко. – Черкаси, 1998. – 198 с.
107. Грищенко Г. О. Проектування стандартів педагогічної освіти з використанням компетентнісного підходу / Г. О. Грищенко // Актуальні проблеми підготовки вчителів природничо-наукових дисциплін для сучасної загальноосвітньої школи: всеукр. наук.-практ. конф., 18–19 жовт. 2012 р.: тези доп. – Умань, 2012. – С. 49–51.
108. Гузеев В. В. Теория и практика интегральной образовательной технологии / В. В. Гузеев. – М. : Народное образование, 2001. – 224 с.
109. Гулд Х. Компьютерное моделирование в физике: [в 2 ч.] / Х. Гулд,

Я. Тобочник; пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – Ч. 1. – 349 с. – Ч. 2. – 400 с.

110. Гуржій А. М. Методологія критеріїв оцінювання / А. М. Гуржій // Освіта України. – 2000. – № 44-45. – 1 листопада. – С. 11.

111. Давыдов В. В. Проблемы развивающего обучения / В. В. Давыдов. – М.: Директ-Медиа, 2008. – 613 с.

112. Давыдов В. В. Проблемы развивающего обучения : опыт теоретического и экспериментального психологического исследования : [учеб. пособие для студ. вузов] / В. В. Давыдов. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 288 с.

113. Данилов М. А. Структурно-системные исследования педагогических явлений / М. А. Данилов, В. Малинин // Советская педагогика. – 1971. – № 1. – С. 73–95.

114. Данилова Г. С. Управління процесом становлення професійної компетентності методиста / Г. С. Данилова. – К.: УПКККО, 1995. – 80 с.

115. Державний стандарт базової і повної середньої освіти [Електронний ресурс] / Верховна Рада України : Офіційний веб-портал; Кабінет Міністрів України; Постанова, Стандарт, План [...] від 23.11.2011 № 1392. – Режим доступу : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1392-2011-%D0%BF>. – Редакція від 21.08.2013, підстава 538-2013-п.

116. Дичківська І. М. Інноваційні педагогічні технології : Навчальний посібник / Дичківська І. М. – К.: Академвидав, 2004. – 352 с.

117. Дудик М. В. Моделювання фізичних явищ у комп'ютерних навчальних програмах: [навч. посібник] / М. В. Дудик, С. А. Хазіна. – Умань, 2007. – 72 с.

118. Дущенко В. П. Загальна фізика. Фізичні основи механіки. Молекулярна фізика і термодинаміка / Дущенко В. П., Кучерук І. М. – К.: Головне вид-во вид. об'єднання «Вища школа», 1987. – 431 с.

119. Ёлгина Л. С. Фундаментализация образования в контексте устойчивого развития общества : сущность, концептуальные основания : дисс. ... канд. философ. наук : 09.00.11 – социальная философия / Ёлгина Лариса Сергеевна. – Улан-Удэ, 2000. – 155 с.

120. Ельяшевич М. А. Вклад Эйнштейна в развитие квантовых представлений // Академик М. А. Ельяшевич. Воспоминания учеников и современников, избранные статьи : (К 100 летию со дня рождения) : статьи / М. А. Ельяшевич. – Минск, 2008. – С. 140–198.

121. Енциклопедія освіти / АПН України ; відповід. ред. В. Г. Кремень. – К. : Юрінком Інтер, 2008. – 1040 с.

122. Жалдак М. Комп'ютерно-орієнтовані засоби навчання математики, фізики, інформатики / М. Жалдак, В. Лапінський, М. Шут // Інформатика (Шкільний світ). – 2004. – №42. – С. 1–4, вкладка ; №43. – С. 5–8, вкладка ; № 44. – С. 9–19, вкладка ; № 45. – С. 21–28, вкладка ; № 46-47. – С. 29–44, вкладка ; № 48. – С. 45–64, вкладка.

123. Жалдак М. И. Система подготовки учителя к использованию информационной технологии в учебном процессе : дис. ... доктора пед. наук : 13.00.02 / Жалдак Мирослав Иванович. – М., 1989. – 48 с.

124. Жалдак М. І. Деякі методичні аспекти навчання інформатики в школі і педагогічному університеті / М. І. Жалдак // Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія № 2 : Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання. – 2005. – № 3 (14). – С. 3–14.

125. Жалдак М. І. Яким бути шкільному курсу інформатики / М. І. Жалдак // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 1988. – № 1. – С. 3–7.

126. Желюк О. М. Удосконалення навчального фізичного експерименту засобами сучасної електронної техніки : дис... канд. пед. наук : 13.00.02 (ф) / Желюк Олег Миколайович. – Рівне, 1996. – 222 с.

127. Життєва компетентність особистості: Наук.-метод. посіб. / За ред. Л. В. Сохань, І. Г. Єрмаков, Г. М. Несен. – К. : Богдана, 2003. – 520 с.

128. Жук Ю. О. Використання засобів нових інформаційних технологій у навчальній дослідницькій діяльності / Юрій Жук // Фізика та астрономія в школі. – 1997. – № 3. – С. 4–7.

129. Жук Ю. О. Розв'язування дослідницьких задач з фізики із застосуванням нових інформаційних технологій / Ю. О. Жук // Проблеми освіти : Наук.- метод. зб. – Вип. 6. – Київ., 1996, – С. 57–63.

130. Заболотний В. Методична компетенція майбутнього учителя фізики як важлива складова професійної компетентності / Володимир Заболотний // Проблеми підготовки сучасного вчителя: збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини. – 2013. – № 7. – С. 156–161.

131. Заболотний В. Ф. Дидактичні засади застосування мультимедіа у формуванні методичної компетентності майбутніх учителів фізики: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора пед. наук : 13.00.02 «Теорія та методика навчання (фізика)» / Заболотний Володимир Федорович. – К., 2010. – 40 с.

132. Заир-Бек Е. С. Основы педагогического проектирования: учеб пособие для студентов педагогического бакалавриата, педагогов-практиков / Е. С. Заир-Бек. – СПб., 1995. – 234 с.

133. Закирова А. Ф. Герменевтическая интерпретация педагогического знания / А. Ф. Закирова // Педагогика. – 2004. – № 1. – С. 32–43.

134. Закон «Про вищу освіту» [Електронний ресурс] / Верховна Рада України; Закон від 17.01.2002 № 2984-III. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2984-14>. Документ 2984-14, чинний, поточна версія. – Редакція від 10.02.2010, підстава 1798-17.

135. Закон «Про вищу освіту» [Електронний ресурс] / Верховна Рада України; Закон від 01.07.2014 № 1556-VII. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1556-18/paran77#n77>. – Документ 1556-18, чинний, поточна редакція. – Редакція від 01.01.2015, підстава 319-19.

136. Закон «Про освіту» [Електронний ресурс] / Верховна Рада УРСР; Закон від 23.05.1991 № 1060-XII. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1060-12>. – Документ 1060-12, чинний, поточна редакція. – Редакція від 01.01.2015, підстава 76-19.

137. Захарченко Е. Н. Новый словарь иностранных слов / Захарченко Е. Н., Комарова Л. Н., Нечаева И. В. – [3-е изд.] – М. : Азбуковник, 2008. – 1040 с.

138. Зверев И. Д. Интеграция и «интегрированный предмет» / И. Д. Зверев // Биология в школе. – 1991 – № 5. – С. 46–49.

139. Зеер Э. Ф. Психология профессионального образования : [учеб.

пособие] / Э. Ф. Зеер. – М. : Изд-во Московского психолого-социального института; Воронеж : Изд-во НПО «МОДЕКС», 2003. – 480 с.

140. Зельдович Я. Б. Элементы математической физики / Я. Б. Зельдович, А. Д. Мышкис. – М. : Гл. ред. физ-мат. лит. изд-ва «Наука», 1973. – 351 с.

141. Зимняя І. Ключові компетентності – нова парадигма результату освіти / І. Зимняя // Дайджест «Школа-парк» педагогічних ідей та технологій. – 2004. – № 1 – 2. – С. 11–14.

142. Зорина Л. Я. Дидактические аспекты естественнонаучного образования : Монография / Л. Я. Зорина. – М. : Изд-во РАО, 1993. – 163 с.

143. Зязюн І. А. Філософія педагогічної якості в системі неперервної освіти // Вісник Житомирського державного університету імені Івана Франка. – 2005. – № 25. – С. 13.

144. Зязюн І. А. Технологізація освіти як історична неперервність : Передмова // Педагогічні технології у неперервній професійній освіті : монографія / І. А. Зязюн. – К. : ВПОЛ, 2001. – С. 3–11.

145. Зязюн І. А. Філософія освіти : парадигми і технології // Педагогічні новації столичної освіти : теорія і практика : наук.-метод. щорічник / І. А. Зязюн. – К., 2001. – С. 7–20.

146. Изучение языков программирования в школе / [Шкиль М. И., Жалдак М. И., Морзе Н. В., Рамський Ю. С.]. – К. : «Рад. школа», 1988. – 272 с.

147. Ильина В. А. Численные методы для физиков-теоретиков / Ильина В. А., Силаев П. К. – Москва-Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2004. – 118 с.

148. Іваницький О. І. Інноваційні технології навчання фізики : навчальний посібник / О. І. Іваницький. – Запоріжжя: Диво, 2007. – 99 с.

149. Іваницький О. І. Теоретичні і методичні основи підготовки майбутнього вчителя фізики до впровадження інноваційних технологій навчання : автореф. дис. на здобуття наук, ступеня доктора пед. наук : спец. 13.02.02 «Теорія та методика навчання (фізика)» / О. І. Іваницький. – К., 2005. – 43 с.

150. Іваницький О. І. Технології навчання фізики : теоретико-методичні засади : [навч. посібник] / О. І. Іваницький, С. П. Ткаченко. – Запоріжжя : ЗНУ,

2010. – 254 с.

151. Іванченко А. О. Тлумачний словник української мови / Іванченко А. О. – Харків : Фоліо, 2004. – 540 с.

152. Інформаційний збірник та коментарі Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України / Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України. – Офіц. вид. – К. : Видавництво «Педагогічна преса», 2012. – № 4 – 5. – 64 с.

153. Калапуша Л. Моделі в науці та в навчальному процесі з фізики. Ч. II / Леонід Калапуша // Фізика та астрономія в школі. – 2007. – № 3. – С. 13–17.

154. Калапуша Л. Р. Організація самостійної роботи учнів з фізики на основі використання методу моделювання / Л. Р. Калапуша, В. О. Савош, О. С. Мартинюк // Фізика та астрономія в школі. – 2000. – №1. – С. 17–18.

155. Калапуша Л. Р. Моделювання в курсі фізики середньої школи : дис.... канд. пед. наук : 13.00.02 (ф) / Калапуша Леонід Романович. – Київ, 1966. – 251 с.

156. Калапуша Л. Р. Моделювання у вивченні фізики: монографія / Л. Р. Калапуша. – К. : Рад. шк., 1982. – 157 с.

157. Каменецкий С. Е. Модели и аналогии в процессе обучения физике: Пособие для учителей / Каменецкий С. Е., Солодухин Н. А. – М. : Просвещение, 1982. – 96 с.

158. Канівець Т.М. Основи педагогічного оцінювання : [навч.-метод. посібник] / Т.М. Канівець. – Ніжин : Видавець ПП Лисенко, 2012. – 102 с.

159. Карамишева Н. В. Логіка. Пізнання. Евристика : навчальний посібник для студентів і аспірантів / Карамишева Н. В. – Львів : Астролябія, 2002. – 352 с.

160. Касперський А. В. Радіоелектроніка в системі формування фізичних і технічних знань у середніх загальноосвітніх та вищих педагогічних навчальних закладах: дис. ... доктора пед. наук: 13.00.02 / Касперський Анатолій Володимирович. – К., 2003. – 524 с.

161. Касперський А. В. Система формування знань з радіоелектроніки у середній та вищій школах / А.В. Касперський. – К. : НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2002. – 325 с.

162. Катаева М. Л. Моделирование профессиональной деятельности в процессе подготовки будущих учителей в педагогическом колледже : автореф.

дис. на соискание уч. степени канд. пед. наук : спец. 13.00.01 «Общая педагогика, история педагогики и образования» / М. Л. Катаева. – Пермь, 2007. – 26 с.

163. Кларин В. М. Педагогическая технология в учебном процессе : Анализ зарубежного опыта / М. В. Кларин. – М. : Знание, 1989. – 80 с.

164. Ключові компетенції – нова парадигма якості освіти // Відкритий урок : розробки, технології, досвід. – 2003. – № 19-20. – С. 22–23.

165. Коваленко І. В. Міждисциплінарні зв'язки як засіб поглибленого вивчення фізики студентами педагогічних університетів / І. В. Коваленко // Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова. Серія 5. Педагогічні науки : Реалії та перспективи. – 2011. – Вип. 28. – С. 99–103.

166. Ковальов І. З. Вчення про симетрію в курсі фізики середньої школи : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 (ф) / Ковальов Іван Захарович. – К., 1974. – 197 с.

167. Ковальчук В. Ю. Модернізація професійної та світоглядно-методологічної підготовки сучасного вчителя: дис. ... доктора пед. наук: 13.00.04 / Ковальчук Володимир Юльянович. – К., 2005. – 402 с.

168. Коджаспиров Г. М. Педагогический словарь / Г. М. Коджаспиров, А. Ю. Коджаспирова. – М. : Академия, 2000. – 176 с.

169. Козловська І. М. Закони і закономірності дидактики // Розвиток педагогічної і психологічної науки в Україні 1992–2002: Збірник наукових праць до 10-річчя АПН України / І. М. Козловська. – Харків, 2002. – Ч. 2. – С. 348–358.

170. Козловська І. М. Філософсько-методичні аспекти інтеграції знань у змісті сучасної освіти / І. М. Козловська // Педагогіка і психологія професійної освіти. – 1999. – № 3. – С. 21–27.

171. Колос Є. С. Шляхи забезпечення наступності між середньою і вищою школою у вивчення фізики : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 (ф) / Колос Євген Степанович. – Львів, 1973. – 248 с.

172. Комаров Б. А. Теория и практика согласованного обучения : монография / Комаров Б. А. – СПб. : Из-во Библи. Академии наук, 2006. – 296 с.

173. Комаров Б. А. Целенаправленное формирование ключевых

методологических компетенций в рамках современного общего физического образования / Б. А. Комаров // Физика в школе. – 2014. – № 5. – С. 21–30.

174. Кондратьев В. В. Фундаментализация профессионального образования специалистов на основе непрерывной математической подготовки в условиях технологического университета : дисс.. доктора пед. наук : 13.00.08 / Владимир Владимирович Кондратьев. – Казань, 2000. – 354 с.

175. Коновал А. А. Модель управления процессом обучения физике : дидактический аспект / А. А. Коновал, П. И. Самойленко, А. В. Сергеев // Специалист. – 2003. – № 4. – С. 35–37.

176. Коновал О. А. Навчально-методичний комплекс як сучасний дидактичний засіб управління самостійною роботою студентів при вивченні фізики // Педагогіка вищої та середньої школи: збірник наукових праць / О. А. Коновал. – Кривий Ріг, 2012. – Вип. 34. – С. 68–76.

177. Коновал О. А. Теоретичні і методичні засади вивчення електродинаміки як релятивістської теорії у вищих педагогічних навчальних закладах : автореф. дис. на здобуття наук, ступеня доктора пед. наук : 13.00.02 «Теорія та методика навчання (фізика)» / О. А. Коновал. – К., 2010. – 43 с.

178. Коновал О. А. Теоретичні і методичні засади вивчення електродинаміки як релятивістської теорії у вищих педагогічних навчальних закладах : дис. ... доктора пед. наук : 13.00.02 (ф) / Коновал Олександр Андрійович. – К., 2010. – 468 с.

179. Коновал О. А. Теоретичні та методичні основи вивчення електродинаміки на засадах теорії відносності : Монографія / Коновал О. А. – Кривий Ріг : Видавничий дім, 2009. – 346 с.

180. Корнієнко С. В. Розв'язування психологічних задач як спосіб становлення майбутнього вчителя : дис. ... канд. псих. наук : 19.00.01 / Корнієнко Святослав Володимирович. – Київ, 2008. – 172 с.

181. Королев М. Ю. Методическая система обучения методу моделирования студентов естественнонаучных и математических направлений подготовки в педвузах: дис. ... доктора пед. наук: спец. 13.00.02 «теория и методика обучения и воспитания (естествознание)» / Максим Юрьевич Королев. – М.: Московский

педагогический государственный университет, 2012. – 501 с.

182. Коршак Є. В. Болонський процес – реформа вищої освіти в європейському просторі / Є. В. Коршак, Г. І. Шатковська // Збірник наук. праць Кам'янець-Подільського держ. ун-ту : Серія педагогічна. – 2005. – Вип. 11 : Дидактика фізики в контексті орієнтирів Болонського процесу. – С. 42–45.

183. Коршак Є. В. Використання приладів на напівпровідниках в шкільному фізичному експерименті: дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 (ф) / Коршак Євген Васильович. – Київ, 1965. – 191 с.

184. Коршак Євген. Математичне моделювання під час розв'язування фізичних задач / Є. Коршак, Н. Коршак // Фізика та астрономія в школі. – 2010. – № 3. – С. 10–11.

185. Костюк Г. С. Навчально-виховний процес і психічний розвиток особистості / Г. С. Костюк. – К. : Радянська школа, 1989. – 608 с.

186. Костюкевич Д. Я. Фундаментальні дослідження з фізики в шкільному демонстраційному експерименті: дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 (ф) / Костюкевич Дмитро Яковлевич. – К, 1973. – 173 с.

187. Коць Т. А. Літературна норма у функціонально-стильовій і структурній парадигмі : [монографія] / Т. А. Коць. – К. : Логос, 2010. – 303 с.

188. Кочергин А. Н. Моделирование мышления / А. Н. Кочергин. – М. : Наука, 1969. – 96 с.

189. Краевский В. В. Методология педагогики : Пособие для педагогов-исследователей / Краевский В. В. – Чебоксары : Из-во Чуваш. ун-та, 2001. – 244.

190. Краевский В. В. Методология педагогического исследования : пособие для педагога-исследователя / Краевский В. В. – Самара : Изд-во СамГПИ, 1994. – 165 с.

191. Краевский В. В. Общие основы педагогики : [учебник для студ. высш. пед. уч. заведений] / Краевский В. В. – М. : Издательский центр «Академия», 2008. – 256 с.

192. Краткий психологический словарь / Под ред. А.В. Петровского, А.Г. Ярошевского. – Ростов-на-Дону : Феникс, 1998. – 505 с.

193. Кузнецова А. Г. Развитие методологии системного подхода в

отечественной педагогике : Монография / А. Г. Кузнецова. – Хабаровск : Из-во Хабаровского краевого института переподготовки и повышения квалификации педагогических кадров, 2001. – 152 с.

194. Кузьмінський А. І. Проблеми фундаменталізації професійної освіти / А. І. Кузьмінський // Вісник Черкаського університету. Серія: Педагогічні науки. – 2013. – Вип. 23 (276). – С. 3–8.

195. Кузьмінський А. І. Моделювання освітньо-професійної підготовки майбутнього фахівця в контексті компетентнісного підходу / А. І. Кузьмінський // Теоретичний та науково-методичний часопис «Вища освіта України». – 2012. – № 3 (46). – С. 29–43.

196. Кузьмінський А. І. Педагогіка : Підручник / А. І. Кузьмінський, В. Л. Омеляненко. – К. : Знання-Прес, 2003. – 418 с.

197. Кузьмина Н. В. Профессионализм педагогической деятельности / Кузьмина Н. В., Реан А.А. – СПб, ВНУ, 1993. – 54 с.

198. Кузьмина Н. В. Системный подход в педагогических исследованиях // Методология педагогических исследований : сборник трудов НИИ ОП АН СССР / Кузьмина Н. В. – М., 1980. – С. 82 – 117.

199. Кунин С. Е. Вычислительная физика / С. Е. Кунин; Пер. с англ. А. Д. Баркалова, А. Н. Явохина; Под ред. А. Н. Матвеева. – М. : Мир, 1992. – 518 с.

200. Курант Р. Уравнения с частными производными / Р. Курант, [пер. с англ.]. – М. : Мир, 1964. – 843 с.

201. Курант Р. Методы математической физики: в 2-х томах / Р. Курант, Д. Гильберт, [пер. с англ.]. – М. : Гостехиздат, 1951. – Т. 1. – 1951. – 525 с.

202. Куриленко С. П. Тенденції інтеграції сучасної дидактики фізики як наукової дисципліни / С. П. Куриленко, О. В. Сергєєв // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного педагогічного університету. Серія педагогічна. – 2001. – Вип. 7 : Модель середньої фізичної освіти в умовах переходу на 12-річний термін навчання. – С. 135–141.

203. Курош А. Г. Теория групп / А. Г. Курош. – М. : Наука, 1967. – 648 с.

204. Кучерук І. М. Загальна фізика. Оптика. Квантова фізика / Кучерук М. І., Дущенко В. П. – К. : Вища шк., 1991. – 463 с.

205. Кушнер Ю. З. Методология и методы педагогического исследования : [учеб. методич. пособие] / Ю. З. Кушнер. – Могилев : МГУ им. А. А. Кулешова, 2001. – 66 с.

206. Кушнір В. А. Системний аналіз педагогічного процесу : методологічний аспект : Монографія / Кушнір В. А. – Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2001. – 348 с.

207. Кыверялг А. А. Методы исследования в профессиональной педагогике / А. А. Кыверялг. – Таллин : Валчус, 1980. – 334 с.

208. Лабораторний практикум з курсу загальної фізики : Навчально-методичний посібник : у 5 ч. / [Царенко О. М., Сальник І. В., Подопригора Н. В. та ін.]; за ред. О. М. Царенка, І. В. Сальник. – Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2010. – Ч.2 : Молекулярна фізика. – 96 с.

209. Лабораторний практикум з курсу загальної фізики. Частина 1. Механіка / [Антонова Н. Г., Сальник І. В., Подопригора Н. В., Ткачук І. Ю., Царенко О. М.]. – Кіровоград: ТОВ «Сабоніт», 2009. – 126 с.

210. Лабораторний практикум з курсу загальної фізики. Частина 5 : Квантова фізика / [Царенко О. М., Сальник І. В., Сірик Е. П., Сірик П. В.]. – Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2014. – 86 с.

211. Лабораторний практикум з фізики. Ч. 3. (Оптика та атомна фізика). Лабораторія оптична: навчальний посібник. – Львів : Вид-во Національного університету «Львівська політехніка», 2007. – 364 с.

212. Лаврентьев Г. В. Инновационные обучающие технологии в профессиональной подготовке специалистов : учебное пособие : [в 3 ч.] / Г. В. Лаврентьев, Н. Б. Лаврентьева. – [2-е изд.]. – Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2009. – Ч. 1. – 2009. – 166 с.

213. Лазарев В. С. Психология стратегических решений / В. С. Лазарев. – М. : ИКФ «Голден Ант», 1994. – 82 с.

214. Леонтьев А. Н. Деятельность. сознание. Личность / А. Н. Леонтьев. – М. : Политиздат, 1977. – 304 с.

215. Лернер И. Я. Качества знаний учащихся. Какими они должны быть? / И. Я. Лернер. – М. : Знание, 1978. – 48 с.

216. Лернер И. Я. Дидактические основы методов обучения / Лернер И. Я. – М. : Педагогика, 1981. – 186 с.
217. Лернер И. Я. Процесс обучения и его закономерности / Лернер И. Я. – М. : Знание, 1980. – 96 с.
218. Лобанова Н. Н. Профессиональная компетентность педагога / Н. Н. Лобанова, В. В. Косарев, А. П. Крючатов. – Самара, СПб. : ОАО «СамВен», 1997. – 106 с.
219. Лодатко Є. О. Моделювання в педагогіці: точки відліку [Електронний ресурс] / Портал сучасних педагогічних ресурсів // Педагогічна наука : історія, теорія, практика, тенденції розвитку: електронний журнал / Лодатко Є. О. – Вип. 1. – 2010. – Режим доступу: http://www.intellect-invest.org.ua/ukr/pedagog_editions_e-magazine_pedagogical_science_vypuski_n1_2010_st_2/
220. Лойфман И. Л. Діалектика і теорія пізнання / И. Л. Лойфман, М. Н. Руткевич. – М. : Думка, 1994. – 383 с.
221. Лотман Ю. М. Семиотика культуры и понятие текста // Избранные статьи / Ю. М. Лотман. – Таллинн, 1992. – Т. 1. – С. 129–132.
222. Лоцци Марио. История физики / М. Лоцци. – М.: Мир, 1970. – 464 с.
223. Ляшенко О. І. Взаємозв'язок теоретичного та емпіричного у навчанні фізики : дис. ... доктора пед. наук : 13.00.04 – професійна підготовка; 13.00.02 – методика навчання фізики / Ляшенко Олександр Іванович. – К., 1996. – 442 с.
224. Ляшенко О. І. Якість освіти як основа функціонування й розвитку сучасних систем освіти / О. І. Ляшенко // Педагогіка і психологія. –2005. – № 1 (46). – С. 5–12.
225. Магістерська програма «Фізика». Спеціальність: 8.04020301 «Фізика». Кваліфікація, що присвоюється : Магістр за спеціальністю «Фізика», спеціалізація «Теоретична фізика» [Електронний ресурс] // Національний університет «Києво-Могилянська академія» : офіційний веб-сайт / [Інформаційний пакет ЄКТС; Факультет природничих наук; Інформація по програмах]. – Режим доступу : <http://www.ukma.edu.ua/ects/index.php/2011-11-13-16-43-44/118-fizika>. – Дата звернення: 06.02.2015 р.
226. Майер В. В. Против формализма в преподавании физики / В. В. Майер

// Фізика в школі. – 2011. – №7. – С. 51–60.

227. Майер Р. В. Компьютерное моделирование : [учеб.-метод пособие для студ. пед. вузов] / Майер Р. В. – Глазгов : ГОУ ВПО «Глазовский гос. пед. ин-т им. В. Г. Короленко», 2014. – 531 с.

228. Макаренко А. С. Книга для батьків / А. С. Макаренко. – К. : Рад. школа, 1980. – 327 с.

229. Максимова В. Н. Акмеология : новое качество образования книга для педагога / Максимова В. Н. – СПб. : Из-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2002. – 99 с.

230. Малафіїк І.В. Теорія та методика формування системності знань у старшокласників : дис. ... доктора пед. наук : 13.00.09 / Малафіїк Іван Васильович. – Рівне, 2007. – 422 с.

231. Мануйлов Ю. С. Средовой подход в воспитании : дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.01 / Мануйлов Юрий Степанович. – М., 1997. – 192 с.

232. Маркова А. К. Психология труда учителя : Книга для учителя / А. К. Маркова. – М. : Просвещение, 1996. – 245 с.

233. Мартинсон Л. К. Дифференциальные уравнения математической физики: Учеб. для вузов / Л. К. Мартинсон, Ю. И. Малов. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 368 с. – (Серия «Математика в техническом университете»; вып. 12).

234. Мартинюк М. Психолого-педагогічні основи добору і конструювання змісту навчання фізики / [М. Мартинюк, О. Гнатюк, М. Декарчук та ін.] // Наукові записки : збірник наукових статей Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. – К. : НПУ, 2003. – Вип. LIII (53). – С. 193–205.

235. Мартинюк М. Т. Науково-методичні засади навчання фізики в основній школі: дис. ... доктора пед. наук: 13.00.02 (ф) / Мартинюк Михайло Тадейович. – К., 1998. – 441 с.

236. Мендерецький В. В. Методична система експериментальної підготовки майбутніх учителів фізики : дис. ... докт. пед. наук: 13.00.02 (ф) / Мендерецький Вадим Владиславович. – Київ, 2007. – 488 с.

237. Методика й техніка навчального фізичного експерименту в старшій

школі / [Атаманчук П. С., Ляшенко О. І., Мендерецький В. В., Ніколаєв О. М.]. – Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2011. – 420 с.

238. Мещеряков Б. Г. Большой психологический словарь / Б. Г. Мещеряков, В. П. Зинченко. – [3-е изд.]. – М. : Прайм-Евроник, 2002. – 672 с.

239. Микитюк Оксана. Шляхи реформування самоосвітньої компетентності старшокласників на уроках технологій / Оксана Микитюк // Педагогіка і психологія професійної освіти. – 2013. – № 4. – С. 148 – 156 с.

240. Митина Л. М. Учитель как личность и профессионал (психологическая проблема) / Л. М. Митина. – М. : Флинта, 1994. – 145 с.

241. Михеев В. И. Моделирование и методы теории измерений в педагогике / В. И. Михеев. – М. : КомКнига, 2006. – 200 с.

242. Моделирование обучения и поведения / Отв. ред. М. С. Смирнов. – М. : Наука, 1975. – 240 с.

243. Моделирование педагогических ситуаций / [под ред. Ю. Н. Кулюткина и Г. С. Сухобской]. – М. : Педагогика, 1981. – 120 с.

244. Монахов В. М. Педагогічне проектування – сучасний інструментарій дидактики досліджень / В. М. Монахов // Шкільні технології. – 2001. – № 5. – С. 75–89.

245. Мороз І. О. Теоретичні та методичні засади інтегрованого навчання термодинаміки і статистичної фізики в педагогічних університетах : дис. ... доктора пед. наук : 13.00.02 / Мороз Іван Олексійович. – К., 2013. – 452 с.

246. Мороз О. Г. Педагогіка і психологія вищої школи : підручник / О. Г. Мороз, О. С. Падалка, В. І. Юрченко. – К. : НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2003. – 267 с.

247. Морс Ф. Методы теоретической физики: в 2-х томах / Ф. Морс, Г. Фешбах., [пер. с англ.]. – М. : Издательство иностранной литературы, 1958. – Т.2. – 1960. – 897 с.

248. Морс Ф. Методы теоретической физики: в 2-х томах / Ф. Морс, Г. Фешбах, [пер. с англ.]. – М. : Издательство иностранной литературы, 1958. – Т.1. – 1958. – 975 с.

249. Мултановский В. В. Курс теоретической физики : Классическая механика. Основы специальной теории относительности. Релятивистская механика : Учеб. пособие для студ. физ.-мат. фак. пед. институтов / Мултановский В. В. – М. : Просвещение, 1988. – 304 с.

250. Мултановский В. В. Проблема теоретических обобщений в курсе физики средней школы : автореф. дис. на соискание науч. степени доктора пед. наук : спец. 13.00.02 «Теория и методика обучения и воспитания (физика)» / В.В. Мултановский. – М., 1979. – 44 с.

251. Мултановский В. В. Физические взаимодействия и картина мира в школьном курсе / Мултановский В. В. – М. : Просвещение, 1977. – 168 с.

252. Мусалаева А. Р. Особенности формирования профессиональной направленности психологов в период вузовского обучения / Мусалаева А. Р. – Ставрополь : Северокавказский гос. ун-т, 2004. – 25 с.

253. Національна доктрина розвитку освіти України ХХІ століття : затверджена Указом Президента України від 17 квітня 2002 р. № 347/2002 // Освіта України. – 2002. – № 33. – С. 4–6.

254. Національна рамка кваліфікацій / Постанова Кабінету міністрів України від 23.11.2011 № 1341 // Освіта. – 2012. – № 1 – 2 (5488 – 5489). – С. 11 – 13.

255. Неперервна професійна освіта : проблеми, пошуки, перспективи : колективна монографія / [Зязюн І. А., Ничкало Н. Г., Сисоєва С. О. та ін.] ; за ред. І. А. Зязюна. – К. : Віпол, 2000. – 636 с.

256. Несис Е. И. Матоды математической физики : [учебн. пособ. для студ. физ.-мат. фак. пед. ин-тов] / Е. И. Несис. – М. : Просвещение, 1977. – 200 с.

257. Новий тлумачний словник української мови : [у 3 т.] –К. : Аконіт, 2006. – Т. 1. – 2006. – 793 с.

258. Новиков А. М. Постиндустриальное образование / Новиков А. М. – М. : Эгвес, 2008. – 136 с.

259. Новиков А. М. Профессиональное образование в России. Перспективы развития / Новиков А. М. – М. : ИЦП НПО РАО, 1997. – 254 с.

260. Новиков Д. А. Теория управления организационными системами / Д. А. Новиков. – [2-е изд.]. – М.: Физматлит, 2007. – 112 с.

261. Ньютон Исаак. Математические начала натуральной философии / Исаака Ньютон; [пер. с латинского и комментарии А.Н. Крылова]. – М. : «Наука», 1989. – 688 с.

262. Огарев Е. И. Компетентность образования : социальный аспект / Е. И. Огарев. – СПб. : РАО ИОВ, 1995. – 213 с.

263. Околелова О. П. Управление педагогическими системами на основе целевых программ / О. П. Околелова // Советская педагогика. – 1990. – № 7. – С. 50–53.

264. Онищук В. О. За високу ефективність навчання в школі / В. О. Онищук // Радянська школа. – 1977. – № 5. – С. 25–33.

265. Опачко М. В. Навчання студентів – майбутніх вчителів фізики дидактичному проектуванню / М. В. Опачко // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. – 2010. – Вип. 16 : Формування професійних компетентностей майбутніх учителів фізико-технологічного профілю в умовах євроінтеграції. – С. 42–45.

266. Опачко М. В. Професійна орієнтація учнів в процесі розв'язування задач фізико-технічного змісту : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.02 «Теорія та методика навчання (фізика)» / М. В. Опачко. – Київ, 2001. – 20 с.

267. Опачко М. В. Цілепокладання в змісті підготовки вчителя фізики / М. В. Опачко // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету ім. Т. Г. Шевченка. Серія : Педагогічні науки. – 2008. – Вип. 57. – С. 222–224.

268. Основы информатики и вычислительной техники : [пробное учеб. пособие для средних учеб. заведений] / [под ред. А. П. Ершова и В. М. Монахова]. – [в 2-х ч.]. – М. : Просвещение, 1985. – Ч. 1. – 1985. – 192 с.

269. Основы информатики и вычислительной техники : [пробное учеб. пособие для средних учеб. заведений] / [под ред. А. П. Ершова и В. М. Монахова]. – [в 2-х ч.]. – М. : Просвещение, 1985. – Ч. 2. – 1986. – 96 с.

270. Основы методики преподавания физики в средней школе / В. Г. Разумовский, А. И. Бугаев, Ю. И. Дик и др.; Под ред. А. В. Перышкина и

др. – М. : Просвещение, 1984. – 398 с.

271. Основы педагогики высшей школы / [Товажнянский Л. Л., Романовский О. Г., Бондаренко В. В. и др.]. – Харків : НТУ «ХПИ», 2005. – 600 с.

272. Павленко А. І. Методика навчання учнів середньої школи розв'язуванню і складанню фізичних задач (Теоретичні основи): Монографія / А. І. Павленко. – К. : Міжнар. фін. агенція, 1997. – 177 с.

273. Павлютенков Є. М. Моделювання педагогічних процесів // Управління школою. – 2007. – № 11. – С. 4–11.

274. Паламарчук В. Ф. Першооснови педагогічної інноватики / Паламарчук В. Ф. – К. : Знання України, 2005. – 420 с.

275. Паламарчук В. Ф. Техне интеллектус (технология интеллектуальной деятельности учеников) / В. Ф. Паламарчук. – Сумы : ВВП «Мечта-1» АТД, 1999. – 120 с.

276. Педагогіка вищої школи : [навч. посіб.] / [Курлянд З. Н., Хмельюк Р. І., Семенова А. В. та ін.]; за ред. З. Н. Курлянд. – [2-е вид.] – К. : Знання, 2005. – 399 с.

277. Педагогічна технологія : підручник / А. С. Нісімчук, О. С. Падалка, І. О. Смолюк. – К. : Четверта хвиля, 2003. – 224 с.

278. Перестюк М. О. Теорія рівнянь математичної фізики : [підручник для студ. фіз.-мат. та інжен. спец. ун-тів] / М. О. Перестюк, В. В. Маринець. – Київ : Либідь, 2006. – 424 с.

279. Перхайло Н. Від компетентності вчителя – до компетентності учня Комунікативний аспект // Гуманітарний вісник Державного вищого навчального закладу «Переяслав-Хмельницький державний педагогічний університет імені Г. С. Сковороди»: збірник наукових праць. Педагогіка; Психологія; Філософія / Неля Перхайло. – 2013. – Вип 28. – Т. 1. – С. 233–238.

280. Пехота О. М. Освітні технології : вчитель фізики : навчальний посібник / О. М. Пехота, І. В. Манькусь. – Миколаїв : ТОВ фірма «Іліон», 2010. – 228 с.

281. Пидкасистый П. И. Психолого-дидактический справочник преподавателей высшей школы / Пидкасистый П. И., Фридман Л. М., Гарунов М. Г. – М. : Педагогическое общество России, 1999. – 354 с.

282. Підготовка майбутнього вчителя до впровадження педагогічних технологій : Навч. посіб. [О. М. Пехота, В. Д. Будаков, А. М. Старева та ін.; за ред. І. А. Зязюна, О. М. Пехоти]. – К. : Видавництво А.С.К., 2003. – 240 с.

283. Підготовка учнів до професійного навчання і праці (психолого-педагогічні основи): [навч.-метод. посіб. / за ред. Г. О. Балла, П. С. Перепелиці, В. В. Рибалки]. – К. : Наукова думка, 2000. – 188 с.

284. Підласий І. Педагогічні інновації / І. Підласий, А. Підласий // Рідна школа . – 1998. – № 12. – 3–17.

285. Підласий І. П. Практична педагогіка або три технології. Інтерактивний підручник для педагогів ринкової системи освіти / Підласий І. П. – К. : Видавничий Дім «Слово», 2004. – 616 с.

286. Платонов Г. В. Диалектика взаимодействия общества и природы / Г. В. Платонов. – М. : Из-во МГУ, 1989. – 191 с.

287. Платонов К. К. Структура и развитие личности / Константин Константинович Платонов. – М. : Наука, 1986. – 256 с.

288. Плянин А. Д. Справочник по нелинейным уравнениям математической физики: точные решения / А. Д. Плянин, В. Ф. Зайцев. – М. : Физматлит, 2002. – 432 с.

289. Подласый И. П. Проблема объективного измерения учебно-педагогической информации // Объективные характеристики, критерии, оценки и измерения педагогических явлений и процессов : сборник трудов НИИ ОП АН СССР / Подласый И. П. – М., 1973. – С. 364–368.

290. Подмазин С. И. Личностно-ориентированное образование: социально-философское исследование: [монография] / С. И. Подмазин. – Запорожье: Просвіта, 2000. – 250 с.

291. Подопрігора Н. В. Вивчення електромагнітної індукції на основі наукового методу пізнання / Н. В. Подопрігора // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. – 2013. – Вип. 19 : Інновації технології управління якістю підготовки майбутніх учителів фізико-технологічного профілю. – С. 173–177.

292. Подопрігора Н. В. Вивчення симетрій майбутніми вчителями фізики

/ Н. В. Подопрігора, М. І. Садовий, О. М. Трифонова // Збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини (Педагогічні науки). – 2012. – Ч. 4. – С. 288–297.

293. Подопрігора Н. В. Вивчення співвідношень невизначеностей на засадах модельного та реального експериментів / Н. В. Подопрігора, А. В. Ткаченко // Наукові записки. Серія: проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. – 2014. – Вип. 6. – Ч. 1. – С. 94–104. – (КДПУ ім. В. Винниченка).

294. Подопрігора Н. В. Використання електронних засобів для моделювання фізичних дослідів / Н. В. Подопрігора // Фізика та астрономія в школі. – 2002. – № 4. – С. 18–19.

295. Подопрігора Н. В. Використання мнемотехнік у методиці навчання термодинаміки / Н. В. Подопрігора, О. М. Гур'євська // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. – 2012. – Вип. 18: Інновації в навчанні фізики: національний та міжнародний досвід. – С. 223–225.

296. Подопрігора Н. В. Дидактичні умови та вимоги створення і впровадження методичної системи навчання математичних методів фізики / Н. В. Подопрігора // Наукові записки. Серія: педагогічні та історичні науки. – 2015. – Вип. 125. – С. 115–129. – (НПУ ім. М.П. Драгоманова).

297. Подопрігора Н. В. Експериментальне вивчення руху тіла під дією сили тяжіння / Н. В. Подопрігора // Теорія і практика вивчення природничо-математичних і технічних дисциплін. – Рівне, 2002. – Вип. 5. – С. 78–80.

298. Подопрігора Н. В. Закон збереження електричного заряду та його інваріантність відносно калібрувальних перетворень / Н. В. Подопрігора // Наукові записки. Серія: Педагогічні науки. – 2007. – Вип. 72. – Ч. 1. – С. 211–218. – (КДПУ ім. В. Винниченка).

299. Подопрігора Н. В. Закони збереження у квантовій механіці та їх зв'язок з властивостями симетрій простору-часу / Н. В. Подопрігора // Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. – 2011. – Вип. 1. – С. 80–84. – (КДПУ ім. В. Винниченка).

300. Подопригора Н. В. Интегративный подход к обучению математическим методам физики в педагогическом вузе / Н. В. Подопригора // *Univers Pedagogic*. – 2015. – № 1 (45). – С. 71–79.

301. Подопригора Н. В. Інноваційні підходи до тестування з теоретичної фізики в умовах кредитно-модульної системи організації навчального процесу / Н. В. Подопригора, О. М. Гур'євська // *Наша школа*. – 2009. – №6. – С. 68–73.

302. Подопригора Н. В. Компетентнісний підхід як умова переходу професійної підготовки майбутніх вчителів фізики на нові показники якості освіти: структура математичної компетентності з фізики / Н. В. Подопригора // *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія № 5. Педагогічні науки: реалії та перспективи*. – 2014. – Вип. 50. – С. 160–169.

303. Подопригора Н. В. Комплексне представлення співвідношень невизначеностей у процесі підготовки майбутніх учителів фізики / Н. В. Подопригора // *Science and Education a New Dimension. Pedagogy and Psychology*. – 2014. – II (13). – Issue : 26. – P. 48–54.

304. Подопригора Н. В. Контекстна спрямованість змісту навчальних посібників з математичних методів фізики / Н. В. Подопригора // *Проблеми сучасного підручника*. – 2015. – Вип. 15. – Ч. 2. – С. 150–158.

305. Подопригора Н. В. Контекстна спрямованість навчання математичному моделюванню фізичних систем з точки зору принципу відповідності / Н. В. Подопригора // *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія № 3. Фізика і математика у вищій і середній школі*. – 2015. – Вип. 15. – С. 88–97.

306. Подопригора Н. В. Концепція створення і впровадження методичної системи навчання математичних методів фізики у педагогічних університетах / Н. В. Подопригора // *Наукові записки. Серія : проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*. – 2015. – Вип. 7. – Ч. 2. – С. 207–218. – (КДПУ ім. В. Винниченка).

307. Подопригора Н. В. Математичне моделювання як метод навчання фізики : прикладний аспект // *Вища освіта України : Теоретичний та науково-*

методичний часопис: [у 2 т.] / Подопригора Н. В. – № 3(54). – 2014. – Т. 2. – С. 153–157.

308. Подопригора Н. В. Математичні методи фізики як інтегративний чинник міждисциплінарних зв'язків у професійній науково-предметній підготовці майбутніх учителів фізики / Н. В. Подопригора // Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. Педагогічні науки. – 2014. – Вип. 3. – С. 235–242.

309. Подопригора Н. В. Математичні методи фізики : навч. посібник [для студ. ф.-м. фак. вищ. пед. навч. закл.] / Подопригора Н. В., Трифонова О. М., Садовий М. І. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2012. – 300 с.

310. Подопригора Н. В. Методика вивчення симетрії як фундаментального поняття майбутніми вчителями фізики / Н. В. Подопригора, М. І. Садовий, О. М. Трифонова // Актуальні проблеми підготовки вчителів природничо-наукових дисциплін для сучасної загальноосвітньої школи : всеукр. наук.-практ. конф., 18–19 жовт. 2012 р. : тези доп. – Умань, 2012. – С.161–164.

311. Подопригора Н. В. Методична система навчання математичних методів фізики у педагогічних університетах : Монографія / Н. В. Подопригора ; Міністерство освіти і науки України ; Кіровоградський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка. – Видання 2-ге, доопрацьоване. – Кіровоград : ФО-П Александрова М.В., 2015. – 512 с.

312. Подопригора Н. В. Модернізація змісту робіт фізичного практикуму з електродинаміки / В. П. Вовкотруб, Н. В. Подопригора // Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія № 5. Педагогічні науки: реалії та перспективи. – 2012. – Вип. 32. – С. 38–45.

313. Подопригора Н. В. Навчання математичних методів фізики майбутніх учителів фізики на основі методу моделювання / Н. В. Подопригора // Актуальні проблеми природничо-математичної освіти в середній і вищій школі : міжнар. наук.-практ. конф., 26–28 черв. 2014 р. : тези доп. – Херсон, 2014. – С. 70–71.

314. Подопригора Н. В. Навчання математичних методів фізики у педагогічних університетах / Н. В. Подопригора // Наукові записки. Серія : проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. – 2014. –

Вип. 5. – Ч.2. – С. 137–145. – (КДПУ ім. В. Винниченка).

315. Подопригора Н. В. Організація та результати педагогічного експерименту з упровадження методичної системи навчання математичних методів фізики у педагогічних університетах / Н. В. Подопригора // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. – 2015. – Вип. 21 : Дидактика фізики як концептуальна основа формування компетентнісних і світоглядних якостей майбутнього фахівця фізико-технологічного профілю. – С. 126–129.

316. Подопригора Н. В. Особенности тестирования студентов по теоретической физике / Н. В. Подопригора // Инновационные технологии обучения в условиях глобализации рынка образовательных услуг : Сборник науч. трудов . – Москва, 2007. – Вып. 11. – Т. 1. – С.231–237.

317. Подопригора Н. В. Особливості реалізації дидактичних принципів навчання фізики в сучасних умовах реформування сучасної фізичної освіти / Н. В. Подопригора, В. П. Вовкотруб // Збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини (Педагогічні науки). – 2006. – С.42–47.

318. Подопригора Н. В. Поліпарадигмальність як методологічна система координат до осмислення трансформації поглядів на навчання математичних методів фізики у педагогічних університетах / Н. В. Подопригора // Наукові записки. Серія: проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. – 2015. – Вип. 8. – Ч. 1. – С. 188–192. – (КДПУ ім. В. Винниченка).

319. Подопригора Н. В. Практична і прикладна спрямованість математичного моделювання у лабораторному практикумі з фізики педагогічного університету / Н. В. Подопригора // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Серія : педагогічні науки. – 2014. – Вип. 116. – С. 123–127.

320. Подопригора Н. В. Прикладна спрямованість вивчення співвідношення невизначеностей / Н. В. Подопригора, О. М. Мірошніченко // Наукові записки. Серія : Педагогічні науки. – 2005. – Вип. 60. – Ч. 1. – С.276–283. – (КДПУ ім. В. Винниченка).

321. Подопригора Н. В. Прикладна спрямованість математичних методів фізики у педагогічному університеті: вікове рівняння / Н. В. Подопригора // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. – 2014. – Вип. 20 : Управління якістю підготовки майбутнього вчителя фізико-технологічного профілю. – С. 151–153.

322. Подопригора Н. В. Про деякі методологічні особливості вивчення елементарних частинок та фундаментальних взаємодій / Н. В. Подопригора, О.М. Трифонова // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету ім. І.Огієнка. – 2009. – Вип. 15: Управління якістю підготовки майбутніх учителів фізики та трудового навчання. – С.326–328.

323. Подопригора Н. В. Про навчання експериментальних і теоретичних методів фізики у педагогічному університеті / Н. В. Подопригора // Наукові записки. Серія: проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. – 2013. – Вип. 4. – Ч. 1. – С. 204–209. – (КДПУ ім. В. Винниченка).

324. Подопригора Н. В. Проблеми побудови відкритої та гнучкої методичної системи навчання математичних методів фізики у педагогічних університетах / Н. В. Подопригора // Наукові записки. Серія : педагогічні науки. – 2014. – Вип. 132. – С. 114–117. – (КДПУ ім. В. Винниченка).

325. Подопригора Н. В. Психолого-педагогічні аспекти підготовки студентів до виконання фізичного експерименту / Н. В. Подопригора // Науковий вісник Чернівецького університету. Серія : Педагогіка та психологія. – 2003. – Вип. 186. – С. 102–109.

326. Подопригора Н. В. Реалізація діяльнісного підходу у навчальному фізичному експерименті з механіки у старшій школі / Н. В. Подопригора, А. В. Швець // Фізика. Нові технології навчання. Збірник наукових праць студентів і молодих науковців. – КДПУ імені Володимира Винниченка, 2013. – Вип. 11. – С. 218–222.

327. Подопригора Н. В. Розробка навчальних посібників з теоретичної фізики для педагогічних університетів на засадах компетентнісного підходу / Н. В. Подопригора // Проблеми сучасного підручника: збірник наукових праць Інституту педагогіки НАПН України. – 2014. – Вип. 14. – С. 544–553.

328. Подопригора Н. В. Структурно-функціональна модель процесу навчання математичних методів фізики (компетентнісний підхід) / Н. В. Подопригора // Наукові записки. Серія : педагогічні науки. – 2015. – Вип. 141. – Ч. 1. – С. 136–141. – (КДПУ ім. В. Винниченка).

329. Подопригора Н. В. Теоретико-методологічні засади моделювання методичної системи навчання математичних методів фізики у педагогічних університетах / Н. В. Подопригора // Проблеми сучасного підручника: збірник наукових праць Ін-ту педагогіки НАПН України. – 2013. – Вип. 13. – С. 198–205.

330. Подопригора Н. В. Теоретичні і експериментальні методи введення силових характеристик електромагнітного поля при підготовці майбутніх учителів фізики / Н. В. Подопригора // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Серія : педагогічні науки. – 2013. – Вип. 109. – С. 240–244.

331. Подопригора Н. В. Фізика твердого тіла : Навчальний посібник / Подопригора Н. В., Садовий М. І., Трифонова О. М. – Кіровоград : ЦОП «Авангард», 2013. – 413 с.

332. Подопригора Н. В. Формування моделюючої компетентності вчителя фізики / Н. В. Подопригора // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету ім. І. Огієнка. – 2010. – Вип. 16 : Формування професійних компетентностей майбутніх учителів фізико-технологічного профілю в умовах євроінтеграції. – С.51–54.

333. Подопригора Н. В. Формування функціональних дослідницьких навичок під час розв'язування експериментальних задач / Н. В. Подопригора // Фізика і астрономія у сучасній школі. – 2013. – № 4. – С. 11–15.

334. Подопригора Н. В. Фундаменталізація змісту навчання математичних методів фізики в педагогічних університетах / Н. В. Подопригора // Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. Педагогічні науки. – 2015. – Вип. 1. – С. 216–223.

335. Подопригора Н. В. Функції моделювання щодо навчання математичних методів фізики майбутніх учителів фізики / Н.В. Подопригора // Науковий часопис Національного педагогічного університету імені

М.П. Драгоманова. Серія №5. Педагогічні науки: реалії та перспективи. – 2014. – Вип. 47. – С. 226–233.

336. Пометун О. І. Теорія та практика послідовної реалізації компетентісного підходу в досвіді зарубіжних країн / О. І. Пометун // Компетентнісний підхід у сучасній освіті: світовий досвід та українські перспективи: Бібліотека з освітньої політики. – К., 2004. – С. 15–24.

337. Попков В. А. Дидактика вищої школи: [учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений] / Попков В. А., Коржуев А. В. – М.: Академия, 2001. – 136 с.

338. Про Державну національну програму «Освіта» («Україна ХХІ століття») [Електронний ресурс] / Верховна Рада України: Офіційний веб-портал; Кабінет Міністрів України; Постанова, Програма, Заходи від 03.11.1993 № 896. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/896-93-%D0%BF>. – Документ 896-93-п, чинний, поточна редакція. – Редакція від 29.05.1996, підстава 576-96-п.

339. Про затвердження Критеріїв оцінювання навчальних досягнень учнів (вихованців) у системі загальної середньої освіти [Електронний ресурс] / Законодавство України // МОНмолодьспорту України; Наказ від 13.04.2011 № 329. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0566-11>. – Документ z0566-11, чинний, поточна редакція. – Прийняття від 13.04.2011.

340. Про затвердження переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти [Електронний ресурс] / Законодавство України // Кабінет Міністрів України; Постанова, Перелік від 29.04.2015 № 266. – Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/266-2015-п>. – Документ 266-2015-п, чинний. – Дата звернення: 29.08.2015.

341. Про затвердження переліку спеціальностей, за якими здійснюється підготовка фахівців у вищих навчальних закладах за освітньо-кваліфікаційними рівнями спеціаліста і магістра [Електронний ресурс] / Законодавство України // Кабінет Міністрів України; Постанова, Перелік від 27.08.2010 № 787. – Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/787-2010-п>. – Документ 507-97-п, втратив чинність, втрата чинності від 01.09.2015, підстава 266-2015-п.

342. Про перелік напрямів та спеціальностей, за якими здійснюється підготовка фахівців у вищих навчальних закладах за відповідними освітньо-кваліфікаційними рівнями [Електронний ресурс] / Законодавство України // Кабінет Міністрів України; Постанова, Перелік від 24.05.1997 № 507. – Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/507-97-п>. – Документ 507-97-п, втратив чинність, втрата чинності від 13.09.2010, підстава 787-2010-п.

343. Про перелік напрямів, за якими здійснюється підготовка фахівців у вищих навчальних закладах за освітньо-кваліфікаційним рівнем бакалавра [Електронний ресурс] / Законодавство України // Кабінет Міністрів України; Постанова, Перелік від 13.12.2006 № 1719. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1719-2006> п. – Документ 1719-2006-п, чинний, остання версія. – Редакція від 10.06.2011, підстава 576-2011-п.

344. Проблемы вычислительной математики : сборник статей / [под ред. А. Н. Тихонова]. – М. : Изд-во МГУ, 1980. – 134 с.

345. Проблемы стандартизации высшего педагогического образования : «Круглый стол» // Педагогика. –2001. –№ 6. – С. 52–61.

346. Програма для загальноосвітніх навчальних закладів. Фізика 10-11 класи. Рівень стандарту. Академічний рівень. Профільний рівень. – К. : “Перун”, 2010. – 64 с.

347. Програми для фізико-математичних факультетів педагогічних інститутів : [Зб. № 2 / кол. авт. ; за заг. ред. М. І. Шкіля та Г. П. Грищенка]. – К. : Перун, 1992. – 144 с.

348. Проект Концепції розвитку освіти України на період 2015-2025 років [Електронний ресурс] / Міністерство освіти і науки України : Офіційний веб-портал ; Зв'язки з громадськістю ; Громадське обговорення ; 2014. – Режим доступу : <http://www.mon.gov.ua/ua/pr-viddil/1312/1390288033/1414672797/>. – Дата звернення: 07.03.2015 р.

349. Прокопенко І. Ф. Педагогічні технології : навчальний посібник / І. Ф. Прокопенко, В. І. Євдокімов. – Харків : Колегіум, 2005. – 224 с.

350. Пупышева Е. Л. Профессиональная компетентность будущего учителя как общее условие формирования профессионально значимых личностных

качеств / Е. Л. Пупышева // Наука школа. – 2003. – № 6. – С. 5–9.

351. Пышкало А. М. Средства обучения математики / Пышкало А. М. – М. : Просвещение, 1980. – 358 с.

352. Равен Дж. Компетентность в современном обществе / Джон Равен. – М. : КОГИТО-ЦЕНТР, 2002. – 386 с.

353. Разумовский В. Г. Проблема развития творческих способностей учащихся в процессе обучения физике : дис. ... доктора пед. наук: 13.00.02 (ф) / Разумовский Василий Григорьевич. – М., 1972. – 507 с.

354. Разумовский В. Г. Развитие творческих способностей учащихся в процессе обучения физике : Пособие для учителей / Разумовский В. Г. – М. : Просвещение, 1975. – 272 с.

355. Разумовский В. Г. Экспериментальное изучение фотоэффекта на основе метода научного познания / В. Г. Разумовский, В. В. Майер, В. М. Стрелков // Физика в школе. – 2010. – №2. – С. 38–51.

356. Решетова З. А. Один из подходов к построению учебной дисциплины / З. А. Решетова, С. А. Баляева // Вестник высшей школы. – 1985. – №1. – С. 35–39.

357. Різномірівневі завдання для атестації з фізики / [Величко С. П., Вовкотруб В. П., Царенко О. М., Подопригора Н. В. та ін.]. – Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2005. – 338 с.

358. Рубинштейн С. Л. Основы общей психологии : [в 2 т.] / С. Л. Рубинштейн. – М. : Педагогика, 1989. – Т. 2. – 1989. – 322 с.

359. Рубинштейн С. Л. О природе мышления и его составе / С. Л. Рубинштейн // Хрестоматия по общей психологии : Психология мышления. – М. : МГУ, 1981. – С. 71–77.

360. Рябченко В. Деякі концептуальні проблеми навчання і виховання студентів у сучасних вищих навчальних закладах України / В. Рябченко // Вища освіта України. – 2005. – № 3. – С. 40–44.

361. Садовий М. І. Використання мультимедійних технологій у фізичному експерименті з ядерної фізики / М. Садовий, Є. Руденко. // Наукові записки. Серія : Педагогічні науки. – 2007. – Вип. 72. – Ч. 1 – С. 279–285. – (КДПУ ім. В. Винниченка).

362. Садовий М. І. Проблема формування змісту фізичної освіти в сучасних умовах / М. І. Садовий, В. В. Слюсаренко, О. М. Трифонова // Науковий часопис Національного педагогічного університету ім. М.П. Драгоманова. Серія № 5 : Педагогічні науки : реалії та перспективи. – 2011. – Вип. 27. – С. 283–289.

363. Садовий М. І. Історія фізики з перших етапів становлення до початку ХХІ ст. / Садовий М. І., Трифонова О. М. – Кіровоград : “Авангард”, 2013. – 436 с.

364. Садовий М. І. Нариси з еволюції основних фізичних ідей ХІХ-ХХ, початку ХХІ ст. : [наук.-метод. посіб. для викладачів пед. ВУЗів та майбутніх учителів] / Садовий М. І., Кондратьєва Л. І., Гавриленко О. А.; за ред. М. І. Садового. – Кіровоград : Ексклюзив-Систем, 2008. – 337 с.

365. Садовий М. І. Теоретичні та методичні основи становлення та розвитку фундаментальних ідей дискретності та неперервності в курсі фізики загальноосвітньої школи: дис. ... доктора пед. наук: 13.00.02 (ф) / Садовий Микола Ілліч. – К., 2001. – 534 с.

366. Садовский В. Н. Основания общей теории систем: логико-методологический анализ / Садовский В. Н. – М. : Наука, 1974. – 279 с.

367. Сайт академика Новикова А. М. [Электронной ресурс] / О развитии методических систем // Полемические статьи. – Режим доступа : http://www.anovikov.ru/artikle/met_sys.htm. – Звернення : 24.12.2014 р..

368. Самарский А. А. Математическое моделирование : Идеи. Методы / Самарский А. А., Михайлов А. П. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2001. – 120 с.

369. Самойленко П. И. Модульно-рейтинговая система организации управляемой самостоятельной работы студентов / П.И. Самойленко, В. Дмитриева // Наукові записки. Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2009. – Вип. 82. – Ч. 1. – С.37–41.

370. Самойленко П. И. Общие тенденции интеграции современной дидактики физики / П. И. Самойленко, А. В. Сергеев // Специалист. – 1998. – № 5. – С. 32–34.

371. Сахаров А. Д. Симметрия Вселенной / А.Д. Сахаров // Научная мысль (Вестник АПН). – 1967. – Вып. 1. – С. 13–31.

372. Сборник задач и упражнений по специальным главам высшей

математики: [для вузів] / Под общ. ред. Г. И. Кручовича. – М. : Высшая школа, 1970. – 511 с.

373. Свізинський А. Математичні методи теоретичної фізики / А. Свізинський. – К. : Вища школа, 1998. – 162 с.

374. Сейтешев А. П. Пути профессионального становления учащейся молодежи / Сейтешев А. П. – М. : Высшая школа, 1988. – 336 с.

375. Селевко Г. К. Современные образовательные технологии : учебное пособие / Г. К. Селевко. – М. : Народное образование, 1998. – 256 с.

376. Семеріков С. О. Фундаменталізація навчання інформатичних дисциплін у вищій школі : монографія / Семеріков С. О.; наук. ред. акад. АПН України, д. пед. н., проф. М. І. Жалдак. – К.: НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2009. – 340 с.

377. Семеріков С. О. Фундаменталізація як основа розвитку інноваційної вищої освіти / С. О. Семеріков, І. О. Теплицький // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський, 2009. – Вип. 15. – С. 249–251.

378. Семиченко В. А. Моделирование структуры педагогической деятельности / В. А. Семиченко. – Ялта : Надія, 2000. – 76 с.

379. Семянистый В. И. Задачник-практикум по математической теории поля / В. И. Семянистый, В. В. Цукерман. – М. : Просвещение, 1976. – 136 с.

380. Сергеев О. В. Про методичну підготовку вчителя фізики / О. В. Сергеев // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного педагогічного університету. Серія педагогічна. – 2003. – Вип. 9 : Методологічні принципи формування фізичних знань учнів і професійних якостей майбутніх учителів фізики та астрономії. – С.45–51.

381. Сергеев О. В. Реалізація ідей особистісно орієнтованого підходу до професійної освіти в умовах її інтеграції / О. В. Сергеев, В. І. Тишук, С. П. Ткаченко // Теорія та методика вивчення природничо-математичних і технічних дисциплін. Наукові записки Рівненського державного гуманітарного університету. – Рівне : РДГУ, 2004 р. – Вип. 7. – С. 4–6.

382. Сергеев О. В. Тенденції інтеграції сучасної дидактики фізики як наукової дисципліни / О. В. Сергеев, С. П. Куриленко // Збірник наукових праць

Кам'янець-Подільського державного педагогічного університету. Серія педагогічна. – 2001. – Вип. 7 : Модель середньої фізичної освіти в умовах переходу на 12-річний термін навчання. – С.135 – 141.

383. Сергєєв О.В. Фундаменталізація освіти у вищій школі /О.В Сергєєв // Теорія та методика навчання фундаментальних дисциплін у вищій школі : збірник наукових праць. – Кривий Ріг, 2005. – С. 4–7.

384. Сергієнко В. П. Інтеграція фундаментальності та професійної спрямованості курсу загальної фізики у підготовці сучасного вчителя : Монографія / В.П. Сергієнко. – К. : НПУ, 2004. – 382 с.

385. Сергієнко В. П. Становлення і розвиток фізичної освіти у вищих педагогічних навчальних закладах України / В. П. Сергієнко, А. В. Касперський // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного педагогічного університету. Серія педагогічна. – 2005. – Вип. 11 : Дидактика фізики в контексті Болонського процесу. – С. 80–85.

386. Сергієнко В. П. Теоретичні і методичні засади навчання загальної фізики в системі фахової підготовки вчителя : дис. ... доктора пед. наук : 13.00.02 (ф) / Сергієнко Володимир Петрович. – К., 2004. – 516 с.

387. Сидоренко В. К. Інтеграція трудового навчання і креслення як засіб розвитку технічних здібностей школярів : дис. ... доктора пед. наук : 13.00.02 / Сидоренко Віктор Костянтинович. – К., 1995. – 376 с.

388. Сидоренко В. К. Основи наукових досліджень : [Навч. посіб. для вищ. пед. закл. освіти] / В. К. Сидоренко, П. В. Дмитренко. – К. : РННЦ «ДІНІТ», 2000. – 260 с.

389. Сидоренко Е. В. Методы математической обработки в психологии / Е. В. Сидоренко – СПб. : ООО „Речь”, 2003. – 350 с.

390. Симоненко Т. В. Формування професійної мовно-комунікативної компетентності студентів філологічних факультетів : дис. ... доктора пед. наук : 13.00.02 (українська мова) / Симоненко Тетяна Володимирівна. – К., 2007. – 417 с.

391. Сиротюк В. Д. Вступні уроки з фізики (10 клас) / В. Д. Сиротюк // Фізика та астрономія в школі. – 2010. – № 7–8. – С. 3–7.

392. Сисоєва С. О. Педагогічні технології творчого розвитку особистості :

проблеми і суперечності / С. О. Сисоєва // Творча особистість у системі неперервної освіти : міжнар. наук. конф., 16-17 трав. 2000 р. : матеріали конф. – Харків, 2000. – С. 84–90.

393. Сікора Я. Б. Структурно-функціональна модель формування професійної компетентності майбутнього вчителя інформатики / Я. Б. Сікора // Вісник Житомирського державного університету. – №47. – С.171–175.

394. Сільвейстр А. М. Активізація пізнавальної діяльності учнів на уроках вивчення нового навчального матеріалу з електродинаміки з застосуванням комп'ютера : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : 13.00.02 «Теорія та методика навчання (фізика)» / А. М. Сільвейстр. – К., 2000. – 35 с.

395. Скаткин М. Н. Проблемы современной дидактики / Скаткин М. Н. – М. : Педагогика, 1984. – 96 с.

396. Слостенін В. А. Идея комплексного подхода к воспитанию и подготовке учителя. Приобщение к педагогической профессии : практика, концепция, новые структуры / В. А. Слостенін. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 1992. – 138 с.

397. Слостенін В. А. Педагогика : инновационная деятельность / Слостенін В. А., Подымова Л. С. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1997. – 224 с.

398. Слєпкань З. І. Наукові засади педагогічного процесу у вищій школі : Навч. посібник / З. І. Слєпкань. – К. : Вища школа, 2005. – 239 с.

399. Слободяник О. В. Методика організації самостійної роботи студентів педагогічних університетів у процесі навчання фізики : дис. ... кандидата пед. наук: 13.00.02 (ф) / Слободяник Ольга Володимирівна. – Кіровоград, 2012. – 258 с.

400. Словник української мови : [в 11 т.] / АН УРСР Інститут мовознавства; за ред. І. К. Білодіда. – К. : Наукова думка, 1970-1980. – Т. 2. – 1971. – 550 с.

401. Словник української мови : [в 11 т.] / АН УРСР Інститут мовознавства; за ред. І. К. Білодіда. – К. : Наукова думка, 1970-1980. – Т. 3. – 1972. – 744 с.

402. Смирнов В. И. Курс высшей математики: [в 5-и т.] / В. И. Смирнов. – М. : Наука, 1974. – Т. 3. Часть вторая. – 1974. – 671 с.

403. Смирнов В. И. Курс высшей математики: [в 5-и т.] / В. И. Смирнов. – М. : Наука, 1974. – Т. 2. – 1974. – 656 с.

404. Смирнов В. И. Курс высшей математики: [в 5-и т.] / В. И. Смирнов. –

М. : Наука, 1974. – Т. 3. Часть первая. – 1974. – 324 с.

405. Соболев С. Л. Уравнения математической физики / С. Л. Соболев. – М. : Наука, 1966. – 444 с.

406. Советский энциклопедический словарь / [гл. ред. А.М. Прохоров]. – 4-е изд. – М. : Из-во «Советская энциклопедия», 1988. – 1283 с.

407. Соколова Н. В. Теория и опыт использования принципа цикличности при обучении физике в старшей школе : дис. ...канд. пед. наук : 13.00.02 / Соколова Наталья Вячеславовна. – Киров, 2005. – 192 с.

408. Сосницька Н. Л. Формування і розвиток змісту шкільної фізичної освіти в Україні (історико-методологічний контекст) : автореф. дис... доктора пед. наук: 13.00.02 «Теорія і методика навчання (фізика)» / Н. Л. Сосницька. – К., 2008. – 40 с.

409. Стандарти і рекомендації щодо забезпечення якості в Європейському просторі вищої освіти // Європейська асоціація із забезпечення якості вищої освіти, 2005; Британська Рада в Україні, переклад, 2006. – К. : Ленвіт, 2006. – 35 с.

410. Степанюк А. В. Відображення цілісності життя в змісті шкільного курсу біології / Степанюк А. В. – Тернопіль : «Навчальна книга -Богдан», 2001. – С. 21–27.

411. Стрельников В. Ю. Компоненти професійної компетентності викладача вищої школи / В. Ю. Стрельников // Наукові записки Полтавського обласного інститут післядипломної педагогічної освіти. – 2011. – Вип. 2 : Моделі ключових та професійних компетентностей педагогічного працівника. – С. 30–39.

412. Субетто А. И. Приоритеты и философия целеполагания фундаментальной науки в XXI веке. Трансформация парадигмы университетского образования / А. И. Субетто // Сочинения. Ноосферизм. – Кострома: КГУ им. Н. А. Некрасова, 2007. – Т. 5. – Кн. 2: Ноосферное или Неклассическое обществоведение: поиск оснований. – С. 543–603.

413. Субетто А. И. Проблема качества высшего образования в контексте глобальных и национальных проблем общественного развития: науч. Доклад / А. И. Субетто. – М. : Исслед. центр проблем качества подготовки

спеціалістів, 1994. – 185 с.

414. Сумський В. І. Методика і теорія застосування ЕОМ у процесі вивчення фізики у педагогічних закладах : монографія / Вадим Іванович Сумський. – Вінниця : ВДПУ, 2003. – 380 с.

415. Сусь Б. А. Дидактичні та методичні основи реалізації і активізації самоосвітньої навчальної діяльності курсантів при вивченні курсу загальної фізики у вищих технічних військових закладах : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. пед. наук: спец. 13.00.02 «Теорія та методика навчання (фізика)» / Б. А. Сусь. – К., 1998. – 36 с.

416. Сусь Б. А. Діяльнісний підхід під час навчання фізики у вищих навчальних закладах в умовах сучасного навчального середовища / Б. А. Сусь, Н. А. Мислицька // Наукові записки. Серія: педагогічні науки. – Кіровоград, 2001. – Вип. 98. – С. 271–273.

417. Сусь Б. А. Незвичне бачення традиційних проблемних питань фізики : Науково-методичне видання / Сусь Б. А., Сусь А. Б. – К. : ВЦ «Просвіта», 2010. – 124 с.

418. Сусь Б. А. Проблеми дидактики фізики у вищій школі : [наук.-метод. видання] / Б. А. Сусь, М. І. Шут. – [2-е вид.] – К. : ВЦ «Просвіта», 2003. – 155 с.

419. Талызина Н. Ф. Педагогическая психология : [учеб. пособие для студ. сред. пед. учеб. заведений] / Н. Ф. Талызина. – М. : Издательский центр «Академия», 1998. – 288 с.

420. Тарасенкова Н. А. Навчання математики і семіотика : точки дотику [Електронний ресурс] / Н. А. Тарасенкова // Педагогічна наука : історія, теорія, практика, тенденції розвитку. – 2008. – Вип. 1. – Режим доступу : http://intellect-invest.org.ua/ukr/pedagog_editions_e-magazine_pedagogical_science_arhiv_pn_n1_2008_st_5/.

421. Тарасов В. Е. Вывод соотношения неопределенностей для квантовых гамильтоновых систем / В. Е. Тарасов // Московское научное образование – 2001. – № 10. – С. 3–6.

422. Татур Ю. Г. Компетентносный подход в описании результатов и проектировании стандартов высшего профессионального образования:

Материалы ко второму заседанию методологического семинара. Авторская версия [Электронный ресурс] / Ю. Г. Татур. – М. : Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2004. – Режим доступа : http://technical.bmstu.ru/istoch/komp/tatur_II.pdf.

423. Теплицький І. О. Елементи комп'ютерного моделювання : навч. посіб. / І. О. Теплицький. – [2-е вид.]. – Кривий Ріг : КДПУ, 2010. – 264 с.

424. Теплицький І. О. Розвиток творчих здібностей школярів засобами комп'ютерного моделювання : дис. ... на здобуття наук. ступ. канд. пед. наук : 13.00.02 / Теплицький Ілля Олександрович. – Кривий Ріг, 2000. – 222 с.

425. Тестов В. А. Стратегия обучения в современных условиях / В. А. Тестов // Педагогика. – 2005. – № 7. – С. 12–18.

426. Тестов В. А. Стратегия обучения математике / Тестов В. А. – М. : «Технологическая школа бизнеса», 1999. – 304 с.

427. Тестов В. А. Фундаментальность образования : современные подходы / В. А. Тестов // Педагогика. – 2006. – № 4. – С. 3–9.

428. Тихонов А. Н. Математические модели в электромагнитных методах геофизики и их численный анализ // Проблемы вычислительной математики : сборник статей / А. Н. Тихонов, В. И. Дмитриев, Е. В. Захаров. – М., 1980. – С. 40–81.

429. Тихонов А. Н. Математические модели электродинамики излучающих систем // Проблемы вычислительной математики : сборник статей / А. Н. Тихонов, А. С. Ильинский, А. Г. Свешников. – М., 1980. – С. 82–108.

430. Тихонов А. Н. Уравнения математической физики / А. Н. Тихонов, А. А. Самарский. – М. : Наука, 1983. – 728 с.

431. Ткаченко А. В. Взаємозв'язок теоретичного і емпіричного методів при навчанні фізиці / А. В. Ткаченко, О. І. Богатирьов // Вісник Черкаського університету. Серія : педагогічні науки. – 2007. – Вип. 111. – С. 135–139.

432. Ткаченко А. В. Моделювання квантових властивостей світла на подвійній щілині / А. В. Ткаченко, В. Г. Гриценко // Наукові записки. Серія : Педагогічні науки. – 2009. – Вип. 82. – Ч. 1. – С. 319–324. – (КДПУ ім. В. Винниченка).

433. Триус Ю. В. Комп'ютерно-орієнтовані методичні системи навчання математики / Ю. В. Триус. – Черкаси: Брама-Україна, 2005. – 400 с.
434. Туркот Т. І. Психологія і педагогіка вищої школи : [навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл.] / Т. І. Туркот. – [2-ге вид.]. – Херсон : Олді плюс, 2013. – 515 с.
435. Уемов А. И. Логические основы метода моделирования / А. И. Уемов. – М.: Мысль, 1971. – 312 с.
436. Українська радянська енциклопедія : енциклопедія у 12 т. / [Гол. ред. М. П. Бажан]. – К. : Головна редакція УРЕ, 1977. – Т. 12. – 1985. – 572 с.
437. Українська радянська енциклопедія : енциклопедія у 12 т. / [Гол. ред. М. П. Бажан]. – К. : Головна редакція УРЕ, 1977. – Т. 10. – 1983. – 615 с.
438. Українська радянська енциклопедія : енциклопедія у 12 т. / [Гол. ред. М. П. Бажан]. – К. : Головна редакція УРЕ, 1977. – Т. 4. – 1979. – 560 с.
439. Ульянова О. В. Компетенция интеграции как инструмент формирования профессиональной компетентности / О. В. Ульянова // Альманах современной науки и образования. – 2013. – № 8 (75). – С. 176–178.
440. Усова А. В. Формирование у школьников научных понятий в процессе обучения / Усова А. В. – М. : Педагогика, 1986. – 176 с.
441. Федішова (Подопригора) Н.В. Використання автоматичних присторів і функціональних вузлів ЕОТ у системі шкільного фізичного експерименту : автореф. дис. на здобуття наук. ступ. канд. пед. наук : спец. 13.00.02 «Теорія та методика навчання (фізика)» / Федішова Наталья Владимировна. – К., 1999. – 16 с.
442. Федоренко Р. П. Введение в вычислительную физику : Учеб. пособие : для вузов / Федоренко Р. П. – М. : Изд-во Моск. физ-тех. ин-та, 1994. – 528 с.
443. Федорова В. Н. К вопросу о введении жидкостей через шприц / В. Н. Федорова, Е. В. Фаустов, Е. Б. Петрова // Физика в школе. – 2012. – № 1. – С. 67–69.
444. Философский энциклопедический словарь / [Гл. редакция : Л. Ф. Ильичев, П. Н. Федосеев, С. М. Ковалев, В. Г. Панов.]. – М. : «Советская энциклопедия», 1983. – 840 с.
445. Фихтенгольц Г. М. Курс дифференциального и интегрального исчисления / Фихтенгольц Г. М. – [в 3-х т.]. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2001. – Т. 1. –

616 с. – Т. 2. – 810 с. – Т. 3. – 662 с.

446. Філософський словник / За ред. В. І. Шинкарука. – [2-е вид.]. – К. : Голов. Ред. УРЕ, 1986. – 800 с.

447. Філософські абрисы сучасної освіти : монографія / [Предборська І., Вишенська Г., Гайденко В., Гамрецька Г. та ін.]; за ред. І. Предборської. – Суми : ВТД «Університетська книга», 2006. – 226 с.

448. Фіцула М. М. Педагогіка: навч. посібник / М.М. Фіцула. – К. : Академвидав, 2007. – 559 с.

449. Фон Нейман Дж. Математические основы квантовой механики / Джон фон Нейман. – М. : Наука, 1964. – 367 с.

450. Хауг Г. К европейскому пространству высшего образования: перемены и реформы. От Болоньи к Праге. «Тенденции II» // Болонский процесс : нарастающая динамика и многообразие : докум. междунар. форумов и мнения европейских экспертов / Хауг Г., Таух К. – М., 2002. – 87 с.

451. Холковська І. Л. Проблеми професійного становлення майбутніх фахівців / І. Л. Холодовська, Ю. Р. Холковський // Шляхи та проблеми входження освіти України в світовий освітянський простір : міжнар. наук.-метод. конф., 8-9 черв. 1999 р. : зб. допов. – Вінниця, 1999. – С.127–131.

452. Хуторской А. В. Ключевые компетенции и образовательные стандарты [Электронный ресурс] / А. В. Хуторской // Интернет-журнал «Эйдос», 2002. – Режим доступа : <http://eidos.ru/journal/2002/0423.htm>.

453. Хуторской А. В. Ключевые компетенции как компонент личностно-ориентированной парадигмы образования / А. В. Хуторской // Народное образование. – 2003. – № 2. – С. 58–64.

454. Хуторской А. В. Современная дидактика : Учебное пособие / А. В. Хуторской. – М. : Высшая школа, 2007. – 639 с.

455. Хуторской А. В. Формирование понятия фундаментальности постоянной при обучении физики в средней школе: автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. пед. наук : спец. 13.00.02. «Методика преподавания физики» / А. В. Хуторской. – М., 1986. – 16 с

456. Цепова І. Система вправ для робочого зошита як засіб формування

методичної компетенції майбутніх учителів / І. Цєпова // Наукові записки. Серія : Педагогічні науки. – 2005. – Вип. 60. – Ч. 2. – С. 357 – 362. – (КДПУ ім. В. Винниченка).

457. Цехмістрова Г. С. Основи наукових досліджень : навчальний посібник / Цехмістрова Г. С. – К. : Слово, 2003. – 240 с.

458. Цільові орієнтації фізичних знань як засіб формування професійної компетентності майбутнього вчителя // Теорія та методика навчання фізики, математики, інформатики : Збірник наукових праць / П. С. Атаманчук, О. М. Семерня [та ін.]. – Кривий Ріг, 2008. – Вип. VII. – Т. 2. – С. 254 – 261.

459. Черноволенко В. Ф. Мироззрение и научное познание / В. Ф. Черноволенко. – К. : Изд-во Киевского университета, 1970. – 171 с.

460. Читалин Н. А. Фундаментализация профессионального образования / Н. А. Читалин // Профессиональное образование, Казанский педагогический журнал. – 2000. – №2 (19). – С. 11–15.

461. Чошанов М. А. Гибкая технология проблемно-модульного обучения : Метод. пособие / М. А. Чошанов. – М. : Нар. образование, 1996. – 157 с.

462. Шамова Т. И. Управление образовательными системами / Шамова Т. И., Давыденко Т. М., Шибанова Г. Н. – [5-е изд.] – М. : Издательский центр «Академия», 2008. – 384 с.

463. Шарко В. Д. Методична підготовка вчителя фізики в умовах неперервної освіти : монографія / Шарко В. Д. – Херсон : Видавництво ХДУ, 2006. – 400 с.

464. Шаронова Н. В. Методика формування наукового мироззрення учасників при обученні фізиці / Н. В. Шаронова. – М. : МП «МАР», 1994. – 184 с.

465. Шаршов И. А. Пространство профессионально-творческого саморазвития суб'єктов образовательного процесса / И. А. Шаршов // Педагогическое образование и наука. – 2004. – № 5. – С. 69–72.

466. Шатковська Г. І. Науково-методичні засади інтеграції знань з фізики і хімії студентів вищих навчальних закладів I-II рівні акредитації технічно-технологічного профілю : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.02 «Теорія та методика навчання фізики» / Г. І. Шатковська. –

Київ, 2007. – 24 с.

467. Шацкий С. Т. Избранные педагогические сочинения / С. Т. Шацкий. – М., 1958. – 346 с.

468. Шевандрин Н. И. Психодиагностика, коррекция и развитие личности / Н. И. Шевандрин. – М. : Гуманитарний изд-ий центр «Владос», 1999. – 512 с.

469. Шершнева В. А. Формирование у студентов инженерного вуза на основе полипарадигмального подхода : дис. ... доктора. пед. наук : 13.00.02 (математика, уровень профессионального образования) / Шершнева Виктория Анатольевна. – Красноярск, 2011. – 401 с.

470. Шестакова Л. А. Теоретические основания междисциплинарной интеграции в образовательном процессе вузов / Л. А. Шестакова // Вестник Московского университета имени С. Ю. Витте. Серия 3 : Педагогика. Психология. Образовательные ресурсы и технологии. – 2013. – Вып. 1(2) : Методология и теория педагогики и психологии. – С. 47–52.

471. Шефер Н. И. Конструирование и испытание модели электромагнитной пушки / Н. И. Шефер // Физика в школе. – 2008. – № 8. – С. 51–52.

472. Шишов С. Компетентнісний підхід в освіті : міжнародний аспект / С. Шишов, В. Кальней // Відкритий урок : розробки, технології, досвід. – 2002. – № 3. – С. 20–21.

473. Шкловська О. Н. Формування читацької компетенції старшокласників у процесі вивчення зарубіжної літератури : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 «Теорія та методика навчання» (зарубіжна література) / Шкловська Олена Наумівна. – Запоріжжя, 2007. – 230 с.

474. Штофф В. А. Моделирование и философия / В. А. Штофф. – М. : – Л. : Наука, 1966. – 303 с.

475. Шут М. І. Науково-дослідна робота з фізики у середніх та вищих навчальних закладах : Навчальний посібник / М. І. Шут, В. П. Сергієнко. – К. : Шкільний світ, 2004. – 128 с.

476. Шут М. І. Фундаментальна підготовка з фізики майбутніх вчителів і навчальний процес в контексті Болонського процесу // Болонський процес: тенденції, проблеми, перспективи : збірник статей / М. І. Шут, Ю. А. Пасічник. –

Київ, 2004. – С. 168–186.

477. Шутц Б. Геометрические методы математической физики / Бернард Шутц ; [пер. с англ. Б. А. Дубровина и П. Б. Медведева]. – М. : Мир, 1995. – 304 с.

478. Эйнштейн А. Собрание научных трудов : в 4 т. / [под ред. И. Е. Тамма, Я. А. Смородинского, Б. Г. Кузнецова]. – М.: Наука, 1965. – Т. 4 : Статьи, рецензии, письма. Эволюция физики. – 1967. – 600 с.

479. Эльконин Б. Д. Психология развития : [учеб. пособие для высш. учеб. заведений] / Б. Д. Эльконин. – М. : Издательский центр «Академия», 2001. – 144 с.

480. Юдин Э. Г. Системный подход и принципы деятельности / Юдин Э. Г. – М. : Наука, 1978. – 391 с.

481. Ягупов В. В. Педагогіка : навчальний посібник / В. В. Ягупов. – К. : Либідь, 2002. – 560 с.

482. Яковлев А. О. Поліпарадигмальність як методологічна система координат для осмислення трансформацій функцій сучасної освіти / А. О. Яковлєв // Вісник національного університету «Юридична академія України імені Ярослава Мудрого». – 2013. – № 3 (17). – С. 64–75.

483. Якунин В. А. Обучение как процесс управления : Психологические аспекты / Якунин В. А. – Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1988. – 160 с.

484. Яциніна Н. О. Формування інформаційно-технологічної компетенції майбутнього вчителя у навчальному процесі педагогічного університету: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : 13.00.09 «Теорія навчання» / Н. О. Яциніна. – Х., 2008. – 21 с.

485. Anderson L. W. A Taxonomy of learning, teaching, and assessing / Bloom B. S., Krathwohl D. R. – New York : Longman, 2001. – 156 p.

486. Bertalanffy L. von. An outline of general system theory / L. von. Bertalanffy // Brit. J. Philos. Sci.– 1950. – Vol 1. – P. 134–164.

487. Bloom B. S. Taxonomy of educational objectives : The classification of educational goals : Hand book I, cognitive domain / Bloom B. S. – New York : Longman, 1994. – 99 p.

488. Cookson P. Functionalist Theories of Education / D. L. Levinson, A. Sadovnik; P. W. Jr. Cookson (eds.) // Education and Sociology: An encyclopedia.

– N.Y. ; L. : RoutledgeFalmer, 2002. – P. 267–272.

489. Deaver B. Experimental Evidence for Quantized Flux in Superconducting Cylinders / B. Deaver, W. Fairbank // *Physical Review Letters*. Vol. 7, No. 2, July 15, 1961. – P. 43–46.

490. Doll R. Experimental Proof of Magnetic Flux Quantization in a Superconducting Ring / R. Doll, M. Näbauer // *Physical Review Letters*. Vol. 7, No. 2, July 15, 1961. – P. 51–52.

491. Heisenberg W. Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik // *Zeitschrift für Physik*. – 1927. – Vol. 43, Issue 3–4. – P. 172–198.

492. Podoprygora N. Organization and realization of the experimental cycle of scientific cognition at Physics study [Electronic resource] / Podoprygora Natalia // *Latin-American Journal of Physics Education*. – 2014. – Vol. 8. – No. 1, March. – pp. 13 – 21. – Режим доступа: <http://www.lajpe.org>. – Звернення : 24.07.2014 р.

493. Podoprygora N. V. How the Cycle of Scientific Knowledge is Reflected in the Course of Solid State Physics: the Effect of Magnetic Flux Quantization / N. V. Podoprygora, A. V. Tkachenko // *American Journal of Educational Research*. – Vol. 2. – № 12 B : Ensuring the quality of higher education. – 2014. – P. 61–69.

ДОДАТКИ

Додаток А

Кваліфікаційні вимоги до фахівців спеціальності «Фізика»

1. Знання з предметної області:

- Володіння апаратом математичного аналізу, математичної фізики, теорії груп, диференціальної геометрії та математичного моделювання фізичних процесів.
- Володіння фундаментальними законами взаємодії полів та частинок.
- Володіння сучасним математичним апаратом квантової теорії та фізики конденсованого стану.
- Теорія фазових переходів з точки зору принципів порушення симетрії при структуруванні матерії.
- Якісне та кількісне уявлення про ієрархію та рівні організації матерії – від мікросвіту до величин масштабів Всесвіту.

2. Когнітивні уміння та навички з предметної області

- Володіння декількома розділами сучасної математичної фізики та математики; володіння і вміння застосовувати апарат математичного аналізу, математичної фізики, теорії груп, диференціальної геометрії та математичного моделювання фізичних процесів.
- Здатність робити та обґрунтовувати наукові висновки, давати професійні рекомендації, застосовувати знання для розв'язання сучасних фізико-математичних задач та освоєння сучасних напрямів теоретичної фізики.
- Вміння будувати абстрактні моделі фізичних явищ і процесів, узагальнювати їх та віднаходити наслідки, які можна фізично інтерпретувати і спостерігати.

3. Практичні навички з предметної області

- Вміння будувати математичні моделі спостережуваних явищ і процесів.
- Вміння аналізувати результати експериментальних досліджень з точки зору фундаментальних фізичних законів та в межах існуючих теоретичних схем.
- Вміння розв'язувати диференціальні та інтегральні рівняння машинними методами.
- Вміння вести моніторинг наукової інформації за допомогою бібліотечних каталогів та баз даних міжнародних електронних бібліотек.
- Здатність аналізувати і реферувати науково-технічну інформацію та

публікувати результати наукових досліджень.

- Володіння програмними засобами створення та редагування наукових текстів.

- Уміння використовувати програмне забезпечення для обробки результатів фізичних досліджень.

- Володіння інформацією про стан наукових досліджень заданого напрямку в споріднених лабораторіях та наукових центрах (в тому числі й закордонних).

- Уміння бачити цілісність фізичної задачі. Широка ерудиція.

4. Загальні уміння та навички

- Здатність діагностувати власні стани та почуття з метою забезпечення ефективної та безпечної діяльності.

- Уміння визначати цілі і завдання власної діяльності та забезпечувати їх ефективне і безпечне виконання.

- Здатність організовувати власну діяльність як складову колективної роботи.

- Уміння формувати орієнтовний план власних дій в умовах виробничої або побутової діяльності на основі усвідомлення мети роботи та її структури.

- Здатність в умовах виробничої діяльності проводити соціологічні дослідження.

- Навички у процесі роботи в певній соціальній групі, застосовуючи типові методи емпіричного соціологічного дослідження, визначати характеристики суспільної реальності.

- Навички визначати тип конкретного суспільного об'єднання та його місце в політичному житті, отримані за результатами аналізу державних нормативно-правових документів про суспільні об'єднання, програмних документів суспільних об'єднань, з використанням критеріїв класифікації суспільних об'єднань та рухів.

- Уміння застосовувати прагматичну компетенцію з метою ефективного виконання професійних завдань в умовах вербальних ділових контактів з використанням засобів і методів усного спілкування і відповідних комунікативних прийомів.

Систематизовано на основі аналізу [225].

Додаток Б

Дисципліни професійної та практичної підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики 2,3

З погляду загальнопрофесійних компетенцій виділено три групи дисциплін за *когнітивним критерієм* – знання з базових дисциплін:

– для *бакалаврів* (освітньо-професійна програма) – *нормативні*: загальна фізика, математичні методи фізики, теоретична фізика, основи сучасної електроніки; *вибіркові*: шкільний курс фізики;

– для *магістрів* (освітньо-професійна програма) – *нормативні*: вибрані питання загальної фізики, вибрані питання теоретичної фізики, історія фізики та *вибіркова* – спеціальній фізичний практикум;

– для *магістрів* (освітньо-наукова програма) – *нормативна* – кваліфікаційна робота з фізики та *вибіркові*: фізика твердого тіла, фізика напівпровідників, спеціальний фізичний практикум, фізичні основи роботи елементної електронної бази;

діяльнiсним критерієм – знання, уміння, навички і способи здійснення педагогічної діяльності з фізики:

– для *бакалаврів* (освітньо-професійна програма) – *нормативні*: методика навчання фізики (основної школи); навчальна практика зі шкільного фізичного експерименту, педагогічна практика (фізика основної школи), курсова робота з методики навчання фізики;

– для *магістрів* (освітньо-професійна програма) – *нормативні*: методика навчання фізики (старшої школи), олімпіадні задачі з фізики, виробнича практика (фізика старшої школи) та *вибіркові*: лазер у шкільному курсі фізики, комп'ютер у навчальному процесі з фізики;

– для *магістрів* (освітньо-наукова програма) – *нормативні*: методика викладання фізики у вищій школі, асистентська практика та *вибіркові*: лазери у викладанні фізики, технологія фізичного експерименту, сучасні інноваційні технології у навчанні фізики, сучасні проблеми методики фізики;

особистісним критерієм – знання, уміння, навички і способи педагогічного спілкування:

– для *бакалаврів* (освітньо-професійна програма) – *нормативні*: психологія, педагогіка, вікова фізіологія та валеологія, виробнича практика у закладах соціального спрямування, курсова робота з педагогіки або психології та *вибіркові*: основи наукових досліджень, методика соціально-виховної роботи, технічні засоби навчання та комп'ютерна техніка в навчальному процесі, основи Internet;

– для *магістрів* (освітньо-професійна програма) – *основна* – курсова робота з інформатики та *вибіркова* – основи професійного становлення вчителя;

– для *магістрів* (освітньо-наукова програма) – *нормативні*: педагогіка вищої школи, психологія вищої школи і *вибіркова* – комп'ютерні інформаційні технології в освіті, науці.

² Вибір навчальних дисциплін здійснено з Робочих навчальних планів (2013-2014 н.р.) Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка для напряму підготовки (спеціальності): 6.040203 Фізика * (освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр); 7.04020301 Фізика * (освітньо-кваліфікаційний рівень спеціаліст) та 8.04020301 Фізика * (освітньо-кваліфікаційний рівень магістр). Галузь знань 0402 Фізико-математичні науки (Перелік-2006).

³ У систематизації не враховані гуманітарні і соціально-економічні дисципліни.

Додаток В

Порівняння характеристик знаннєвої та компетентнісної парадигм освіти

Таблиця В.1

Порівняння характеристик «традиційної» (знаннєвої) та «нової» (компетентнісної) парадигм освіти

Традиційна парадигма освіти	Нова парадигма освіти
Основний акцент – надання студенту «правильної» інформації, раз і назавжди заданої	Основний акцент – навчання усього новому, розвинути потребу в знаннях, навчанні «протягом усього життя»
Навчання – лише результат, продукт діяльності, просування вперед обмежене замкнутими етапами, зумовленими віковими кордонами	Навчання – свідомий, цілеспрямований процес «подорожування у невідоме», який відбувається постійно, без вікових обмежень.
Акцент – на зовнішній світ, внутрішній досвід часто сприймається як невідповідний навчанню	Акцент – на внутрішній (особистісний) світ, внутрішній досвід – контекст навчання
Припиняються спроби інтуїтивного мислення, не заохочується дивергентне мислення	Використання фантазії, вигадки, спонукання до вираження почуттів. Інтуїтивність заохочується, розглядається як частина творчого процесу
Акцент на аналітичне, формально-логічне, «лівопівкульне» мислення, основний акцент – на теоретичне, абстрактне, «книжкове» звання (знаннєва компонента)	Спрямованість на рівномірний розвиток обох півкуль, сполучення «лівопівкульного» мислення, раціоналізму і цілісного асоціативного, інтуїтивного мислення, теоретичні знання всіляко доповнюються й збагачуються практичними, отриманими як у ВНЗ, так і поза ним
Сегретація за віком, місцем навчання	Гнучкість та інтеграція вікових груп
Освіта реалізується лише у визначеному віці з метою придбання людиною мінімальних умінь і підготовки її до конкретно визначеної соціальної ролі	Особистість не обмежується у виборі змісту навчання у зв'язку з віком і місцем навчання (у нагоді стає дистанційне навчання)
Місце навчання обмежується матеріальними, фізичними можливостями особистості	Освіта – процес, що здійснюється протягом усього життя, що визначається потребою в конкурентноспроможних фахівцях з вищою освітою
Викладач повідомляє знання: «однобічний» рух, викладач – контролер дій студента	Викладач – насамперед фасилітатор, консультант, помічник студента у навчанні. Викладач не тільки вчить, а й вчиться сам у процесі навчання

Систематизацію здійснено на основі аналізу [95; 105; 434]

Додаток Г

Таксономічний підхід до формування навичок мислення

Таксономія Блума містить шість навичок мислення, які структуровані від самого базового до самого просунутого рівня. Б. Блум та його наукова школа ввели поняття «таксономія педагогічна» – це побудова чіткої системи педагогічних цілей, в яких встановлені відповідні категорії та послідовності рівнів [487]. Науковці визначили три області навчальної діяльності: когнітивну (*Cognitive Domain*) – розумові навички (*Mental skills*); афективну (*Affective Domain*) – область почуттів та емоцій (*Attitude*); психомоторну (*Psychomotor Domain*) – психофізичні вміння та навички (*Skills*). Кожна група таксономії Блума представлена табл. Г.1.

Таблиця Г. 1

Ієрархія рівнів засвоєння когнітивної групи цілей навчання за Б. Блумом

№ з/п	Назва рівня	Характеристика рівня		
		Показники	Результати	Ключові слова до завдань
1.	Знання <i>Knowledge Level</i>	Переказування, запам'ятовування, розпізнання та відтворення матеріалу, що вивчається	Запам'ятовування та відтворення термінів, конкретних фактів, методів і процедур, основних понять, правил, принципів, цілісної теорії	Знати, класифікувати, назвати, знайти відповідне, розташувати, відрізнити факти від їх інтерпретації, перелічити, переказати, упізнати, визначити, запам'ятати, навести приклад, описати, скласти перелік, дати означення, повторити, цитувати, показати, посилатися та ін.
2.	Розуміння <i>Comprehension Level</i>	<i>Здатність</i> встановлювати зв'язок одного матеріалу з іншим, перетворювати його із однієї форми представлення до іншої (наприклад, із словесної до графічної, математичної і навпаки).	Уміння використовувати абстрактні поняття, застосовувати іншу термінологію, символіку, переказувати своїми словами; Інтерпретація навчального матеріалу (пояснення, короткий виклад).	Узагальнити, пояснити, інтерпретувати, порівняти, перетворити, встановити, диференціювати, продемонструвати, надати інше визначення, перекласти, виконати огляд, зробити повідомлення, дати оцінку, навести приклади, обґрунтувати, визначити головну ідею, розпізнати, описати, анотувати та ін.
3.	Застосування <i>Application Level</i>	<i>Уміння</i> використовувати вивчений матеріал ситуаціях, відмінних від тих,	Застосування правил, методів, уміння розбивати в конкретних умовах і нових	Відшукати, розв'язати, обчислити, передбачити, запропонувати, розрахувати, запитати, продемонструвати,

№ з/п	Назва рівня	Характеристика рівня		
		Показники	Результати	Ключові слова до завдань
		в яких вони були отримані. <i>Здатність</i> виділення частин цілого, суттєвих деталей, виявлення взаємозв'язку між ними, осмислення принципів організації цілого, отримання можливостей	навчальний матеріал на складові: поняття, закони, принципи, теорії; уміння порівнювати і узагальнювати, пов'язуючи із цими складовими. Осмислення не лише змісту навчального матеріалу, але й його внутрішньої структури; здатність бачити помилки та огріхи в логіці міркувань	адаптувати, використати, показати, застосувати, класифікувати, проілюструвати, застосувати на практиці, оперувати, модифікувати. Проаналізувати, організувати, дослідити, експериментально перевірити, розрізнити, зобразити схематично, побудувати діаграму, графік, узяти участь дискусії, виявити
4.	Аналіз <i>Analysis Level</i>	Відкривати, винаходити та розрізняти компоненти, складові частини ситуацій чи інформації	Розрізняти факти і наслідки, оцінювати значущість деталей; Формулювати концепції або висновки, яких автор матеріалу дотримувався, але явно не висловив	Обстежити, критично поставитись, протестувати, розрахувати, вивчити, протиставити, порівняти, визначити категорії, в цілому визначити.
5.	Синтез <i>Synthesis Level</i>	Уміння комбінувати елементи, щоб одержати ціле із новою системною властивістю	Уміння збирати матеріал із різних джерел так, щоб отримати модель чи структуру більш зрозумілу, ніж початковий матеріал. Таким новим продуктом може бути повідомлення, план дій, наказ, нова схема	Створити, організувати, висунути гіпотезу, підтвердити думку, скласти звіт, виконати згідно закону, чи за правилом, спланувати, покращити, спрогнозувати, розробити, генерувати, підготувати, сформулювати, придумати, здійснити винахід, зібрати, представити
6.	Оцінка <i>Evaluation Level</i>	Уміння оцінити значення того чи іншого матеріалу для конкретної мети, визначення цінності чи можливості ефективного використання	Судження та висновки мають засновуватись на чітких критеріях, оцінювати логіку побудови матеріалу, відповідності висновків тим, що вже були висловлені	Оцінити, обрати, встановити, розсудити, обстояти думку, розцінити, оцінити за шкалою, порівняти, обґрунтувати чому, зробити висновок, аргументувати, рекомендувати,

№ з/п	Назва рівня	Характеристика рівня		
		Показники	Результати	Ключові слова до завдань
		інформації	раніше, адекватне оцінювання явищ (на відміну від суб'єктивної думки)	критикувати, вирішити, провести випробування, прослідкувати, передбачити, визначати пріоритети, дебатовати

Систематизацію здійснено на основі аналізу [487]

До цілей когнітивної групи віднесені такі, що передбачають запам'ятовування та відтворення вивченого матеріалу, а також розв'язування проблем, у ході яких необхідно переосмислити наявні знання, будувати їх нові об'єднання, структури, створювати нові знання. Цілі цієї групи, як правило, відображені у навчальних програмах, підручниках та посібниках, у повсякденній навчальній практиці. Афективна, емоційно-ціннісна сфера, за цілі визначає формування емоційно-особистісного ставлення до навколишнього світу. Таке ставлення виражається через сприймання, інтерес, нахили, здібності, переживання, почуття, а цілі навчання спрямовані на формування відношення до навчання, його осмислення та вияв у діяльності. Цілі навчання психомоторної сфери включають ті чи інші дії моторної маніпулятивної діяльності нервово-м'язової координації, пов'язані із формуванням мовленнєвих навичок, писемного мовлення, фізичних, трудових, діяльнісних якостей.

З погляду когнітивної сфери цілеутворення Б. Блум на засадах таксономічного підходу виділив шість таксономічних рівнів засвоєння: знання, розуміння, застосування, аналіз, синтез, оцінка. Характеристика кожного з цих рівнів представлена в табл. Г. 1. Аналіз таблиці засвідчує, що більшість процесів мислення, характерних для навчальної діяльності, відповідають рівням «Знання» та «Розуміння», саме тому вони й є найбільш поширеними формами розумових вмінь, тою базою, фундаментом, на якому будуються всі розумові вміння більш високого рівня [487]. З кожним наступним рівнем розумові вміння виявляються усе складнішими. На нашу думку, для формування навичок мислення високого рівня, необхідно та обов'язково (за принципом наступності навчання) використовувати рівні «Аналіз», «Синтез», «Оцінка», а також рівень «Створення», який не представлений в таксономії Б. Блума, але є в інших класифікаціях, зокрема таксономії Л. У. Андерсона та Д. Р. Красвола [485].

Важливим резервом підвищення якості знань є позитивна мотивація до навчання ММФ. Студенти починають вивчати курс ММФ, який передує курсу теоретичної фізики. Тому для студентів, у яких поки що немає цілісного уявлення про математичну і теоретичну фізику як відокремлені галузі наук,

дуже потрібні базові системні знання для успішного виконання ними навчальних завдань, які сприятимуть формуванню готовності їх застосовувати під час вивчення фізики в інших дисциплінах циклу професійної підготовки. Звичайно, що на міждисциплінарному рівні взаємодії методологічних математичних знань курсу ММФ, вони виявляються доволі абстрактними і формалізованими, як і більшість математичних знань, проте саме універсальність мови математики піднімає її на вищі щаблі знакових категорії культури. При цьому виявляється, що для розуміння цінності математичних знань для вивчення фізики потрібно докласти більше розумових зусиль, оскільки абстрактний характер деяких математичних понять потребує дотримання культурологічних цінностей математичної науки – застосування строгих логічних правил, що звичайно ж потребує від студента значних зусиль і більшого часу. Вочевидь, якщо студент не бачить потреби в математичних знаннях у подальшій навчальній і професійній діяльності, то зрозуміло, що засвоєння знань буде поверховим і про отримання глибоких знань мова йти не може. У цьому аспекті формально-логічний підхід до навчання ММФ у відірваності від предметного змісту фізичних дисциплін не сприяє розв'язанню проблеми виникнення в студентів міждисциплінарних асоціацій [417]. Зокрема зустрічаючись із термінологію, подібної до математичної, наприклад, із поняттям «ротор», студенти розуміють його як рухому частину електродвигуна.

Професійна спрямованість у порівнянні із прикладною передбачає співвіднесення змісту навчання ММФ із подальшою навчальною або професійною діяльністю майбутніх учителів і викладачів фізики, тому вочевидь існує окремий векторний напрямок професійно зорієнтованого контексту в навчанні ММФ. Нами виявлено, що в умовах контекстного навчання ММФ у майбутніх фахівців формуються уявлення про модель майбутньої професійної діяльності, що є додатковим джерелом мотивації, сприяючи підвищенню якості знань з цієї навчальної дисципліни. Отже, з погляду професійної спрямованості навчання ММФ до загального переліку якостей знань (див. табл. 2.5) можна додати ще одну додаткову характеристику – *професійну спрямованість якості знань* – кількість усвідомлених суб'єктом навчання зв'язків знань фахової наукової дисципліни із завданнями майбутньої професійної діяльності.

Додатковим обґрунтуванням позицій підвищення якості знань студентів у процесі навчання ММФ є деякі положення теорії мислення [85; 238; 359]. Мислення є найвищим пізнавальним процесом. Психологія вивчає мислення як пізнавальну діяльність, розрізняючи його види за типом узагальнення і характером засобів застосування, їх новизни для суб'єкта, ступеня його активності, адекватності мислення дійсності навчання. Зокрема, навчаючи студентів методам математичного моделювання фізичних систем формується

передусім *абстрактно-логічне мислення*, яке Б. Г. Мещеряков визначає як психологічний процес пізнання, що передбачає використання виділених властивостей об'єкта (абстракцій) і визначених послідовностей на основі причинно-наслідкових (логічних) зв'язків [238]. Найважливіші теоретичні методи пізнання фізики – абстрагування, аналогія, моделювання, гіпотеза, мисленнєвий експеримент, а також фізичні процеси і явища, які можуть описуватися на засадах математичного моделювання, спираються на абстрактно-логічне мислення. Щодо розвитку творчих здібностей суб'єктів навчання Дж. Гілфорд припустив, що їх основою є *дивергентне мислення*. Дивергентне мислення пов'язане з породженням багатьох рішень на основі однозначних даних. Такий тип мислення допускає варіювання шляхів вирішення проблеми, приводить до неочікуваних результатів та висновків. Дж. Гілфордом були виділені основні функції дивергентного мислення: виявлення та постановка проблем; генерування великої кількості різноманітних ідей; нестандартна реакція на подразники; удосконалення об'єкта [85]. За М. Ю. Корольовим, вищим типом мислення є *теоретичне мислення*, що розкриває закономірності об'єкта дослідження. Проте, на думку вченого, не можна зводити мислення студента лише до теоретичного мислення й оперувати абстрактним поняттями. Вагомим є й *наочне мислення*. У деяких випадках ми розв'язуємо завдання, покладаючись лише на наочне мислення. Теоретичне і наочне мислення в різноманітні способи переходять одне в одне, але перебувають на різних щаблях пізнання, а разом є різні проявами об'єктивної дійсності [181, с. 130]. С. Л. Рубінштейн зазначав, що можна розрізняти різні рівні мислення в залежності від того наскільки високим є рівень його узагальнень, наскільки глибоко мислення переходить від явища до його сутності. Такими різними рівнями й є наочне і теоретичне мислення [359].

Для формування будь-якого типу мислення доцільно використання чіткої, впорядкованої системи цілей навчання, що є визначальним фактором для побудови навчального процесу оскільки, по-перше, визначаючи навчальні цілі викладач їх впорядковує, визначає першочергові, основні, порядок і перспективу подальшої роботи; по-друге, розуміння викладачем конкретної цілі дає можливість пояснити студентам орієнтири у їх спільній роботі; по-третє, чітке формулювання цілей, представлені через результати діяльності піддаються об'єктивній оцінці. Принциповою особливістю *таксономічного підходу* є визначення завдань навчання для формування бази оцінювання через оволодіння знаннями на рівні усіх категорій освітніх результатів.

Додаток Д

Експериментальне завдання «Визначення добротності математичного маятника»

Зміст завдання: Визначити добротність математичного маятника.

Обладнання: 1) Установка, зібрана на базі цифрових вимірювальних приладів; 2) Електронні терези; 3) Лабораторний штатив з муфтами; 4) Лінійка; 5) Пусковий електромагніт, джерело постійного струму, вимикач, провідники.

Виконання завдання. Якщо коливальна система (маятник нитяний, маятник пружний, коливальний контур і ін.) виконує вільні коливання (рухається лише під дією внутрішніх сил), то її коливання є гармонічними. Але на практиці будь-яка коливальна система здійснює затухаючі колювання. Такі коливання є негармонійними (амплітуда і частота коливань втрачають зміст). Втім коли коливання затухають слабо (наприклад, сила тертя значно менша сили пружності), тоді затухаючі коливання розглядають близькими до синусоїдальних зі змінною амплітудою і умовною частотою (періодом) коливань.

Наразі амплітуда коливань – це величина максимального відхилення системи від положення рівноваги, яка через рівні проміжки часу утворює спадну геометричну прогресію. Умовний період – це проміжок часу між двома послідовними максимальними відхиленнями від положення рівноваги в одну й ту ж сторону. Тоді:

$$x(t) = A_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \alpha_0),$$

де A_0 – початкова амплітуда (у момент часу $t = 0$), β – коефіцієнт затухання, ω – умовна частота затухаючих коливань, причому:

$$A = A_0 e^{-\beta t}, \quad \omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}, \quad \text{а } \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}, \quad \beta = \frac{c}{2m},$$

де c – коефіцієнт тертя: $F_T = -cv$ – сила в'язкого тертя, яка лінійно пропорційна швидкості коливань).

Що потрібно розуміти під виразом «слабке затухання»? Для цього водять кількісну характеристику ступеня затухання – добротність коливальної системи. Основною причиною, збурення коливань, є квазіпружна сила $F_{II} = -kx$, а основна причина затухань – сила тертя $F_T = -cv$.

Добротність системи Q – це характеристика системи і оточуючого середовища, що чисельно рівна відношенню максимальної сили пружності до максимальної сили тертя, тобто:

$$Q = \frac{F_{II}}{F_T} = \frac{kx_{\max}}{cv_{\max}}.$$

Але $x_{\max} = A$, а $v_{\max} = \omega_0 A$. Припустили, що β – мала, а тому $\omega \approx \omega_0$. Отже:

$$Q = \frac{k}{c\omega_0} = \frac{m\omega_0^2}{c\omega_0} = \frac{m\omega_0}{c} = \frac{\sqrt{km}}{c}.$$

Експериментальне вимірювання добротності коливальної системи у такий спосіб потребує непрямих вимірювань, а тому не є простим і наочним для навчального експериментування з фізики. Ми пропонуємо використати інший підхід і обрати за основу інше визначення добротності коливальної системи.

Для системи, яка являє собою математичний маятник, добротність коливальної системи визначається відношенням її повної енергії W до величини втрати енергії за чверть періоду W_1 внаслідок її дисипації (втрата енергії за рахунок роботи сили тертя), тоді добротність такої системи $Q = W/W_1$.

Виконання експерименту зводиться до відшукування повної механічної енергії маятника, яку він мав на початку коливань, та втрати частки цієї енергії за чверть періоду його вільного коливання. Ідея досліду полягає в дослідженні коливального руху нитяного маятника.

Активна частина експериментальної установки являє собою штатив, до стінки якого за допомогою стержня підвішують на нитці металеву кульку. Нижче закріпленого стержня з маятником аналогічно закріплений другий стержень так, щоб нитка у вертикальному положенні (рівноваги маятника) торкалась стержня (рис. Д. 1).

Початкове положення маятника – це його розташування в положенні горизонтально натягнутої нитки. Відповідно висота, за початкового відхилення маятника, дорівнюватиме його довжині l . Коли кульку відпустити, вона прагнучиме до положення рівноваги, досягнувши якого, маятник довжини l матиме обмеження з боку нижнього стержня (нитка зачіпається за нижній стержень) і коливання продовжуватимуться але вже як маятник із меншою довжиною (меншою на відстань між стержнями на штативі, наприклад, на $l_1/2$) (рис. Д.2).

Змінюючи віддаль, можна очікувати декілька наслідків: кулька опише коло або частину кола навколо нижнього стержня; досягне верхнього положення вертикально розташованої натягнутої нитки і, зупинившись на мить, впасти вертикально униз під впливом сили тяжіння до компенсації її силою натягу. Останній наслідок є цікавим тим, що втрату повної механічної енергії маятника можна обрахувати без врахування його кінетичної енергії. Початкове значення механічної енергії системи: $W = mgl$, де l – уся довжина маятника. Значення енергії при наступному досягненні кулькою верхнього вертикального положення: $W = mgl_1$, де l_1 – висота, на яку підніметься маятник, досягнувши свого вертикального положення. Враховуючи, що розглядуваний коливальний процес складає половину періоду коливань маятника (дві чверті періоду), тоді

втрату енергії за чверть періоду можна визначити як $\Delta W = mg(l - l_1)/2$.

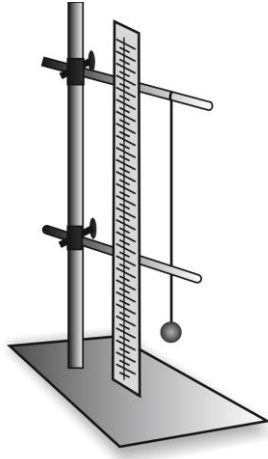


Рис. Д.1. Схематичне зображення процесуальної частини установки

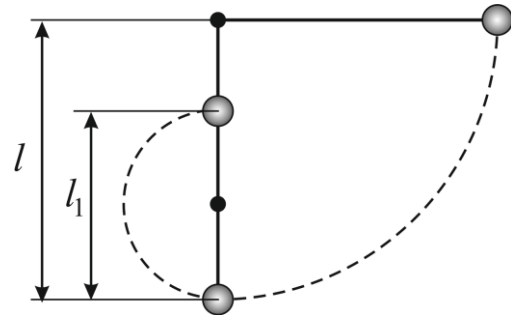


Рис. Д.2. Графічна модель процесу руху кульки

Отже, добротність коливальної системи визначають як

$$Q = \frac{W}{\Delta W} = \frac{2mgl}{mg(l - l_1)} = \frac{2l}{l - l_1}.$$

Таким чином, виконання експериментальної частини зводиться до відшукування положення закріплення нижнього стержня, щоб після зустрічі з ним уможливити такий подальший рух кульки на нитці, за якого кулька, досягнувши вертикального положення, не продовжуватиме свого руху по колу.

Експериментальну частину роботи реалізуємо за допомогою експериментальної установки зібраної на базі цифрових вимірювальних приладів, залучаючи пристрій для утримування і пуску маятника, рис. Д.3.

На штативі закріплюємо пусковий електромагніт (електромагніт з лабораторного комплекту для складання електромагнітного реле). Для електроживлення підійде будь-яке джерело постійного струму із напругою 4-6 В. Вимикач зручніше обрати кнопочний із вільно замкнутими контактами. Кінець нитки маятника кріплять до вантажу на терезах. До іншого кінця нитки, перекинутої через блоки установки, кріпиться металева (залізна) кулька. На стержні штатива кріплять горизонтальний стержень. На останньому кріплять електромагніт так, щоб він утримував кульку відхиленого маятника горизонтально. Нижче на стержні цього ж штатива кріпиться тонкий стержень так, щоб середина вертикально розташованої нитки підвісу маятника в положенні рівноваги торкалась стержня з правого боку. До цього ж стержня прив'язаний кінець іншої нитки, яка в натягнутому стані іншим кінцем закріплена на повзунку штангенциркуля (між шайбами з допомогою гвинта 10) (рис. Д.4).



Рис. Д.3. Експериментальна установка з визначення добротності математичного маятника

Виготовлення саморобного обладнання для визначення добротності математичного маятника. На міцній основі – пластині 1 розмірами 4×50 см закріплюють: біля лівого і правого країв шківів 2; до правого краю натяжний механізм 3 – накрутник для струн смичкових музичних інструментів; на відстані 15 см від правого краю – тримач П-подібної форми 4 для фіксування кінця нерухомої частини штангенциркуля, рис. Д. 1.

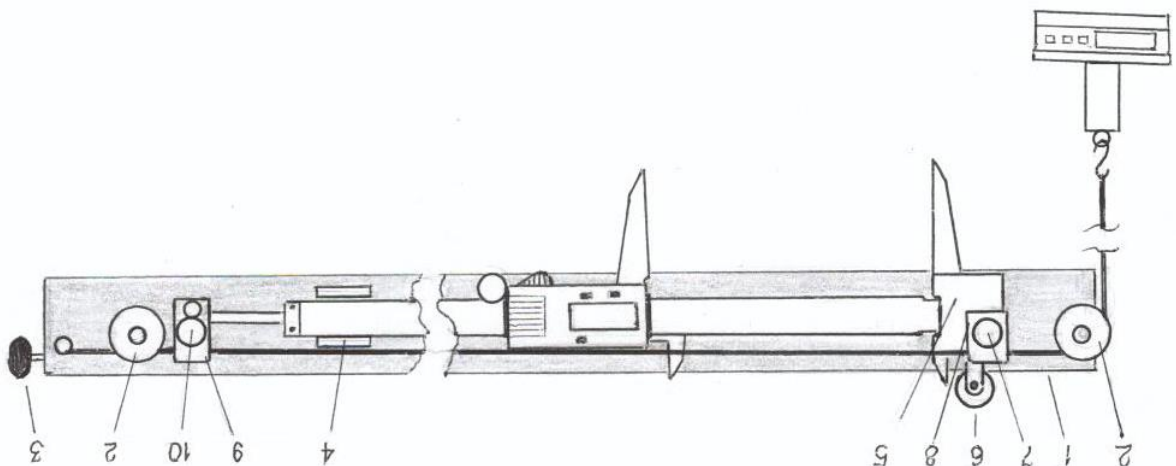


Рис. Д.4. Установка, зібрана на базі цифрових вимірювальних приладів

З металу або текстоліту товщиною 7 мм вирізають брусок 5 розмірами 3×4 см. На ньому виконують виріз, після чого утворюється поріг, на якому хомутами з жерсті закріплюють ліву частину штангенциркуля. До верхньої

частини бруска кріплять: шків 6, за допомогою якого штангенциркуль спирається на верхню грань пластини. На відстані 1 см від верхнього краю на бруску виконують отвір і нарізають різьбу М 5. Гвинтом 7 з відповідною різьбою до бруска притискають дві шайби 8 прямокутної форми, між якими затискають ліві краї зразків (дротяні нитки, датчики), які досліджують в процесі експерименту. Правий кінець рухомої частини штангенциркуля затискають між нижніми краями двох металевих пластин 9 розмірами 1x2,5 см. Через верхні краї пластин виконують отвір і нарізають різьбу М 5. Гвинтом 10 з відповідною різьбою до бруска притискають дві шайби, між якими закріплюють праві краї досліджуваних зразків. До зворотного боку пластини 1 на відстанях 5 см від її кінців закріплюють металеві стержні довжиною 5-10 см, за допомогою яких пластину з деталями закріплюють горизонтально на стійках двох штативів.

Виконання експерименту зводиться до відшукування повної механічної енергії маятника, яку він мав на початку коливань, та втрати частки цієї енергії протягом чверті періоду його вільного коливання. Початкове положення маятника – положення за горизонтально натягнутої нитки, де кулька утримується електромагнітом. Відповідно висота за початкового відхилення дорівнює довжині l , яку ретельно вимірюють лінійкою. Коли натисканням кнопки кульку відпускають, маятник починає здійснювати коливання і, досягнувши положення рівноваги, коливання маятника продовжуватимуться, але з меншою довжиною $l/2$. Змінюючи відстань l , і вимірюючи її зміну за допомогою штангенциркуля, досліджують наслідки, коли кулька описує: коло; частину кола навколо нижнього стержня; досягає верхнього положення вертикально розташованої натягнутої нитки і, зупинившись на мить, впасти вертикально вниз під впливом сили тяжіння. Останній випадок задовольняє робоча формула $Q = 2l/(l - l_1)$. Отже, виконання експериментальної частини зводиться до вимірювання з належною точністю величини зміщення стержня, за який зачіпається підвіс, від положення половини довжини маятника, що забезпечується використанням цифрового штангенциркуля.

Іншого характеру набуває виконання завдання за вимірюванням сили, що діє на кульку при проходженні положення рівноваги через $1/2$ періоду, $3/2$ періоду і т.п. Цю силу фіксують за стрибками показань електронних терезів, на табло яких в початковий момент встановлюють нулі.

Дослід повторюють декілька разів, фіксуючи значення максимальних показань і визначаючи середнє значення для кожного досліджу.

Додаток Е

Обрахунок радіальних хвильових функцій електрона в атомі гідрогену за допомогою інформаційного математичного пакету Mathcad

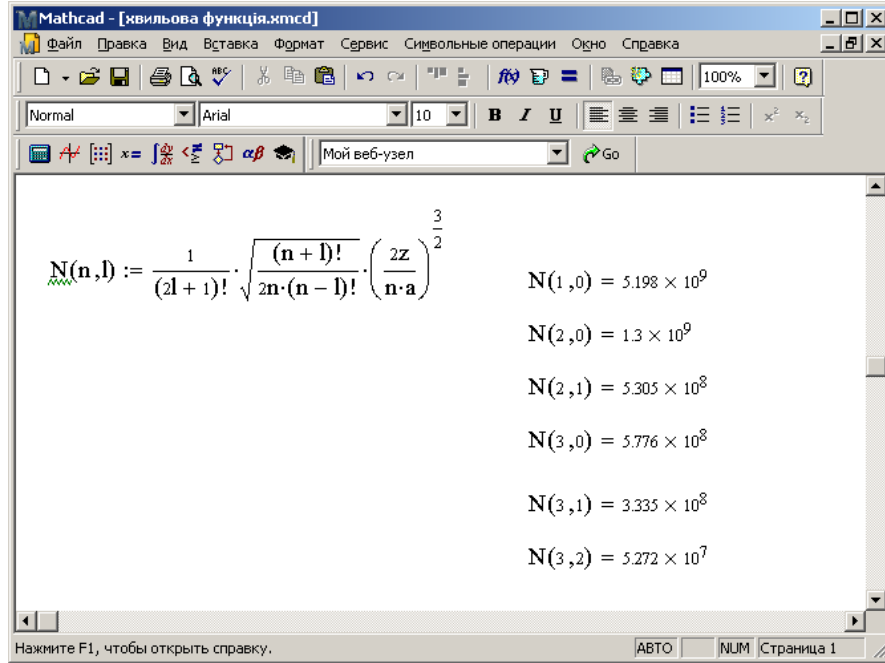
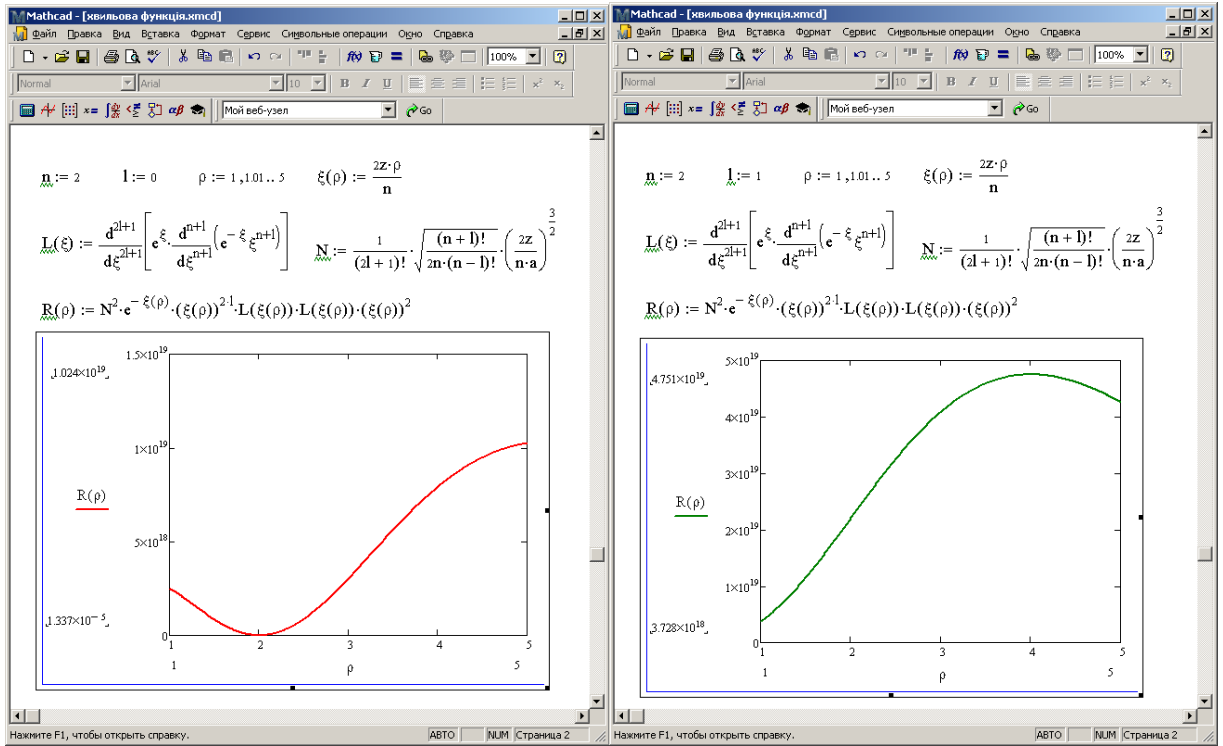


Рис. Е.1. Обрахунок амплітуди радіальної хвильової функції електрона в атомі Гідрогену



(а)

(б)

Рис. Е. 2. Густина ймовірності місце перебування електрона в 2s (а) і 2p (б) станах в Гідрогені

Додаток Ж

**Міждисциплінарна інтеграція курсів математичних методів фізики та
теоретичної фізики**

Таблиця Ж. 1

**Інтегративні чинники міждисциплінарної взаємодії курсів математичних
методів фізики і теоретичної фізики**

Математичні методи фізики	Інтегративні чинники	Теоретична фізика
<i>Класична механіка</i>		
КІНЕМАТИКА		
<p><i>Елементи математичної теорії поля:</i> поняття скалярних і векторних величин. Аналітичне означення вектора. Інваріанти векторного поля. Приклади фізичних задач: Відшукування густини середовища. Стаціонарне поле швидкостей.</p> <p><i>Криволінійні координати.</i> Приклади криволінійних систем координат: циліндрична; сферична. Зв'язок між декартовою, циліндричною і сферичною системами координат. Коефіцієнти Ламе, їх значення у декартовій, циліндричній та сферичній системах координат</p>	<p><i>Фундаментальні моделі</i> геометричного простору і часу, постулювання властивостей: для <i>простору</i>: тривимірний, неперервний, однорідний, ізотропний, евклідовий; для <i>часу</i>: неперервний, однорідний, однонаправлений.</p> <p>Постулати: 1) Можливість дочасного вимірювання із будь-якою точністю різних фізичних величин, що характеризують рух макротіл; 2) Тривалість будь-якого процесу однакова у всіх системах відліку; 3) Значення просторових інтервалів між положеннями МТ у даний момент часу однаково у всіх системах відліку</p>	<p><i>Кінематика матеріальної точки.</i> Моделі: механічного руху, матеріальної точки (МТ), системи відліку; радіус-вектора, траєкторії, миттєвої швидкості і прискорення точки, кутові кінематичні характеристики: кут повороту, кутові швидкість і прискорення. Різні способи опису механічного руху точки: векторний, координатний, траєкторний. Кінематичні рівняння руху. Проекції швидкості та прискорення на вісі декартової, циліндричної і сферичної систем координат</p>
Поняття про узагальнені координати	Модель абсолютно твердого тіла	<i>Кінематика твердого тіла.</i> Поняття про кількість ступенів вільності. Кінематичні рівняння Ейлера
Похідні функції декілька змінних	Перетворення Галілея.	<i>Складний рух точки.</i> Теорема додавання швидкостей і прискорень
ДИНАМІКА		
<p>Елементи математичної теорії поля: скалярні і векторні величини; поняття про векторне поле.</p> <p>Диференціальні рівняння другого порядку для функції однієї змінної. Граничні умови. Рівняння геометричної поверхні</p>	<p>Концепція дальності. Феноменологічні закони Ньютона. Принцип незалежності дії сил. Закон гравітаційної взаємодії. Емпіричні властивості маси. Принцип причинності. Принцип звільнення від зв'язків. Закон Кулона для сухого тертя</p>	<p><i>Динаміка точки.</i> Поняття про силове поле. Поняття про інертну і «важку» масу. Пряма і обернена задача динаміки. Диференціальне рівняння руху матеріальної точки. Граничні умови. <i>Рух невільної матеріальної точки.</i> Поняття зв'язків. Сили реакції зв'язків</p>

Продовження табл. Ж. 1

Математичні методи фізики	Інтегративні чинники	Теоретична фізика
<p>Елементи векторної алгебри: Поняття векторного добутку. Поняття про повний і частинний диференціали та їх властивості. Диференціальні рівняння другого порядку для функції однієї змінної</p>	<p>Модель механічної системи матеріальних точок. Основне рівняння динаміки МТ, СМТ</p>	<p>Динаміка системи МТ (СМТ). Властивості внутрішніх сил. Момент сили. Імпульс, момент імпульсу МТ і СМТ. Теореми про зміну імпульсу, моменту імпульсу МС і СМТ. Закони збереження імпульсу, моменту імпульсу МТ, СМТ. Центр мас. Теорема про рух центру мас</p>
<p>Аналітичне означення вектора. Елементи векторної алгебри: скалярний добуток, скалярне, векторне поле, градієнт скалярного поля і ротор векторного поля. Диференціальні властивості функцій багатьох змінних. Незалежність криволінійного інтегралу від шляху інтегрування</p>	<p>Модель механічної системи матеріальних точок. Градієнтне співвідношення. Рівняння зв'язку для дисипативних сил. Основне рівняння динаміки МТ, СМТ</p>	<p>Механічна робота сили і кінетична енергія МТ і СМТ. Елементарна робота сили і робота сили на скінченному переміщенні. Поняття кінетичної і потенціальної енергії МТ і СМТ. Поняття про дисипацію енергії. Теореми про зміну кінетичної енергії МТ і СМТ. Теорема Кеніга. Закон збереження енергії МТ і СМТ</p>
<p>Елементи тензорної алгебри: поняття тензора та його властивості. Головні напрями тензора. Інваріанти</p>	<p>Модель абсолютно твердого тіла в динаміці</p>	<p>Абсолютно тверде тіло (АТТ). Фізичні властивості абсолютно твердого тіла. Кінетична енергія твердого тіла. Тензор інерції. Момент інерції Теорема Штейнера. Основне рівняння динаміки АТТ. Умови рівноваги. Обертання твердого тіла навколо нерухомої вісі. Теорема про зміну кінетичної енергії твердого тіла</p>
ОСНОВИ АНАЛІТИЧНОЇ МЕХАНІКИ		
<p>Правила розрахунку: повного, частинного диференціалів, варіацій функції. Узагальнені координати. Умови екстремальності функції двох змінних. Необхідні і достатні умови безумовного екстремуму. Функція Лагранжа. Постановка задачі і основні визначення. Елементи диференціальної геометрії: канонічні форми поверхонь другого порядку. Поняття про квадратичну форму</p>	<p>Модель голономної системи МТ із ідеальними і стримуючими зв'язками. Принцип віртуальних переміщень. Принцип д'Аламбера-Лагранжа. Загальне рівняння динаміки</p>	<p>Метод узагальнених координат. Диференціальне рівняння голономного зв'язку. Поняття про дійсні, можливі і віртуальні переміщення. Узагальнені координати узагальнені сили. умови рівноваги невідомої механічної системи. Рівняння Лагранжа I і II роду. Д'аламберівські сили інерції. Узагальнені швидкості і сили. Функція Лагранжа. Функція Гамільтона. Теорема про зміну узагальненої енергії. Закон збереження узагальненої енергії. Кінетична енергія – квадратична форма узагальнених координат</p>
<p>Елементи операторної алгебри. Варіації функції, циклічні координати. Дельта-функція Дірака. Поняття про простір конфігурацій</p>	<p>Рівняння Гамільтона. Варіаційний принцип Гамільтона-Остроградського</p>	<p>Перше рівняння Гамільтона. Друге рівняння Гамільтона. Дужки Пуассона. Вільні системи МТ у фундаментальних силових полях; Системи полів як системи із нескінченною кількістю ступенів вільності</p>

Продовження табл. Ж. 1

Математичні методи фізики	Інтегративні чинники	Теоретична фізика
ВИБРАНІ ЗАДАЧІ КЛАСИЧНОЇ МЕХАНІКИ		
Поняття векторного поля. Теорія диференціальних рівнянь другого порядку	Принцип віртуальних переміщень. Основне рівняння динаміки матеріальної точки	вільності. Рух в неінерціальних системах відліку. Сили інерції
Елементи математичної теорії поля і теорії диференціальних рівнянь у частинних похідних. Градієнтне співвідношення. Функція Лагранжа. Циклічні координати. Умови екстремальності функції	Основне рівняння динаміки матеріальної точки. III закон Ньютона. Модель СМТ, центр мас. Закон збереження енергії. Закон всесвітнього тяжіння. Рівняння Лагранжа II роду	Задача двох тіл. Рух у ЦСП. Момент імпульсу МТ, ефективний потенціал. Фінітний і інфінітний рухи. Закони Кеплера. Розрахунок першої, другої і третьої космічної швидкості
Теорія диференціальних рівнянь у частинних похідних. Диференціальне рівняння для коливальних процесів.	Рівняння Лагранжа другого роду	Малі колювання механічних систем. Вільні колювання. Колювання при наявності сил опору середовища в ідеальних системах. Вимушені колювання. Резонанс. Малі колювання системи з декількома ступенями вільності. Вікове рівняння. Характеристичні частоти. Нормальні координати
Теорія диференціальних рівнянь у частинних похідних. Диференціальне рівняння для коливальних процесів	Основне рівняння динаміки матеріальної точки або рівняння Лагранжа другого роду	Математичний маятник. Плоский математичний маятник. Рівняння руху. Ізохронність колювань
ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ МЕХАНІКИ СУЦІЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА		
Елементи математичної теорії поля: скалярні, векторні і тензорні поля. Дивергенція векторного поля. Рівняння неперервності. Приклади задач математичної фізики: Відшукання густини середовища. Стационарне поле швидкостей	Модель неперервного середовища. Основне рівняння динаміки у моделі неперервного середовища	Рівняння руху суцільного середовища. Масові і поверхневі сили. Тензор механічних напруг. Основне рівняння динаміки суцільного середовища. Похідні: локальна, конвективна, субстанційна. Тензор потоку імпульсу Рівняння для енергії. Повна система рівнянь руху
Елементи математичної теорії поля: тензорні поля. Тензор деформації, тензор швидкості деформації. Диференціальні рівняння гіперболічного типу	Модель абсолютно пружного тіла. Закон Гука для абсолютно пружного тіла	Елементи теорії пружності. Тензор деформації, тензор швидкості деформації. Рівняння руху абсолютно пружного ізотропного тіла. Однорідний стиск стержня прямокутного перерізу. Деформація крутіння стержні з круговим перерізом. Поширення звуку у твердих тілах. Повздовжні й поперечні хвилі
ОСНОВИ СПЕЦІАЛЬНОЇ ТЕОРІЇ ВІДНОСНОСТІ		
Рівняння руху ідеальної рідини (рівняння Ейлера): стационарні й нестационарні. Рівняння Нав'є-Стокса.	Модель ідеальної рідини.	<i>Гідродинаміка.</i> Рух ідеальної рідини. Течія в'язкої рідини в круглій трубі. Обтікання кулі повільним стационарним потоком в'язкої рідини. Формула Стокса

Продовження табл. Ж. 1

Математичні методи фізики	Інтегративні чинники	Теоретична фізика
Скалярна і вектора функції декілька змінних. Аналітичне означення вектора	Постулати Ейнштейна. Однорідність простору і часу, ізотропність простору, принцип відносності, постулат абсолютності швидкості світла	Простір і час у спеціальній теорії відносності. перетворення Лоренца-Ейнштейна. Ефекти: скорочення довжини рухомого об'єкта, сповільнення часу рухомого годинника. Закон додавання швидкостей.
Вектори і тензори в n-вимірному просторі. Чотиривимірний простір. Аналітичне означення векторного і тензорного поля. Елементи векторної і тензорної алгебри	Просторово-часовий інваріант	Простір Мінковського. Класифікація інтервалів. Перетворення Лоренца як обертання системи координат у просторі Мінковського. Чотиривимірна швидкість.
Функція Лагранжа. Метод Лагранжа. Функція Гамільтона. Розклад функції в ряд Тейлора	Інваріанти аналітичної механіки. Принцип екстремальної дії. Принцип відповідності.	Основне рівняння релятивістської динаміки. Коваріантне релятивістське узагальнення основного закону динаміки. Чотирьох величини: імпульс, сила, енергія. Формула Ейнштейна. Критерії виродження
Поняття про типи математичних полів. Функція Лагранжа. Метод Лагранжа. Функція Гамільтона. Теорема про зміну узагальненої енергії. Градієнтне співвідношення	Релятивістська модель взаємодії. Польова концепція взаємодії	Закон збереження для системи взаємодіючих частинок. Поле як матеріальний об'єкт. Закон збереження енергії та імпульсу для замкнутої ізольованої релятивістської системи. Густина імпульсу, густина моменту імпульсу поля. Система частинок. Енергія зв'язку. Маса системи зв'язаних частинок
Електродинаміка		
ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ КЛАСИЧНОЇ ЕЛЕКТРОДИНАМІКИ		
Модель скалярного поля	Феноменологічний закон збереження заряду	Електричний заряд та його дискретність. Типи зарядів. Густина заряду. Два види зарядів і характер їх взаємодії. Закон збереження заряду
Модель векторного поля. Скалярний добуток. Потік векторного поля. Дивергенція векторного поля. Циркуляція векторного поля. Рівняння неперервності	Рівняння неперервності як найбільш загальна форма представлення закону збереження електричного заряду	Електричний струм. Сила струму, густина і елемент струму
Математична теорія поля. Калібрувальні перетворення, градієнтні перетворення. Рівняння гіперболічного типу (I канонічна форма). Хвильове рівняння	Рівняння зв'язку силових і енергетичних характеристик поля. Принцип суперпозиції. Калібрувальна інваріантність	Електромагнітне поле у вакуумі та його джерела. Силові та енергетичні характеристики електричного та магнітного поля. Потенціальні та вихрові поля. Сила Лоренца. Рівняння для потенціалів ЕМ поля
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ОСНОВИ КЛАСИЧНОЇ ЕЛЕКТРОДИНАМІКИ		
Дивергенція векторного поля. Потік векторного поля	Закон Кулона	Фундаментальні емпіричні закони електростатики
Дивергенція векторного поля. Теорема Гаусса в диференціальній і інтегральній формах	Закон Кулона. Принцип суперпозиції	Теорема Остроградського-Гаусса

Математичні методи фізики	Інтегративні чинники	Теоретична фізика
Ротор векторного поля. Теорема Стокса	Закон Біо-Савара-Лапласа	Фундаментальні емпіричні закони магнітостатики
Рівняння неперервності.	Закон Ома в диференціальній та інтегральній формах.	Закони постійного струму.
Потік векторного поля. Дивергенція векторного поля. Теорема Гаусса	Закон Фарадея	Електромагнітна індукція
УЗАГАЛЬНЕННЯ ЕМПІРИЧНИХ ЗАКОНІВ КЛАСИЧНОЇ ЕЛЕКТРОДИНАМІКИ У ФЕНОМЕНОЛОГІЧНІЙ ТЕОРІЇ МАКСВЕЛЛА		
Математична теорія поля	Феноменологічна система рівнянь Максвелла	Система рівнянь Максвелла для електромагнітного поля у вакуумі. Загальні властивості електромагнітного поля у вакуумі
Математична теорія поля	Система рівнянь Максвелла для вільного електромагнітного поля	Енергія та густина енергії електричного, магнітного поля. Імпульс та густина імпульсу електромагнітного поля. Вектор Умова-Пойтінга. Закон збереження енергії для системи «частинки-поле». Тиск світла
Математична теорія поля. Формули Гріна. Рівняння Пуассона. Загальний розв'язок рівняння Пуассона. Розклад функції в ряд Тейлора	Система рівнянь Максвелла для електростатичного поля. Принцип суперпозиції	Електростатичне поле у вакуумі. Граничні умови. Потенціал електростатичного поля. рівняння Пуассона для скалярного потенціалу. Поняття про мультипольний розклад. Дипольне, квадрупольне наближення. Енергія системи нерухомих зарядів
Математична теорія поля. Формули Гріна. Рівняння Пуассона. Загальний розв'язок рівняння Пуассона. Розклад функції в ряд Тейлора	Система рівнянь Максвелла для магнітостатичного поля. Принцип суперпозиції	Стаціонарне магнітне поле у вакуумі. Граничні умови. Рівняння Пуассона для векторного потенціалу. Мультипольний розклад., дипольне наближення. Магнітний момент системи рухомих зарядів та лінійних струмів. магнітний момент витка зі струмом
Хвильове рівняння та його загальний розв'язок (II канонічна форма). Метод Д'аламбера. Трансцендентний розв'язок хвильового рівняння для монохроматичних хвиль	Система рівнянь Максвелла для вільного електромагнітного поля. Інваріантна чотиривимірна форма представлення фази електромагнітної хвилі	Електромагнітні хвилі. Фазова швидкість. Хвильовий фронт. Плоскі електромагнітні хвилі. Монохроматичні хвилі. Сферичні хвилі. Структура сферичних хвиль. Ефект Доплера та його технічне використання
Рівняння д'Аламбера. Загальний розв'язок рівняння д'Аламбера	Модель осцилюючого електродиполя	Електромагнітне поле системи зарядів, що рухаються нерівномірно. Рівняння д'Аламбера. Потенціали, що запізнюються. Електродипольне випромінювання, інтенсивність випромінювання

Продовження табл. Ж. 1

Математичні методи фізики	Інтегративні чинники	Теоретична фізика
Математична теорія поля	Модель макрополя як неперервна система мікрополів	Мікроскопічні рівняння Максвелла-Лоренца
Математична теорія поля	Модель поля в речовині. Система рівнянь Максвелла в речовині. Матеріальні рівняння	Квазістаціонарне електромагнітне поле в речовині. Умови квазістаціонарності. Елементарна теорія скін-ефекту
Математична теорія поля.	Теорія Лондонів. Формула Лоренц-Лорнеца. Формула Клаузіуса-Мосотті	Електричні і магнітні властивості речовини. Поляризація діелектриків в постійному електричному пол. різні механізми поляризації. Дисперсія електромагнітних хвиль
Математична теорія поля. Елементи гіперболічної тригонометрії	Система рівнянь Максвелла для електромагнітного поля в речовині. Експериментальні факти: Температурна залежність магнітної сприйнятливості парамагнетиків, емпіричний закон Кюрі. Точка Кюрі для феромагнетиків	Електронна провідність металів. Формула Друде. Елементи класичної електронної теорії речовини. Полярні та неполярні діелектрики, механізм їх поляризації у зовнішньому електричному полі. Формула Ланжевена. Дисперсія діелектричної проникності. Магнетики. Елементарні носії магнетизму в речовині. Діа-, пара- та феромагнетики
Застосування Лагранжева та Гамільтонова формалізмів до опису полів	Інваріанти теорії відносності. Принцип найменшої дії для електромагнітного поля	Елементи загальної теорії відносності. Перетворення Лоренца для полів. Закони збереження у чотиривимірній формі
Квантова механіка		
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ І ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ КВАНТОВОЇ МЕХАНІКИ		
Математична інтерпретація експериментальних фактів	Формула Бальмера-Рідберга. закони фотоефекта. Експериментальне вивчення випромінювання і поглинання світла в спектрах абсолютно чорного тіла: закони Кірхгофа, Стефана-Больцмана, Віна; формули Релея-Джинса, Планка, досліди Франка і Герца, Штерна і Герлах, Девісона і Джермера. Принцип відповідності	Експериментальні основи квантової механіки. Модель Бора. Модель групи хвиль де Бройля. Фундаментальна роль сталої Планка. Специфіка фізики мікрооб'єктів: ідеї квантування, корпускулярно-хвильового дуалізму. Співвідношення невизначеностей Гейзенберга. Ймовірнісний характер поведінки мікрооб'єктів
Елементи теорії операторів. Оператори і дії над ними. Лінійні оператори. Самоспряжені (Ермітові) оператори	Хвильова функція. Квантово-механічний принцип суперпозиції. Принцип невизначеності. Принцип причинності у квантовій механіці	Фізичні основи і математичний апарат квантової механіки. Опис стану мікросистем. Власні функції і власні значення самоспряжених операторів, їх фізичний зміст. Основні властивості функцій операторів квантової механіки. Середні значення фізичних величин, ймовірність їх дозволених значень. Комутуючі оператори. Умови можливості одночасного вимірювання різних механічних величин у квантовій

Математичні методи фізики	Інтегративні чинники	Теоретична фізика
Теорія диференціальних рівнянь у частинних похідних другого порядку. Рівняння еліптичного типу. Елементи аналітичної механіки: дужки Пуассона	Рівняння Шредінгера. Квантово-механічне рівняння руху. Критерії збереження квантово-механічних величин	механіці. Повний набір спостережуваних. Стационарне рівняння Шредінгера. Основні оператори квантової механіки в координатному зображенні. Похідні оператора за часом. Теореми Еренфеста. Граничний перехід до класичної механіки. Інтеграли руху в квантовій механіці. Закон збереження числа частинок. Середня густина: речовини, електричного заряду
ДЕЯКІ ЗАСТОСУВАННЯ КВАНТОВОЇ ТЕОРІЇ		
Теорія диференціальних рівнянь у частинних похідних. Поліноми Чебишева-Ерміта	Модель частинки у потенціальній ямі. Модель квантового гармонічного осцилятора. Одновимірне стационарне рівняння Шредінгера	Одновимірний рух. Загальні властивості одновимірного руху. Задача про частинку в потенціальній ямі. Проходження частинки через потенціальний бар'єр. Парадоксальність тунельного ефекту. Надбар'єрне розсіювання. Лінійний гармонічний осцилятор в координатному зображенні. Електрон в потенціальній ямі скінченої висоти. Електрон в металі. Робота виходу. Холодна емісія. Контактна різниця потенціалу. Тунельний ефект і теорія альфа-розпаду. Тунельний ефект і термоядерні реакції. Тунельний ефект і його застосування
Теорія диференціальних рівнянь. Рівняння Лежандра. Поліноми Лежандра. Рівняння Лаггера. Поліноми Лаггера	Модель атома гідрогену. Рівняння Шредінгера	Рух частинки в центральносиметричному полі. Загальні властивості руху в полі центральних сил. Власні функції і власні значення операторів орбітального моменту імпульсу і проекції моменту імпульсу в полі центральних сил. Радіальне рівняння Шредінгера. Рух у кулонівському полі. Теорія атома водню: радіальне рівняння Шредінгера, енергетичний спектр електрона (формула Бальмера). Хвильові функції атома водню. Класифікація атомів за допомогою квантових чисел
Елементи лінійної алгебри	Експериментальні методи доказу існування спіну електрона. Досліди Ейнштейна і де Гааза, Штерна і Герлаха. Модель оптичного електрона в атомах лужних металів. Модель ротатора	Спін електрона. Власний механічний і магнітний моменти електрона. Оператори спіна. Хвильова функція електрона з врахуванням спіна. Повний набір величин, що спостерігаються для електрона в атомі. Повний магнітний момент атома. Множник Ланде. Струми в атомі. Магнетон

Продовження табл. Ж. 1

Математичні методи фізики	Інтегративні чинники	Теоретична фізика
ФІЗИКА АТОМІВ І МОЛЕКУЛ		
Елементи стаціонарної теорії збурень в квазікласичному наближенні (за наявності і відсутності виродження)	Рівняння Шредінгера. Квантово-механічне рівняння руху. Принцип суперпозиції для хвильових функцій. Принцип тотожності. Принцип Паулі	Теорія збурень. Оператор перестановки індексів. Система тотожних частинок. Симетричні та антисиметричні стани. Зв'язок спіну із статистикою: бозони, ферміони
Елементи лінійної алгебри. Чисельні методи для обрахунку інтегралів Хартрі і Хартрі-Фока	Модель атома гелію. Стаціонарне рівняння Шредінгера. Метод самоузгодженого поля (Хартрі-Фока)	Атом гелію. Якісна теорія атома гелію. Мультиплетність станів. Орто- і парагелій. Наближена кількісна теорія атома гелію: Обмінна та кулонівська енергії. Багатоелектронні атоми. Класифікація станів електрона в атомі. Періодична система елементів Д.І. Менделєєва
Чисельні методи математичної фізики для обрахунку обмінних і кулонівських інтегралів	Модель молекули водню. Стаціонарне рівняння Шредінгера. Елементи стаціонарної теорії збурень	Взаємодія атома з електромагнітним полем. Молекула водню. Молекулярне поле Вейса, природа феромагнетизму.
Правила відбору. Функція Гамільтона	Емпіричні гіромагнітні співвідношення. Рівняння Паулі. Емпіричний ефект Зеемана	Природа хімічного зв'язку. Атоми в зовнішньому полі. Пара- і діамагнітні властивості атомів і молекул. Обрахунок парамагнітного моменту
Елементи теорії диференціальних рівнянь у частинних похідних. Інтеграл-тригонометрична форма представлення розв'язку рівняння	Модель Кроніга-Пені. Одновимірне стаціонарне рівняння Шредінгера	Електрон в ідеальному кристалі. Теорема Блоха. Рух електрона в періодичному полі кристала. Метод Хартрі-Фока. Адіабатичне наближення. Елементи зонної теорії твердих тіл
Теорія ймовірностей і математична статистика. Елементи теорії груп щодо визначення правил відбору для випромінювання і поглинання світла атомом	Елементи теорії збурень. Закон Больцмана для розподілу частинок за енергетичними станами	Елементи теорії квантових переходів. Спонтанне та індукване випромінювання. Ймовірність переходів з одного квантового стану в інший під дією зовнішнього збурення, коли збурення залежить від часу. Правила відбору для випромінювання і поглинання світла атомом (приклад). Природна ширина спектральних ліній. Індукване випромінювання і квантові оптичні генератори
Елементи математичної теорії поля, теорії диференціальних рівнянь у частинних похідних. Інтегральне рівняння Ліппмана-Швінгера. Розклад функції в ряд Тейлора. Теорія ймовірностей і математична статистика	Рівняння Шредінгера. Рівняння неперервності. Закон Кулона. Принцип Паулі. Узгодження методів квантової і класичної фізики	Теорія розсіювання. Постановка задачі в теорії розсіювання мікрочастинок. Розрахунок пружного розсіювання наближеним методом Борна. Пружне розсіювання атомами швидких заряджених мікрочастинок. Теорія розсіювання, матриця розсіювання. Загальний випадок розсіювання. Дисперсійні співвідношення. Розсіювання зарядженої частинки в кулонівському полі

Продовження табл. Ж. 1

Математичні методи фізики	Інтегративні чинники	Теоретична фізика
Математичні основи квантової механіки: теорія операторів і теорія диференціальних рівнянь, теорія ймовірностей, математична статистика, елементи лінійної алгебри, елементи теорії груп	Експериментальні факти, квантово-механічні ідеї щодо їх пояснення. Теоретичні принципи квантової механіки: хвильова функція, принцип суперпозиції, кожній фізичній величині ставиться у відповідність лінійний самоспряжений оператор, клас операторів – самоспряжені, рівняння Шредінгера, співвідношення між операторами у координатному зображенні, квантово-механічне рівняння руху, принцип тотожності, принцип Паулі	Формальна схема квантової механіки. Межі застосування квантової теорії. Фізична картина мікросвіту
Термодинаміка і статистична фізика		
ТЕРМОДИНАМІКА		
Скалярні величини, скалярні математичні поля. Диференціальні операції для скалярної функції декілька змінних	Модель ізольованої термодинамічної системи. Моделі функції стану і функції процесу ТД системи. Модель простої ТД системи. Моделі феноменологічних термічних рівнянь стану реального газу: Ван-дер-Ваальса, Дітерічі, Бергло, віріальне рівняння	Два методи дослідження макроскопічних процесів: феноменологічна термодинаміка і статистична фізика. Основні поняття термодинаміки. Термодинамічна система, параметри, рівновага. Нульовий принцип термодинаміки. Температура. Гомогенні і гетерогенні системи. Рівноважні і нерівноважні процеси. Внутрішня енергія системи. Робота і теплота. Термічне і калоричне рівняння стану.
Скалярні величини, скалярні математичні поля. Диференціальні операції для скалярної функції декілька змінних	Різні феноменологічні формулювання першого закону термодинаміки. Диференціальна форма рівняння першого закону термодинаміки через калоричні і термічні параметри стану моделі простої ТД системи	Перше начало термодинаміки. Теплоємності і теплоти ізотермічних змін зовнішніх параметрів. Загальний вираз для зв'язку між C_p і C_v для простої системи (доведення). Основні термодинамічні процеси (політропічний, адіабатичний, ізотермічний) та їх рівняння. Зв'язок між коефіцієнтами пружності і теплоємностями.
Скалярні величини, скалярні математичні поля. Диференціальні операції для скалярної функції декілька змінних	Різні формулювання другого закону термодинаміки: Клаузіуса, Томсона, Карно. Основне рівняння термодинаміки. Нерівність Клаузіуса	Друге начало термодинаміки. Різні формулювання 2 начала термодинаміки. Оборотної і необоротні процеси. Ентропія та абсолютна температура. Термодинамічна шкала температур. Специфічність теплоти як форми енергії. Основне рівняння термодинаміки для рівноважних процесів. Зв'язок між термічним і калоричним рівняннями стану. Зростання ентропії при дифузії газів і парадокс Гіббса. Друге начало термодинаміки для нерівноважних процесів. Закон зростання ентропії. Цикл Карно і теореми Карно

Продовження табл. Ж. 1

Математичні методи фізики	Інтегративні чинники	Теоретична фізика
Скалярні величини, скалярні математичні поля. Диференціальні операції для скалярної функції декілька змінних.	Різні формулювання третього: теорема Нернста, про недосяжність абсолютного нуля температур, третя теорема Карно	Третій закон термодинаміки. Хімічна спорідненість. Формулювання третього закону термодинаміки. Теорема Ернста. Недосяжність абсолютного нуля. Виродження ідеального газу
Скалярні величини, скалярні математичні поля. Диференціальні операції для скалярної функції декілька змінних	Порівняння і узгодження двох методів термодинаміки: методу циклів і методу термодинамічних потенціалів, визначення переваг і недоліків	Методи термодинаміки. Метод циклів. Метод термодинамічних потенціалів. Рівняння Гіббса-Гельмгольца. Термодинамічні потенціали ідеального газу (внутрішня енергія, вільна енергія, термодинамічний потенціал Гіббса, ентальпія). Термодинамічні потенціали систем із змінним число частинок. Хімічний потенціал. Недоліки термодинамічного опису процесів
Диференціальні операції для скалярної функції декілька змінних	Метод термодинамічних потенціалів. Основне рівняння термодинаміки	Умови рівноваги і стійкості термодинамічних систем. Загальні умови термодинамічної рівноваги і стійкості. Стійка рівновага адіабатичної ізольованої системи. Принцип максимуму ентропії. Критерії стійкості ізотермічних систем. Принцип ле Шательє-Брауна
Диференціальні операції для скалярної функції декілька змінних. Математичні форми кривих і поверхонь для функцій скалярних змінних. Умови екстремальності функції декілька змінних	Основне рівняння термодинаміки. Термічні рівняння стану, криві рівноваги фаз	Фазові переходи і критичні явища. Умови рівноваги двох фаз речовини та її стійкість. Класифікація фазових переходів. Фазові перетворення першого роду та умови рівноваги фаз в однокомпонентній системі. Крива рівноваги фаз. Рівняння Клайперона-Клаузіуса. Температурна залежність тиску насиченої пари. Критична точка. Рівновага трьох фаз речовини, потрійна точка. Поняття про фазові переходи другого роду. Критичні явища
Скалярні величини, скалярні математичні поля. Диференціальні операції для скалярної функції декілька змінних. Елементи теорії диференціальних рівнянь у частинних похідних	Емпіричні макроскопічні термодинамічні ефекти. основне рівняння термодинаміки	Застосування термодинаміки. Ефект Джоуля-Томсона. Охолодження газу за умови його необоротного адіабатичного розширення. Зрідження реальних газів. Охолодження газу за умови його оборотного адіабатичного розширення. Термодинамічні функції магнетиків. Магнітне та ядерне охолодження
СТАТИСТИЧНА ФІЗИКА		
Елементи теорії ймовірності і математичної статистики	Основні поняття і моделі теорії ймовірності	Елементи теорії ймовірностей. Випадкові події. Випадкові величини. Ймовірність. Густина ймовірності. Нормування ймовірностей. Теорема додавання і множення ймовірностей. Обчислення середнього значення випадкової величини. Дисперсія. Функція розподілу ймовірностей

Продовження табл. Ж. 1

Математичні методи фізики	Інтегративні чинники	Теоретична фізика
		Розподіл ймовірностей для значень випадкової фізичної величини. Формула Стірлінга.
Елементи теорії ймовірності і математичної статистики	Принципи статистичної фізики	Макроскопічний і мікроскопічний стани системи
Елементи теорії ймовірності і математичної статистики. Елементи математичної теорії поля. Поняття узагальнених координат. Рівняння неперервності	Постулати і понятійний апарат статистичної фізики	Мікροканонічний і канонічний розподіли Гіббса. Мікроскопічний опис макросистеми і статистичний характер макропроцесів. Термодинамічна рівновага. Фазовий простір, фазова траєкторія. Поняття про статистичний ансамбль системи. Функція розподілу в фазовому просторі. Припущення про рівність середнього за часом середньому за статистичним ансамблем. Ергодична гіпотеза. Макроскопічні величини як фазові середні мікроскопічних змінних. Теорема Ліувілля про збереження фазового об'єму
Елементи теорії ймовірності і математичної статистики. Розрахунок табличних інтегралів, що зводяться до Гама-функції, інтегралу похибок	Постулати про мікροканонічний і канонічний статистичні розподіли Гіббса. Основні типи потенціальних фізичних полів: поля сили тяжіння, відцентрової сили та ін.	Зв'язок статистичного розподілу з адитивними законами збереження. Мікροканонічний розподіл в класичній статистиці. Квазінезалежні підсистеми і канонічний розподіл Гіббса. Фізичний зміст модуля канонічного розподілу. Розподіл Максвелла і Больцмана як частинні випадки канонічного розподілу. Молекула ідеального газу як квазінезалежна підсистема. Розподіл молекул за імпульсами і координатами. Розподіл молекул за швидкостями та енергіями. Розподіл молекул за висотою у полі сил тяжіння
Елементи теорії ймовірності і математичної статистики	Квантовий розподіл Гіббса. Елементи квантової механіки: основні поняття. Понятійний апарат термодинаміки. Класичний і квантовий розподіли Гіббса для системи із змінним числом частинок. Понятійний апарат термодинаміки	Розподіл Гіббса в квантовій статистиці. Розподіл Гіббса в квантовій статистиці. Статистична сума і статистична вага. Перехід від квантової статистики до класичної. Квазікласичний розподіл (метод квантових комірок). Великий канонічний розподіл. Квазізамкнена система із змінним числом частинок. Великий канонічний розподіл. Властивості канонічного розподілу для систем із змінним числом частинок
Скалярні величини, скалярні математичні поля. Диференціальні операції для скалярної функції декілька змінних. Елементи теорії ймовірності і математичної статистики	Порівняння і узгодження термодинамічного і статистичного методів опису термодинамічних макроскопічних систем. Порівняння методів, з'ясування переваг і недоліків	Статистичний зміст законів термодинаміки. Вивід із умови нормування канонічного розподілу рівняння Гіббса-Гельмгольца та об'єднаного запису першого і другого начал термодинаміки. Теплоота і робота, їх мікроскопічний зміст. Перший закон статистичної термодинаміки як наслідок

Продовження табл. Ж. 1

Математичні методи фізики	Інтегративні чинники	Теоретична фізика
		канонічного розподілу. Статистичний зміст ентропії. Формула Больцмана. Статистичний характер II закону термодинаміки. Статистичне обґрунтування III закону термодинаміки.
Скалярні величини, скалярні математичні поля. Диференціальні операції для скалярної функції декілька змінних. Елементи теорії ймовірності і математичної статистики.	Класичний або квантовий розподіли Гіббса. Метод характеристичних функцій Гіббса.	Обчислення термодинамічних функцій класичного ідеального газу. Термодинамічні величини як середні за канонічним розподілом. Статистичний інтеграл для ідеального газу. Обчислення основних термодинамічних потенціалів (параметрів термодинамічної системи) за допомогою канонічного розподілу. Рівняння стану ідеального газу. Рівняння Гіббса-Гельмгольца.
Скалярні величини, скалярні математичні поля. Диференціальні операції для скалярної функції декілька змінних. Елементи теорії ймовірності і математичної статистики.	Класичний або квантовий розподіли Гіббса. Термічні рівняння стану.	Реальний газ. Врахування взаємодії між молекулами. Статистичний інтеграл для реального газу. Рівняння стану реального одноатомного газу.
Скалярні величини, скалярні математичні поля. Диференціальні операції для скалярної функції декілька змінних. Елементи теорії ймовірності і математичної статистики. Квадратична форма узагальнених координат.	Канонічний розподіл Гіббса	Теорема про рівномірний розподіл кінетичної енергії за ступенями вільності і класична теорія теплоємності газу. Вивід теореми із канонічного розподілу. Застосування теореми в класичній теорії теплоємностей. Результати класичної теорії теплоємностей і порівняння їх з експериментальними даними.
Елементи теорії ймовірності і математичної статистики.	Класичний і квантовий розподіли Гіббса. Модель квантового одновимірного гармонічного осцилятора. Модель фонона. Стала Планка. Емпіричні факти.	Квантова теорія теплоємності ідеального газу. Обчислення статистичної суми за станами однієї молекули. Поділ теплоємності на складові, які відповідають поступальному, коливальному і обертальному руху молекули. Обчислення складових теплоємності і порівняння результатів з експериментальними даними.
Елементи теорії ймовірності і математичної статистики.	Класичний і квантовий розподіли Гіббса. Моделі статистичних систем: Фермі, Бозе, Больцмана	Розподіли Фермі і Бозе. Різні моделі поведінки частинок. Модель Максвелла-Больцмана. Нерозрізненість частинок. Моделі Бозе-Ейнштейна і Фермі-Дірака. Вивід формул статистичних розподілів Фермі-Дірака і Бозе-Ейнштейна із великого канонічного розподілу. Умови переходу до розподілу Гіббса

Продовження табл. Ж. 1

Математичні методи фізики	Інтегративні чинники	Теоретична фізика
		(Максвелла-Больцмана), критерії виродження.
Елементи теорії ймовірності і математичної статистики.	Статистична теорія провідності металів. Модель електронного Фермі газу.	Електронний газ у металах. Вільні електрони в металах як вироджений Фермі-газ. Аналіз розподілу Фермі-Дірака. Характеристична температура. Розподіл електронів за швидкостями і енергіями. Внутрішня енергія і теплоємність виродженого електронного газу в металах.
Елементи теорії ймовірності і математичної статистики.	Модель Бозе-газу. Розподіл Бозе-Ейнштейна	Вироджений Бозе-газ. Ідеальний Бозе-газ при низьких температурах. Явище Бозе-конденсації. Поняття про надплинність і надпровідність.
Елементи теорії ймовірності і математичної статистики.	Модель фотонного газу. Розподіл Бозе-Ейнштейна	Фотонний газ. Явище конденсації у виродженому Бозе-газі. Рівноважне випромінювання як фотонний газ. Опис властивостей фононного газу за допомогою статистики Бозе-Ейнштейна. Формула Планка. Закон Стефана-Больцмана. Закон зміщення Віна.
Скалярні величини, скалярні математичні поля. Диференціальні операції для скалярної функції декілька змінних. Елементи теорії ймовірності і математичної статистики.	Класичний і квантовий розподіли Гіббса. Моделі квантового гармонічного осцилятора і модель квантового ротатора.	Квантова теорія теплоємності твердих тіл. Класична теорія. Теплоємність при низьких температурах. Модель Ейнштейна. Недоліки теорії Ейнштейна. Нормальні моди. Фонони. Модель Дебая. Температура Дебая. Вивід формули для теплоємності, виходячи із уявлень про фонони.
Елементи теорії ймовірності і математичної статистики.	Канонічний розподіл Гіббса. Основне рівняння термодинаміки. Емпіричний зв'язок вектора поляризації із напруженістю електричного поля. Поняття інтенсивності випромінювання.	Флуктуації. Поняття флуктуації. Розрахунок флуктуацій за допомогою канонічного розподілу Гіббса. Флуктуації основних термодинамічних величин. Флуктуації випромінювання. Флуктуації густини в газах. Молекулярне розсіяння світла та голубий колір неба.
Елементи теорії ймовірності і математичної статистики. Елементи теорії диференціальних рівнянь у частинних похідних.	Модель броунівського руху. Диференціальне рівняння руху частинки для в'язкого тертя.	Броунівський рух. Поняття про броунівський рух. Розрахунок середнього квадрата зміщення броунівської частинки, формула Ейнштейна-Смолуховського.
Елементи математичної теорії поля. Елементи теорії ймовірності і математичної статистики.	Макроскопічні емпіричні ефекти Зеєбека, Пельтьє і Томсона. Кінетичне рівняння Больцмана. Зв'язок між термітними і калоричними параметрами стану ТД системи. Статистичний зміст параметрів.	Елементи теорії нерівноважних систем. Кінетичні коефіцієнти. Принцип симетрії кінетичних коефіцієнтів Онзагера. Кінетичне рівняння Больцмана і принцип детальної рівноваги. Інтеграл зіткнень. Час релаксації і довжина вільного пробігу. Теплопровідність в газах, коефіцієнт дифузії. Теплопровідність і в'язкість газу. Виробництво ентропії

Математичні методи фізики	Інтегративні чинники	Теоретична фізика
		Ефект Зеебека, Пельтьє і Томсона
Вибрані питання теоретичної фізики		
Роль математичних методів для фізики	Предмет, методи фізики як науки. Типи фундаментальних взаємодій. Класифікація наук: фундаментальні і прикладні.	Предмет і методи фізики як науки
Рівняння неперервності, калібрувальні перетворення, інваріанти аналітичної механіки, елементи операторної алгебри, 4-х вимірний простір Мінковського, елементи тензорної алгебри.	Принципи симетрії, інваріантності, перетворення. Основні теореми класичної механіки. Принцип екстремальної дії. Функція Лагранжа. Хвильова функція. Оператор електричного заряду, Коваріантні релятивістські узагальнення у 4-х вимірному просторі.	Закони збереження у фізиці, їх зв'язок з симетріями простору і часу
Варіативні математичні форми представлення співвідношення невизначеностей Гейзенберга.	Принцип невизначеностей. Методи експериментального підтвердження.	Фундаментальне значення співвідношень невизначеностей Гейзенберга
Математичні методи класичної електродинаміки і квантової фізики.	Теорія Лондонів, теорія БКШ: порівняння, узгодження	Макроскопічний ефект квантування магнітного потоку.
ФІЗИКА АТОМНОГО ЯДРА		
Математичні моделі відповідних фізичних величин і співвідношень. Інтерпретація експериментальних даних. Деякі математичні моделі класичної електродинаміки, квантової механіки, статистичної фізики	Емпіричні характеристики ядер: маса, енергія зв'язку, спіні, магнітний момент, дипольний момент. Емпірична залежність енергії зв'язку від масового числа, енергетична поверхня. Математична модель квадрупольного моменту ядра: власного і спостережуваного. Емпіричний закон Гейгера-Нетола. Поняття про мезонну теорію ядерних сил. Двочастинне наближення. Парність хвильової функції (за Вінгером). Модель віртуальних частинок. Модель обмінної взаємодії Юкави. Ядерні моделі: краплинна модель ядра, напівемпірична формула для енергії зв'язку; магічні числа і стабільність ядер, принципи побудови моделі ядерних оболонок: модель ядерних оболонок	Основні властивості атомних ядер. Теоретичні моделі ядра: протон-електронна і протонно-нейтронна, порівняння. Співвідношення невизначеностей як порівняльний критерій. Експериментальні методи вимірювання маси: мас-спектрометрія, енергетичний аналіз ядерних реакцій, баланс альфа і бета-розпаду, мікрохвильова радіоспектроскопія; методи вимірювання спінів ядер: ефект Зесмана, Пашена-Бака, метод відхилення молекулярних пучків, метод магнітного резонансу. Вивчення розсіювання швидких нейтронів на ядрах. Дослідження рентгенівського випромінювання мюонних атомів. Ядерні сили, властивості: величина, радіус дії, ізотонічна інваріантність, спінова залежність, обмінний характер, інваріантність відносно просторової інверсії
Елементи теорії диференціальних рівнянь	Емпіричний закон радіоактивного розпаду	Радіоактивність і ядерні реакції. Статистичний зміст сталої розпаду

Продовження табл. Ж. 1

Математичні методи фізики	Інтегративні чинники	Теоретична фізика
Математичні моделі емпіричних закономірностей, математична інтерпретація емпіричних фактів. Елементи теорії ймовірності і математичної статистики.	Секулярне рівняння. Модель одновимірного квантового руху тартинки: тунельний ефект. Елементи класичної механіки і релятивістської фізики щодо моделювання процесу бета-розпаду. Теорія розсіювання Резерфорда. Емпіричні закономірності щодо класифікації ядерних реакцій. Аналіз процесу поділу на основі краплинної моделі. Модель ланцюгової реакції.	Середній час життя. Елементарна теорія альфа-розпаду, бета-розпад, механізм гама-випромінювання. Закон збереження парності. Комбінована парність. СРТ-теорема. Ефект Месбауера та його застосування. Вимірювання сталої Планка. Ядерні реакції та їх класифікація. Ефективний переріз реакції. Поріг ендотермічної реакції. Прямі процеси. Реакції через складне ядро. Резонансні процеси. Поділ важких ядер. Бар'єр поділу. Воринні нейтрони, ланцюгові реакції.
Математичне моделювання ядерних перетворень	Моделі ядерних реакторів на теплових і швидких нейтронах	Ядерна енергетика. Термоядерні реакції.
ФІЗИКА ЕЛЕМЕНТАРНИХ ЧАСТИНОК		
Математичне моделювання параметрів елементарних частинок та механізмів їх взаємодії.	Класифікація елементарних частинок за їх квантовими характеристиками. Модель кварк-лептонної симетрії. Діаграми Фейнмана.	Властивості елементарних частинок. Закони збереження у фізиці елементарних частинок. Елементарні теорії фундаментальних взаємодій: механізм електромагнітної взаємодії, слабка взаємодія, носії слабкої взаємодії, типи перетворень, що викликають слабку взаємодію. Поняття про єдині теорії. Велике об'єднання і можлива нестабільність протона. Фундаментальні фізичні константи і єдина теорія взаємодії.
Значення математичних методів для сучасної фізики.	Сучасна фізична картина світу.	Сучасні погляди на структуру матерії. Досягнення і проблеми сучасної фізики. Роль українських вчених у розвитку фізики.

Систематизацію здійснено на основі аналізу авторських навчальних програм дисциплін:

1. «Математичні методи фізики» для студентів фізико-математичного факультету укладена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра (спеціаліста, магістра) напрямку підготовки (спеціальності) 6.040203 Фізика* (схвалено кафедрою фізики та методики її викладання КДПУ ім. В. Винниченка, протокол № 2 від 17.09.2009, затверджено ректором Г. Д. Клочеком); 2. «Теоретична фізика: Класична механіка» підготовки бакалавра напрямку підготовки 6.040203 Фізика*; 3. «Теоретична фізика: Електродинаміка» підготовки бакалавра напрямку підготовки 6.040203 Фізика*; 4. «Теоретична фізика: Квантова механіка» підготовки бакалавра напрямку підготовки 6.040203 Фізика*; 5. «Теоретична фізика: Термодинаміка і статистична фізика» підготовки бакалавра напрямку підготовки 6.040203 Фізика*; 6. «Вибрані питання теоретичної фізики» підготовки спеціаліста спеціальності 7.04020301 Фізика* (обговорено та рекомендовано до затвердження Вченою радою фізико-математичного факультету КДПУ ім. В. Винниченка, протокол № 1 від 28.08.2014, затверджено головою вченої ради факультету Р. Я. Ріжняком).

Додаток И

Навчально-методичне забезпечення дисципліни «Математичні методи фізики»

Додаток И.1.

Навчальна програма дисципліни

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

КИРОВОГРАДСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ВИННИЧЕНКА

Схвалено кафедрою
фізики та методики її викладання
Протокол № 2 від
«17» вересня 2009 р.

Завідувач кафедри




НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА

дисципліни «Математичні методи фізики»

для студентів фізико-математичного факультету

укладена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра
(спеціаліста, магістра)

напряму підготовки (спеціальності) 6.040203 Фізика*

Структура навчальної програми

Вступ.

Предмет математичної фізики. Основне завдання математичної фізики. Способи вивчення математичних полів: математична теорія поля та теорія диференціальних рівнянь у часткових похідних.

Розділ I. Математичні методи теорії поля.

Скалярні поля і моделі фізичних систем. Скалярне поле. Похідна скалярного поля за напрямом. Лінії рівня. Градієнт скалярного поля. Векторне поле градієнта. Моделі фізичних систем.

Векторні поля. Приклади фізичних задач. Аналітичне означення вектора. Векторні поля і їх диференціальна характеристика. Приклади фізичних задач: Відшукання густини середовища. Стаціонарне поле швидкостей.

Тензори та їх властивості. Тензорна алгебра ортогональних афінних векторів II рангу: найбільш прості типи тензорів (нульовий, одиничний, симетричний, антисиметричний тензори, діада); сума двох тензорів; добуток

тензора на число; лінійна комбінація двох тензорів; скалярний добуток тензора на вектор справа; скалярний добуток тензора на вектор зліва; скалярний добуток двох тензорів. Головні напрями тензора. Інваріанти.

Ортогональні вектори і тензори в тривимірному і багатовимірному евклідових просторах. Вектори і тензори в n -вимірному просторі. Тензор деформації. Тензор напруг. Тензор інерції.

Векторне поле. Потік вектора. **Дивергенція векторного поля** (інваріантне та аналітичне означення). Оператор Гамільтона. Фізичний зміст дивергенції векторного поля. Приклади розрахунку дивергенції плоских векторних полів.

Циркуляція векторного поля по замкненому контуру. Вихор вектора навколо певного напрямку в даній точці. **Ротор векторного поля** (інваріантне та аналітичне означення). Теорема Стокса про циркуляцію змінного вектора по будь-якому замкненому контуру.

Криволінійні координати. Приклади криволінійних систем координат: циліндрична; сферична. Коефіцієнти Ламе. Значення коефіцієнтів Ламе в Декартові, циліндричній та сферичній системі координат. Основні диференціальні операції в криволінійних координатах: градієнт, дивергенція, ротор.

Оператор Гамільтона. **Диференціальні операції другого порядку.** Формули Гріна.

Оператори квантової фізики. Оператори і дії над ними. Лінійні оператори. Самоспряжені оператори. Комутуючі оператори. Умови можливості одночасного вимірювання різних квантово-механічних величин. Повний набір спостережуваних. Основні оператори квантової механіки в координатному зображенні.

Розділ II. Математичні рівняння фізики.

Класифікація лінійних рівнянь. Класифікація лінійних рівнянь у частинних похідних II порядку та їх зведення до канонічного вигляду. Канонічні форми лінійних рівнянь зі сталими коефіцієнтами. Фізичні задачі, які приводять до рівнянь в частинних похідних. Приклади фізичних задач, що приводять до лінійних рівнянь. Класифікація рівнянь другого порядку з багатьма незалежними змінними. Нелінійні рівняння математичної фізики. Поняття про інтегральні рівняння у фізиці.

Рівняння гіперболічного типу. Найпростіші фізичні задачі, що приводять до рівнянь гіперболічного типу – коливання струни. Коливання струни. Поперечні коливання струни і хвильове рівняння. Коливання струни нескінченної довжини. Метод д'Аламбера. Окремий випадок задачі Коші. Коливання струни скінченної довжини. Метод Фур'є (метод відокремлення

змінних). Загальний розв'язок хвильового рівняння. Стоячі хвилі. Плоскі і сферичні хвилі.

Рівняння параболічного типу. Рівняння теплопровідності, його окремі випадки. Метод відокремлення змінних для рівнянь параболічного типу. Функція джерела. Рівняння теплопровідності для довгого тонкого стержня, загальний розв'язок.

Рівняння еліптичного типу. Задачі, що приводять до рівняння Лапласа. Рівняння Лапласа в криволінійній системі координат. Рівняння Лапласа в сферичних та циліндричних координатах. Відтворювальна функція і поліноми Лежандра. Формула Родріга. Рекурентні співвідношення. Рівняння Лежандра. Розв'язування рівняння Лежандра. Сферичні і кульові функції. Поліноми Лагерра. Метод функцій Гріна. Рівняння Пуассона для електростатичного потенціалу та його загальний розв'язок. Задача про одновимірний гармонічний осцилятор.

Розділ III. Застосування теорії груп у фізиці.

Гармонійні коливання молекул. Молекула як динамічна система. Рімановське розсіювання двохатомної молекули. Інфрачервоне поглинання і дипольний момент. Правила відбору для основних частот.

Правила відбору операторів квантової механіки. Атом у зовнішньому полі. Ефект Зеємана. Пара- і діамангнітні властивості атомів і молекул. Правила відбору для дипольного випромінювання.

Анотація курсу

Мета викладання дисципліни: формування цілісної математичної основи до вивчення курсу теоретичної фізики, якісне обговорення проблем і завдань при вивченні деяких теоретичних математичних методів дослідження фізичних явищ і процесів, з'ясування перспектив розвитку фізики як науки з огляду застосування методів математичного аналізу її математичних моделей.

Завдання вивчення дисципліни: розглянути ряд математичних понять і методів, що покладені в основі математичної теорії поля та розглянути основні методи визначення та розв'язування основних типів диференціальних рівнянь у часткових похідних фізичного змісту.

Перелік дисциплін, засвоєння яких необхідно студентам для вивчення курсу: математичний аналіз, лінійна алгебра та аналітична геометрія, основи векторного та тензорного аналізу, диференціальні та інтегральні рівняння, загальна фізика.

Додаток И.2

Структура математичних компетенцій з фізики

Когнітивний компонент (*знання і розуміння з предметної галузі*)⁴

1) *знання* про предмет дослідження математичної фізики і її основні завдання на рівні математична теорія поля та теорії диференціальних рівнянь у частинних похідних та новітні розділи математичної фізики, про її прикладне значення для галузі теоретичної фізики;

2) *знання* елементів теорії на рівні математичної теорії поля про математичні моделі: *скалярного, векторного і тензорного полів*;

3) *розуміння* як застосовувати апарат математичної теорії поля з: аналітичного й інваріантного представлення *скалярного, векторного і тензорного полів*; узагальнення цих правил у принципах суперпозицій фізичних полів;

4) *розуміння* якісного аналізу графічних ліній скалярного і векторного полів на прикладному рівні математичного моделювання фізичних процесів;

5) *знання про інваріанти* векторного і тензорного поля у тривимірному просторі, про головні напрями тензора;

6) *розуміння* як застосовувати апарат математичної теорії поля до пошуку інваріантів у процесі математичного моделювання фізичних процесів щодо узгодженості із принципом інваріантності у змісті фізичних теорій;

7) *розуміння* як застосовувати апарат математичної теорії поля *щодо узагальнення* елементів знань у: аналітичній і інваріантній формах представлення диференціальних і інтегральних характеристик поля – градієнта скалярного поля; дивергенції, ротора, потоку, циркуляції векторного поля, обґрунтування їх фізичного змісту, прикладного застосування на засадах теорем Гаусса і Стокса тощо;

8) *знання* про декартову, циліндричну і сферичну системи координат, коефіцієнти Ламе та їх значення у прикладній галузі з фізики;

9) *розуміння* як застосовувати апарат математичної теорії поля щодо обрахунку коефіцієнтів Ламе у декартовій, циліндричній та сферичній системах координат; диференціальних операції першого порядку у криволінійних координатах: градієнт, дивергенція, ротор;

10) *знання* про диференціальні і інтегральні форми теорем Гаусса і Стокса у декартовій, циліндричній та сферичній системах координат та їх прикладного

⁴ Відбір здійснено за ОПП підготовки бакалавра напряму підготовки 6.040203 Фізика* Галузь знань: 0402 Фізико-математичні науки (нормативна частина). Затверджена: в.о. ректора КДПУ ім. В. Винниченка Козир І.А. Погоджена у: Департаменті вищої освіти МОН України, Науково-методичному центрі вищої освіти МОН України, НМК з напряму «Педагогічна освіта» МОН України. – 2011 р.

змісту у фізиці;

11) *розуміння* як застосовувати апарат математичної теорії поля щодо: обрахунку диференціальних операцій другого порядку через представлення основних операторів (Гамільтона, Лапласа, д'Аламбера) лінійної алгебри та їх представлення у декартовій, циліндричній і сферичній системах координат; отримання формул Гріна та їх застосування під час математичного моделювання фізичних процесів тощо;

12) *розуміння* як застосовувати апарат теорії диференціальних рівнянь у частинних похідних першого порядку, вміння його застосовувати до математичного моделювання фізичних процесів: класичної і квантової механіки, класичної і квантової електродинаміки, термодинаміки;

13) *знання* про інваріантність змісту *рівняння неперервності* на рівні класичної класичних розділів фізики як найбільш загальної форми представлення закону збереження;

14) *знання* елементів теорії на рівні теорії диференціальних рівнянь у частинних похідних щодо класифікації лінійних рівнянь у часткових похідних другого порядку;

15) *розуміння* як застосовувати теорію диференціальних рівнянь для отримання їхніх канонічних форм представлення таких типів: гіперболічного, параболічного і еліптичного та фізичних процесів, що віддзеркалено цими типами рівнянь;

16) *знання* про: умови постановки задачі поперечних коливань струни та уніфікаційну властивість хвильового рівняння для будь-якого хвильового процесу класичної і квантової фізики; *вміння* складати хвильове рівняння як математичну модель таких коливань; *вміння* знаходити загальний і частковий розв'язки хвильового рівняння для випадків коливання струни: нескінченної довжини за методом д'Аламбера; скінченної довжини за метод Фур'є, як окремого випадку задачі Коші; *знання* про стоячі плоскі і сферичні хвилі та їх прикладний зміст у фізиці.

17) *знання* про: умови постановки задачі з перенесення тепла в однорідному середовищі, зокрема у довгому тонкому стержні: вміння шукати його загальний розв'язком методом відокремлення змінних для рівнянь параболічного типу; *знання* про фізичний зміст функції джерела;

18) *знання* про: умови постановки фізичних задач, що приводять до рівнянь еліптичного типу та приклади задач що приводять до *рівняння Лапласа*, зокрема стаціонарне теплове поле та постановку крайових задач про: потенціальний рух рідини; потенціал стаціонарного струму; потенціал електростатичного поля електростатичних зарядів; а також рівняння Лапласа у криволінійній системі координат, зокрема рівняння Лапласа у сферичній

системі координат на рівні: рівняння Лежандра, *вміння* шукати його розв'язок у вигляді поліномів Лежандра, сферичних і кульових функції на прикладному рівні квантової механіки щодо визначення власних функцій та власних значень оператора орбітального моменту імпульсу для електрона у моделі атому гідрогену; поліномів Лагерра-Чебишева для радіальної складової хвильової функції моделі атому гідрогену;

19) *знання* про умови постановки задачі для квантового гармонійного осциляторів, *вміння* шукати його розв'язок у вигляді поліномів Ерміта; *знання* про рекурентні співвідношень та їх значення для визначення експериментально спостережуваних квантових станів систем: енергії, імпульсу, орбітального моменту імпульсу;

20) *знання* прикладів фізичних задач що приводять до *рівняння Пуассона* та *вміння* шукати його загальних розв'язок на основі формул Гріна у класичній електродинаміці;

21) *знання* основ теорії операторів як сучасної математичної основи квантової механіки до: представлення операторів і виконання дії над ними; класифікації операторів на: лінійні, самоспряжені; представлення основних операторів квантової у координатному зображенні, зокрема на прикладі операторів: координати, імпульсу, моменту імпульсу, Гамільтона у декартовій і сферичній системах координат; операторів Пуассона щодо спінових функцій.

22) *знання* основ теорії груп до математичного представлення квантово-механічних закономірностей;

23) *володіти знаннями* про пізнавальні функції мисленого експерименту (евристичну, екстраполяційну, інтерпретуючу, наукового передбачення, підготовки матеріального експерименту).

Діяльнісний компонент (уміння і навички з досвіду навчальної діяльності з курсу, практичне і оперативне застосування знань):

1) *уміння* застосовувати математичні методи фізики до аналізу і розв'язування задач з курсу;

2) *уміння* характеризувати і аналізувати математичні моделі фізики за узагальненими планами;

3) *уміння* систематизувати навчальний матеріал та володіти навичками узагальнювального характеру до аналізу задач курсу;

4) *уміння* знаходити зв'язки і відношення між елементами фізичної системи і охарактеризувати їх словесно або записати у математичній формі;

5) *уміння* створювати ідеалізовані експериментальні умови, які являють модель матеріальних умов здатних певним чином впливати на ідеалізований математичний об'єкт фізичної системи, явища або процесу у ньому;

б) *уміння* одержувати за допомогою математичного апарату відносно

точні кількісні характеристики взаємодії ідеалізованого об'єкта та ідеалізованого зовнішнього середовища;

7) *готовність і здатність* до порівняння, узагальнення, абстрагування, аналізу, синтезу, ін. мисленневих операцій: спостереження, аналогії і ін.; абстрактно-логічного, дивергентного, теоретичного, критичного і ін. типів мислення;

8) *здатність* бачити цілісність поставленої навчальної задачі з метою відшукування раціонального методу її розв'язку;

9) *здатність* будувати у навчальних умовах курсу математичні моделі фізичних систем, явища і процесу фізичної системи з позицій фундаментальних законів фізики і у межах існуючих теоретичних схем, уміння досліджувати коректність утворених при цьому математичних задач;

10) *уміння* застосовувати методи побудови дискретних аналогів диференціальних задач і алгоритмів їх розв'язку із залученням комп'ютерної техніки.

Особистісний компонент (мотиви, емоції, цінності, особистісне ставлення, рефлексія, інформаційні, комунікаційні, комунікативні, соціально-адаптаційні компетенції), тобто умовно структурований системою субкомпетенцій:

Мотиваційний компонент – відбиває ставлення студента до професійної діяльності, виражене в *цільових установках*:

1) *здатність* виявляти пізнавальний інтерес до навчання (*мотивація* навчальної діяльності);

2) *уміння* визначати цілі і завдання власної навчальної діяльності та забезпечувати їх ефективне виконання;

3) *уміння* визначати цілі і завдання власної творчої навчально-пізнавальної діяльності та забезпечувати їх ефективне і безпечно виконання.

Ціннісно-рефлексивний компонент – відбиває особистісно значущі і ціннісні прагнення студента, ставлення до результатів і предмету навчальної діяльності з досвіду самостійної навчально-пізнавальної або науково-дослідницької діяльності з дисципліни і сфері стосунків:

1) *цінності* (знання як цінність) як готовність і здатність ставитися до навчання із усвідомленням значення знань з дисципліни для розвитку науки;

2) *рефлексія* як готовність і здатність здійснювати самоорганізацію навчальної діяльності, самоконтроль, самооцінку і самоаналіз процесу навчально-пізнавальної діяльності та її результатів;

3) *готовність і здатність* до професійної самооцінки, задоволеність професією, взаєминами;

4) *готовність і здатність* до професійної мобільності (застосовувати знання у змінених умовах діяльності);

Емоційно-вольовий компонент:

1) *здатність і готовність* до подолання труднощів у навчальній діяльності, виявлення радості від власної інтелектуальної праці, позитивного емоційного настрою, пов'язаного з успішністю діяльності;

Інформаційно-комунікативний компонент:

1) *готовність і здатність* виявляти *інформаційні* якості: аналізувати і реферувати наукову інформацію та ін.;

2) *готовність і здатність* виявляти *комунікативні* якості: застосовувати засоби і методи усного і письмово спілкування і ін.;

Соціально-адаптаційний компонент:

1) *готовність і здатність* виявляти *соціальні* якості: світоглядні і громадські якості тощо.

Додаток И.3

Структура дисципліни

Таблиця И.3.1

Структура навчальної дисципліни «Математичні методи фізики»

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	усього	у тому числі			
		л	п	лаб	інд
Змістовий модуль 1. Математична теорія поля					
Тема 1. Предмет математичної фізики.	2	2			
Тема 2. Скалярне поле і моделі фізичних систем.	8	2	2		2
Тема 3. Векторні поля	12	2	4		4
Тема 4. Тензори та їх властивості.	6	2		1	2
Тема 5. Ортогональні вектори і тензори в тривимірному і багатовимірному евклідових просторах.	6				6
Тема 6. Дивергенція векторного поля.	8	2	2	1	2
Тема 7. Ротор векторного поля	8	2	2	1	2
Тема 8. Криволінійні координати.	10	4	6		
Змістовий модуль 1. Математична теорія поля					
Тема 9. Диференціальні операції другого порядку.	2	2			
Тема 10. Оператори квантової фізики.	6				6
Контрольна робота	8	2			6
Тематична атестація №1	6	2			4
Колоквіум №1	4				4
Захист самостійного матеріалу, індивідуальних завдань	4				4
Захист домашніх завдань	4				4
<i>Разом за змістовим модулем 1</i>	88	22	16	0	46
Змістовий модуль 2. Рівняння математичної фізики					

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	ср
Тема 11. Класифікація лінійних рівнянь.	8	2				6
Тема 12. Рівняння гіперболічного типу.	8	4			2	4
Тема 13. Рівняння параболічного типу.	6	2			2	4
Тема 14. Рівняння еліптичного типу.	8	2			2	6
Тема 15. Застосування теорії груп у фізиці.	6					6
Колоквіум №2	6					6
Тематична атестація №2	8	2				6
Разом за змістовим модулем 2	56	12	0	0	6	38
Усього годин	144	34	16	0	10	84

Примітки: л – лекції, п – практичні заняття, лаб – лабораторний практикум, інд – індивідуальні заняття, ср – самостійна робота.

Таблиця И.3.2

Складники математичної компетентності з фізики, що формуються в змісті модулів курсу математичних методів фізики

Компоненти системи математичних компетентностей з фізики	Модуль 1 Математична теорія поля										Модуль 2: Рівняння математичної фізики				
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15
K1	+														
K2		+++	+++	+++											
K3		+++	+++	+++	+										
K4		++	++												
K5			++	++	+										
K6		+	+	+	+										
K7		+++				+++	+++								
K8								+++							
K9								+++							
K10								++							
K11									+						
K12										+					
K13										+					
K14										+					
K15											++				
K16												++			
K17													++		
K18														++	
K19									+					++	
K20									++					+	
K21										++					

Компоненти системи математичних компетентностей з фізики	Модуль 1 Математична теорія поля										Модуль 2: Рівняння математичної фізики				
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15
K22															+
K23	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+++	+++	+++	+
Д1		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++						
Д2		++	++	++	++	++	++	++	++		+	++	++	++	
Д3		++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	+
Д4		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Д5											+	+	+	+	
Д6											+	+	+	+	
Д7		++	++	++	+	++	+++	+++	++	+	+	+	+	+	+
Д8		++	++	++	++	++	++	++	++	+	+++	+++	+++	+++	+
Д9		++	++	++	++	++	++	++	++	+	+++	+++	+++	+++	+
Д10												+	+	+	
ОМ1	+	+++	+++	+++	++	+++	+++	+++	+++	++	++	+++	+++	+++	+
ОМ2		+++	+++	+++	++	+++	+++	+++	+++	++	+	++	++	++	+
ОМ3												++	++	++	
ОЦР1	+	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+	+	+++	+++	+++	+
ОЦР2	+	++	++	++	+	++	++	++	++	+	+	+++	+++	+++	+
ОЦР3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	++	++	++	+
ОЦР4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ОЕВ1	+	++	++	++	++	++	++	++	++	+	+	+++	+++	+++	+
ОІК1	+	++	++	++	++	+	++	++	+	+	+	+++	+++	+++	+
ОІК2	+	++	++	++	++	++	++	++	++	+	+	+++	+++	+++	+
ОСА1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Примітки:

1) К – когнітивні, Д – діяльнісні, ОМ – особистісно-мотиваційні, ОЦР – особистісно-ціннісно-рефлексивні, ОЕВ – особистісно-емоційно-вольові, ОІК – особистісно-інформаційно-комунікаційні, ОСА – особистісно-соціально-адаптаційні компетентності відповідно до переліку, поданого в цьому підрозділі.

2) 1 знак «+» – низький ступінь формування, 2 знаки «++» – середній ступінь формування, 3 знаки «+++» – високий ступінь формування.

Додаток И.4

Планування практичних занять

Змістовний модуль I. Математична теорія поля

Тема № 1. Скалярне поле. Поверхні рівня. Градієнт.

Запитання для самоконтролю:

1. Що називають скалярним полем?

2. Як задати аналітично скалярне поле на площині?
3. Що називають похідною скалярного поля за напрямом?
4. Що називають еквіпотенціальною лінією?
5. Записати рівняння для еквіпотенціальної лінії.
6. Дати інваріантне означення градієнта скалярного поля.
7. Дати аналітичне означення градієнта скалярної функції двох змінних.
8. Записати аналітичний вигляд оператора „набла” - $\vec{\nabla}$.
9. Що розуміють під векторним полем градієнта?

В аудиторії: №№ 1, 2, 3, 8, 10, 11, 14 [309].

Додому: №№ 4, 5, 9, 12 [309].

Тема № 2. Векторне поле. Векторні лінії поля. Дивергенція векторного поля.

Запитання для самоконтролю:

1. Дати геометричне означення вектора.
2. Дати аналітичне означення вектора.
3. Що називають векторним полем?
4. Дати означення похідної векторного поля за напрямом.
5. Що називають тензором?
6. Які напрями тензора називають головними?
7. Що є інваріантами 3-х вимірною тензора?
8. Як задати тензор аналітично?
9. Що розуміють під векторною лінією поля?
10. Дати інваріантне означення дивергенції векторного поля.
11. Дати аналітичне означення дивергенції векторного поля.

В аудиторії: №№ 34, 35, 36, 38, 39, 43, 42(a), 45 [309].

Додому: №№ 37, 41, 42(б, в), 44 [309].

Тема № 3. Потік векторного поля. Формула Остроградського.

Запитання для самоконтролю:

1. Що називають векторним полем?
2. Що називають потоком векторного поля через замкнену поверхню?
3. Сформулювати теорему Гауса про потік змінного вектора \vec{a} через довільну замкнену поверхню.
4. Дати інваріантне означення дивергенції векторного поля.
5. Дати аналітичне означення дивергенції векторного поля.

В аудиторії: №№ 50, 52, 53, 54, 56, 57, 59, 61 [309].

Додому: №№ 51, 55, 58 [309].

Тема № 4. Ротор векторного поля.

Запитання для самоконтролю:

1. Що називають циркуляцією вектора по замкненому контуру?
2. Що називають вихром вектора навколо певного напрямку в даній точці?

3. Дати інваріантне означення ротора змінного вектора \mathbf{c} .
4. Дати аналітичне означення ротора змінного вектора \mathbf{c} .
5. Як визначається проекція ротора змінного вектора \vec{a} на який-небудь напрямок?

В аудиторії: №№ 73, 74, 76 [309].

Додому: №№ 75 [309].

Тема № 5. Лінійний інтеграл і циркуляція векторного поля. Формула Стокса.

Запитання для самоконтролю:

1. Що називають лінійним інтегралом векторного поля?
2. Що називають циркуляцією векторного поля?
3. Сформулювати теорему Стокса про циркуляцію змінного вектора \vec{a} .
4. Дати інваріантне означення ротора змінного вектора \vec{a} .
5. Дати аналітичне означення ротора змінного вектора \vec{a} .

В аудиторії: №№ 77, 79, 80, 82, 83, 85, 86 [309].

Додому: №№ 78, 81, 84 [309].

Тема № 6. Похідна скалярного поля за напрямом. Скалярне поле в циліндричних та сферичних координатах.

Запитання для самоконтролю:

1. Що називають криволінійними координатами?
2. Дати означення криволінійної координатної поверхні?
3. Що називають криволінійною координатною лінією?
4. Записати формули зв'язку декартової та циліндричної системи координат, виконати малюнок.
5. Записати рівняння координатних поверхонь у циліндричній системі координат.
6. Записати рівняння координатних ліній у циліндричній системі координат.
7. Записати формули зв'язку декартової та сферичної системи координат, виконати малюнок.
8. Записати рівняння координатних поверхонь у сферичній системі координат.
9. Записати рівняння координатних ліній у сферичній системі координат.
10. Дати означення коефіцієнтів Ламе.
11. Розрахувати коефіцієнти Ламе для декартової системи координат.
12. Розрахувати коефіцієнти Ламе для циліндричної системи координат.
13. Розрахувати коефіцієнти Ламе для сферичної системи координат.
14. Дати означення похідної скалярного поля у циліндричній системі координат.
15. Дати означення похідної скалярного поля у сферичній системі координат.

16. Дати означення градієнта скалярного поля у циліндричній системі координат.

17. Дати означення градієнта скалярного поля у сферичній системі координат.

В аудиторії: №№ 94, 95, 96(б), 97(б) [309].

Додому: №№ 96(а), 97(а), 98 [309].

Тема № 7. Дивергенція і потік векторного поля в циліндричних і сферичних координатах.

Запитання для самоконтролю:

1. Дати інваріантне означення дивергенції векторного поля.
2. Дати означення потоку векторного поля у довільній криволінійній системі координат.
3. Дати означення потоку векторного поля у циліндричній системі координат.
4. Дати означення потоку векторного поля у сферичній системі координат.
5. Дати означення дивергенції векторного поля у довільній криволінійній системі координат.
6. Дати означення дивергенції векторного поля у циліндричній системі координат.
7. Дати означення дивергенції векторного поля у сферичній системі координат.

В аудиторії: №№ 99, 100, 103, 104, 105, 106 [309].

Додому: №№ 101, 102, 107 [309].

Тема № 8. Ротор і лінійний інтеграл векторного поля в циліндричних і сферичних координатах.

Запитання для самоконтролю:

1. Дати інваріантне означення ротора векторного поля.
2. Дати означення лінійного інтегралу векторного поля.
3. Дати означення лінійного інтегралу векторного поля у довільній криволінійній системі координат.
4. Дати означення лінійного інтегралу векторного поля у циліндричній системі координат.
5. Дати означення лінійного інтегралу векторного поля у сферичній системі координат.
6. Дати означення ротора векторного поля у довільній криволінійній системі координат.
7. Дати означення ротора векторного поля у циліндричній системі координат.
8. Дати означення ротора векторного поля у сферичній системі координат.

В аудиторії: №№ 118, 119, 121, 123, 124, 125 [309].

Додому: №№ 120, 122 [309].

Додаток И.5

Забезпечення самостійної роботи студентів

Таблиця И.5.1

Самостійна робота за темами курсу «Математичні методи фізики»

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
Змістовий модуль 1. Математична теорія поля		
1	Скалярне поле і моделі фізичних систем. Моделі фізичних систем	2
2	Векторні поля. Приклади фізичних задач: Знаходження густини середовища. Стаціонарне поле швидкостей.	4
3	Тензори та їх властивості. Тензорна алгебра ортогональних афінних векторів II рангу.	2
4	Ортогональні вектори і тензори в тривимірному і багатовимірному евклідових просторах. Вектори і тензори в n-вимірному просторі. Тензор деформації. Тензор напруг. Тензор інерції	6
5	Дивергенція векторного поля. Приклади розрахунку дивергенції плоских векторних полів.	2
6	Ротор векторного поля. Ротор вектора в декартових координатах. Теорема Стокса про циркуляцію змінного вектора по будь-якому замкненому контуру.	2
7	Оператори квантової фізики. Оператори і дії над ними. Лінійні оператори. Самоспряжені оператори. Комутовуючі оператори. Умови можливості одночасного вимірювання різних квантово-механічних величин. Повний набір спостережуваних. Основні оператори квантової механіки в координатному зображенні.	6
Контрольна робота		6
Тематична атестація №1		4
Колоквіум №1		4
Захист самостійного матеріалу, індивідуальних завдань		4
Захист домашніх завдань		4
Разом за змістовим модулем 1		46
Змістовий модуль 2. Рівняння математичної фізики		
13	Класифікація лінійних рівнянь. Фізичні задачі, які приводять до рівнянь в частинних похідних. Приклади фізичних задач, що приводять до лінійних рівнянь. Класифікація рівнянь другого порядку з багатьма незалежними змінними. Поняття про нелінійні рівняння математичної фізики. Поняття про інтегральні рівняння у фізиці.	6
14	Рівняння гіперболічного типу. Окремий випадок задачі Коші. Коливання струни скінченої довжини. Метод Фур'є (метод відокремлення змінних).	4
15	Рівняння параболічного типу. Рівняння теплопровідності для довгого тонкого стержня, загальний розв'язок.	4
16	Рівняння еліптичного типу. Рівняння Лапласа в криволінійній системі координат. Рівняння Лапласа в сферичних та циліндричних	6

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	координатах. Відтворювальна функція і поліноми Лежандра. Формула Родріга. Рекурентні співвідношення. Рівняння Лежандра. Розв'язування рівняння Лежандра. Сферичні і кульові функції. Поліноми Лагерра. Метод функцій Гріна. Рівняння Пуассона для електростатичного потенціалу та його загальний розв'язок. Задача про одновимірний гармонічний осцилятор.	
17	<i>Застосування теорії груп у фізиці.</i> Поняття теорії груп. Гармонічні коливання молекул. Правила відбору операторів квантової механіки	6
Колоквіум №2		6
Тематична атестація №2		6
<i>Разом за змістовим модулем 2</i>		38
<i>Усього годин</i>		84

Таблиця И.5.2

Перелік індивідуальних завдань репродуктивного типу за посібником [309]

№ з/п	Номери задач	№ з/п	Номери задач
1	9; 39; 73; 98; 109; 124	11	27; 46; 63; 88; 110; 124
2	18; 44; 72; 87; 110; 125	12	28; 47; 62; 89; 111; 125
3	19; 45; 71; 88; 111; 126	13	29; 48; 73; 90; 112; 126
4	20; 46; 70; 89; 112; 127	14	30; 49; 72; 91; 113; 127
5	21; 47; 69; 90; 113; 128	15	31; 39; 71; 92; 114; 128
6	22; 48; 68; 91; 114; 129	16	32; 44; 70; 93; 115; 129
7	23; 49; 67; 92; 115; 130	17	33; 45; 69; 99; 117; 130
8	24; 39; 66; 93; 116; 131	18	34; 44; 68; 87; 110; 131
9	25; 44; 65; 98; 117; 132	19	35; 45; 65; 88; 112; 132
10	26; 45; 64; 87; 109; 133	20	9; 48; 66; 91; 113; 133

Примітки: 1) № з/п співпадає з номером прізвища студента в академічному журналі групи; 2) завдання виконуються в окремому зошиті з детальним поясненням до кожної задачі.

Таблиця И.5.3

Перелік індивідуальних завдань частково-пошукового і дослідницького типу з курсу «Математичні методи фізики»

№ з/п	Завдання прикладного змісту	№ з/п	Професійно зорієнтовані завдання
1.	Відшукати та обґрунтувати варіативні теоретичні і експериментальні методи введення силових характеристик електромагнітного поля [330]	2.	Проаналізувати явище електромагнітної індукції на основі наукового методу пізнання [291]

№ з/п	Завдання предметно-інформаційного спрямування	№ з/п	Професійно зорієнтовані завдання
3.	Навести декілька обґрунтованих прикладів розв'язування звичайних диференціальних рівнянь чисельними методами [227]	11.	Дослідити дію тензодатчика [492]
4.	Розробити комп'ютерну модель явища переносу тепла (рівняння теплопровідності) [227]	12.	Запропонувати обґрунтований метод визначення поверхневого натягу рідин [492]
5.	Розробити комп'ютерну модель руху течії: витікання течії з посудини довільної форми [227]	13.	Визначити добротність математичного маятника [492]
6.	Розробити комп'ютерну модель переміщення заряджених часинок в електричному полі [227]	15.	Запропонувати унаочнювальний метод навчальної моделі досліду Боте [294]
7.	Розв'язати рівняння Пуассона для однорідного середовища чисельними методами [227]	16.	Дослідити і систематизувати варіативні експериментальні методи вивчення руху тіла під дією сили тяжіння, обґрунтувати та реалізувати на практиці один із них [297]
8.	Розв'язати рівняння Пуассона для неоднорідного середовища чисельними методами [227]	17.	Дослідити і систематизувати варіативні математичні моделі щодо вивчення основного закону динаміки, обґрунтувати одну з них [307]
9.	Виконати розрахунок магнітних полів чисельними методами [227]	18.	Дослідити залежність потужності у колах постійного струму від опору навантажень різного типу [333]
№ з/п	Професійно зорієнтовані завдання	19.	Виконати дослідження з визначення в'язкості рідини методом Стокса [319]
10	Дослідити пружні властивості твердих тіл [492]	20.	Дослідити властивості коливальної системи «Математичний маятник» [492]

Примітки: Вибір завдання не співпадає з № з/п прізвища студента в академічному журналі групи і є варіативним за вибором студента.

Додаток И.6

Оцінювання навчальної діяльності студентів

Таблиця И.6.1

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Критерії оцінювання виконання студентами домашніх завдань:

I. *Низький рівень* (1-2 бали). Зазначена кількість балів ставиться тоді, коли розв'язано правильно не більше 25 % завдань, які винесені на домашнє завдання, тобто за основними питаннями курсу ММФ, які підлягають контролю згідно даної навчальної програми. В інших задачах допущені грубі помилки, які показують, незадовільне засвоєння теоретичного матеріалу і не дають можливості правильно розв'язати задачу.

II. *Середній рівень* (3 бали). Зазначена кількість балів ставиться тоді, коли повністю і правильно розв'язано 50 % задач, які винесені на домашнє завдання, тобто за основними питаннями курсу ММФ, які підлягають контролю згідно даної навчальної програми. Або у всіх завданнях допущені помилки, які впливають на правильний загальний розв'язок задачі.

III. *Достатній рівень* (4 бали). Зазначена кількість балів ставиться тоді, коли розв'язані всі задачі, які винесені на домашнє завдання, тобто за основними питаннями курсу ММФ, які підлягають контролю згідно даної навчальної програми, але в розв'язках окремих задач допущені незначні описки, які суттєво не впливають на загальний розв'язок, який за своєю суттю повинен бути правильний. Запропонована кількість балів також ставиться, коли повністю і з хорошим поясненням розв'язано 75 % задач, які винесені на Д/з, а 25 % завдання розв'язані неповністю, але у решті задач відсутні навіть незначні помилки.

IV. *Високий рівень* (5 балів). Зазначена кількість балів ставиться тоді, коли студент правильно розв'язав усі задачі, які винесені на домашнє завдання,

тобто за основними питаннями курсу ММФ, які підлягають контролю згідно даної навчальної програми. Логічно і послідовно представлений за етапами розв'язок задач з відповідним поясненням, правильно виконані всі математичні перетворення в логічній послідовності, правильно зроблене чисельне обрахування результатів у вибраній системі одиниць (як правило, в системі СІ). Зроблено перевірку одержаного результату. Наведена логічна і ґрунтовна відповідь.

Середній бал за фізичні диктанти визначається врахувавши результати відповідей на теоретичні питання всіх практичних занять.

Критерії оцінювання відповідей студентів на теоретичні питання під час практичних занять (фізичні диктанти):

I. *Низький рівень* (1-2 бали). Теоретичний зміст курсу засвоєний лише фрагментарно. Відповідь студента при відтворенні навчального матеріалу елементарна, зумовлена нечіткими уявленнями про предмети і явища. Студент за допомогою викладача описує поняття, явища, процеси тощо або їх частини у зв'язаному вигляді без пояснення їх суттєвих ознак; називає поняття, явища, процеси; розрізняє позначення окремих величин. Зокрема, зазначена кількість балів ставиться, якщо в роботі допущено багато помилок, які показують низький рівень підготовки студента, не розуміння ним сутності фізичних явищ, не знання основних питань математичних методів фізики.

II. *Середній рівень* (3 бали). Теоретичний зміст курсу засвоєний частково. Знання неповні, поверхові, студент в цілому правильно відтворює навчальний матеріал, але недостатньо осмислено; знає основні теорії і факти, вміє наводити окремі власні приклади на підтвердження певних думок, але має проблеми з аналізом та формулюванням висновків, з розумінням фізичного змісту фізичних величин; частково контролює власні навчальні дії, здатний виконувати завдання за зразком. Студент може зі сторонньою допомогою пояснювати суть понять, явищ, процесів; виправляти допущені неточності (власні, інших студентів); виявляє елементарні знання основних положень (законів, понять, формул). Зокрема, зазначена кількість балів ставиться, якщо в завданнях допущені суттєві помилки, або друге завдання не виконано. При цьому перше завдання має бути виконане повністю, з усіма необхідними поясненнями.

III. *Достатній рівень* (4 бали). Теоретичний зміст курсу засвоєно повністю. Студент добре опанував вивчений матеріал, застосовує знання у стандартних ситуаціях, вміє проаналізувати й систематизувати інформацію, самостійно використовує традиційні докази із правильною аргументацією. Студент вміє дати ґрунтовну відповідь на поставлене запитання. Відповідь студента повна, логічна; розуміння пов'язане з одиничними образами, не

узагальнене. Володіє понятійним апаратом. Допускає незначні неточності чи не грубі фактичні помилки. Вміє виправляти допущені помилки. Студент вільно володіє вивченим матеріалом у стандартних ситуаціях, наводить приклади його практичного застосування та аргументи на підтвердження власних думок. Зокрема, зазначена кількість балів ставиться за умови, якщо під час виконання завдань допущені деякі недоліки, які загалом не впливають на загальний результат. Крім того, якщо під час виконання одного з завдань допущені помилки, але в тому випадку, якщо інші виконані бездоганно.

IV. Високий рівень (5 балів). Теоретичний зміст курсу засвоєно повністю. Студент має системні, повні, глибокі, міцні, узагальнені знання про предмети, явища, поняття, теорії, їхні суттєві ознаки та зв'язок останніх з іншими поняттями в обсязі та в межах вимог навчальної програми, усвідомлено використовує їх у стандартних та нестандартних ситуаціях. Уміє самостійно аналізувати та застосовувати основні положення теорії для вирішення нестандартних завдань, робити правильні висновки, приймати рішення. Студент вільно володіє вивченим програмовим матеріалом, уміло послуговується науковою термінологією, вміє опрацьовувати наукову інформацію; вміє самостійно поставити мету дослідження, знаходити нові факти, явища, ідеї, самостійно використовувати їх відповідно до поставленої мети, вказує шляхи її реалізації; робить аналіз та висновки. Зокрема, зазначена кількість балів ставиться за умови виконання всіх завдань. Відповідь на теоретичне завдання повинна бути повною, необхідно чітко сформулювати фізичне поняття відповідно до орієнтовних планів, дати чітке формулювання фізичної величини пояснюючи її фізичний зміст, закону чи залежності. Всі позначення на рисунках поясненні, показані їх функціональні залежності.

Середній бал за практичні заняття враховує роботу студентів під час практичних занять щодо розв'язування задач.

Критерії оцінювання відповідей студентів за практичний модуль:

I. Низький рівень (1-2 бали). Відповідь студента при відтворенні навчального матеріалу елементарна, зумовлена нечіткими уявленнями про предмети і явища; діяльність студента здійснюється під керівництвом викладача. Студент уміє розрізняти поняття, величини, явища, одиниці вимірювання з даної теми, розв'язувати завдання за допомогою викладача лише на відтворення основних алгоритмів, формул; здійснювати найпростіші математичні дії.

II. Середній рівень (3 бали). Необхідні практичні навички роботи з засвоєним матеріалом сформовані в основному рівні. Знання неповні, поверхові, студент в цілому правильно відтворює навчальний матеріал, але недостатньо осмислено; знає основні теорії і факти, вміє наводити окремі

власні приклади на підтвердження певних думок, але має проблеми з аналізом та формулюванням висновків; частково контролює власні навчальні дії, здатний виконувати завдання за зразком. Студент розв'язує типові завдання (за зразком), виявляє здатність обґрунтовувати деякі логічні кроки за допомогою викладача.

III. *Достатній рівень* (4 бали). Студент добре опанував вивчений матеріал, застосовує знання у стандартних ситуаціях, уміє проаналізувати й систематизувати інформацію, самостійно використовує традиційні докази із правильною аргументацією. Студент уміє дати ґрунтовну відповідь на поставлене запитання. Відповідь студента повна, логічна; розуміння пов'язане з одиничними образами, не узагальнене. Володіє понятійним апаратом. Допускає незначні неточності чи не грубі фактичні помилки. Уміє виправляти допущені помилки. Студент самостійно розв'язує типові завдання з даної теми, обґрунтовуючи обраний спосіб розв'язання.

IV. *Високий рівень* (5 балів). Студент має системні, повні, глибокі, міцні, узагальнені знання про предмети, явища, поняття, теорії, їхні суттєві ознаки та зв'язок останніх з іншими поняттями в обсязі та в межах вимог навчальної програми, усвідомлено використовує їх у стандартних та нестандартних ситуаціях. Уміє самостійно аналізувати та застосовувати основні положення теорії для вирішення нестандартних завдань, робити правильні висновки, приймати рішення. Має сформовані міцні практичні навички. Уміє самостійно аналізувати, оцінювати, узагальнювати опанований матеріал, самостійно добирати та користуватися джерелами інформації. Студент самостійно розв'язує комбіновані типові завдання стандартним або оригінальним способом, розв'язує нестандартні завдання.

Критерії оцінювання відповідей студентів на теоретичні питання (колоквіум або тематична атестація):

Під час оцінювання відповіді студента на теоретичне питання враховується:

висвітлення логічно відповідає змісту питань курсу; знання фактів до визначених елементів теорії та їх узагальнення; знання принципів і постулатів; виражати власну точку зору стосовно аналізу елементів курсу та наукового світогляду людства; вміння застосувати знання в новій ситуації.

Завдання, яке одержує студент може складати одне або два теоретичних запитання і запитання до висвітлення логічно завершеного елемента теорії з застосуванням математичного апарату.

I. *Низький рівень* (1 бал). Теоретичний зміст курсу засвоєний лише фрагментарно. Відповідь студента при відтворенні навчального матеріалу елементарна, зумовлена нечіткими уявленнями про предмети і явища;

діяльність студента здійснюється під керівництвом викладача. Студент за допомогою викладача описує поняття, явища, процеси тощо або їх частини у зв'язаному вигляді без пояснення їх суттєвих ознак; називає поняття, явища, процеси; розрізняє позначення окремих величин. Зокрема, зазначена кількість балів ставиться, якщо в роботі допущено багато помилок, які показують низький рівень підготовки студента, не розуміння ним сутності фізичних явищ, не знання основних питань ММФ. Таким чином оцінюється відповідь, що складає логічно не зв'язані фрагментарні відомості, які не дозволяють судити про розуміння суті відповіді; відсутність знань законів, постулатів і їх математичних виразів; невміння аналізувати зміст, складати план розв'язку.

II. *Середній рівень* (2-3 бали). Теоретичний зміст курсу засвоєний частково. Знання неповні, поверхові, студент в цілому правильно відтворює навчальний матеріал, але недостатньо осмислено; знає основні теорії і факти, вміє наводити окремі власні приклади на підтвердження певних думок, але має проблеми з аналізом та формулюванням висновків і наведенням доведень; частково контролює власні навчальні дії, здатний виконувати завдання за зразком. Студент може зі сторонньою допомогою пояснювати суть понять, явищ, процесів; виправляти допущені неточності (власні, інших студентів); виявляє елементарні знання основних положень (законів, понять, формул). Зокрема, зазначена кількість балів ставиться, якщо в завданнях допущені суттєві помилки, або друге завдання не виконано. При цьому перше завдання має бути виконане повністю, з усіма необхідними поясненнями. Таким чином оцінюється відповідь, в якій лише відтворено основні постулати й принципи, на яких ґрунтується зміст відповідей без математичного виведення лише фрагментарним описом окремих елементів. До задачі обґрунтовано зміст і визначено основні закони, постулати, теорії, що лежать в основі змісту й розв'язку.

III. *Достатній рівень* (4 бали). Теоретичний зміст курсу засвоєно повністю. Студент добре опанував вивчений матеріал, застосовує знання у стандартних ситуаціях, уміє проаналізувати й систематизувати інформацію, самостійно використовує традиційні докази із правильною аргументацією. Студент уміє дати ґрунтовну відповідь на поставлене запитання. Відповідь студента повна, логічна; розуміння пов'язане з одиничними образами, не узагальнене. Володіє понятійним апаратом. Допускає незначні неточності чи не грубі фактичні помилки. Уміє виправляти допущені помилки. Студент вільно володіє вивченим матеріалом у стандартних ситуаціях, наводить приклади його практичного застосування та аргументи на підтвердження власних думок. Зокрема, зазначена кількість балів ставиться за умови, якщо під час виконання завдань допущені деякі недоліки, які загалом не впливають на загальний

результат. Крім того, якщо під час виконання одного з завдань допущені помилки, але в тому випадку, якщо інші виконані бездоганно. Таким чином оцінюється результат діяльності студент, коли неповне відтворення відповіді, пов'язане з випущенням або нерозумінням одного-двох положень, постулатів, принципів і невмінням визначити їх за довідниками, посібниками. Допущення однієї помилки при розв'язуванні задачі, використання необґрунтованого прийому чи способу.

IV. Високий рівень (5 балів). Теоретичний зміст курсу засвоєно повністю. Студент має системні, повні, глибокі, міцні, узагальнені знання про предмети, явища, поняття, теорії, їхні суттєві ознаки та зв'язок останніх з іншими поняттями в обсязі та в межах вимог навчальної програми, усвідомлено використовує їх у стандартних та нестандартних ситуаціях. Уміє самостійно аналізувати та застосовувати основні положення теорії для вирішення нестандартних завдань, робити правильні висновки, приймати рішення. Студент вільно володіє вивченим програмовим матеріалом, уміло послуговується науковою термінологією, вміє опрацьовувати наукову інформацію; вміє самостійно поставити мету дослідження, знаходити нові факти, явища, ідеї, самостійно використовувати їх відповідно до поставленої мети, вказує шляхи її реалізації; робить аналіз та висновки. Зокрема, зазначена кількість балів ставиться за умови виконання всіх завдань. Відповідь на теоретичне завдання повинна бути повною, необхідно чітко сформулювати фізичне поняття відповідно до орієнтовних планів, навести приклади, що його підтверджують, дати чітке формулювання фізичної величини, закону чи залежності, де це поняття використовується в оцінці об'єкту вивчення. Отже, студент: виявляє правильне розуміння змісту розглядуваних елементів теорії і закономірностей, дає точне визначення і тлумачення основних понять, законів і теорій, а також правильне визначення математичних і фізичних величин, будує відповідь за власним планом, супроводжує розповідь власними прикладами, вміє застосувати знання в новій ситуації, при виконанні практичних завдань; може встановити зв'язок між матеріалом, що вивчається, і раніше вивченим.

При оцінюванні письмових робіт (тематична атестація) враховується частка завдань, які виконані вірно.

Критерії оцінювання письмових контрольних робіт:

I. Низький рівень (1 бал). Зазначена кількість балів ставиться тоді, коли розв'язано правильно не більше 25 % завдань. В інших задачах допущені грубі помилки, які показують, незадовільне засвоєння теоретичного матеріалу і не дають можливості правильно розв'язати задачу. Також зазначена кількість балів ставиться, коли правильно записана коротка умова задачі та наведений рисунок до всіх запропонованих у контрольній роботі задач.

II. *Середній рівень* (2-3 бали). Зазначена кількість балів ставиться тоді, коли повністю і правильно розв'язано 50 % задач. Або у всіх завданнях (за умови правильного запису короткої умови задачі та наведення рисунку) допущені помилки, які впливають на правильний загальний розв'язок задачі. Також зазначена кількість балів ставиться тоді, коли студент вміє розв'язувати задачі і вправи на 1-3 кроки репродуктивного характеру.

III. *Достатній рівень* (4 бали). Зазначена кількість балів ставиться тоді, коли розв'язані всі задачі, які винесені на контрольну роботу, але в розв'язках окремих задач допущені незначні описки, які суттєво не впливають на загальний розв'язок, який за своєю суттю повинен бути правильний. Запропонована кількість балів також ставиться, коли повністю і з хорошим поясненням розв'язано 75 % задач, які винесені на контрольну роботу, а 25 % завдання розв'язані неповністю, але у решті задач відсутні навіть незначні помилки. Також зазначена кількість балів ставиться тоді, коли студент засвоїв теоретичний матеріал, може самостійно розв'язувати задачі на 4 й більше логічних кроків репродуктивного характеру.

IV. *Високий рівень* (5 балів). Зазначена кількість балів ставиться тоді, коли студент правильно розв'язав усі задачі, які винесені на домашнє завдання, тобто за основними питаннями курсу ММФ, які підлягають контролю згідно даної навчальної програми. Логічно і послідовно представлений за етапами розв'язок задач з відповідним поясненням, правильно виконані всі математичні перетворення в логічній послідовності, правильно зроблене чисельне обрахування результатів у вибраній системі одиниць (як правило, в системі СІ). Зроблено перевірку одержаного результату. Наведена логічна і ґрунтовна відповідь. Також зазначена кількість балів ставиться тоді, коли студент вільно володіє теоретичним матеріалом (законами, формулами), що проявляється у самостійному розв'язку задач на 4 й більше логічних кроків.

Критерії оцінювання виконання студентами індивідуальних завдань:

I. *Низький рівень* (1-2 бали). Зазначена кількість балів ставиться тоді, коли розв'язано правильно не більше 25 % завдань. В інших задачах допущені грубі помилки, які показують, незадовільне засвоєння теоретичного матеріалу і не дають можливості правильно розв'язати задачу. Також зазначена кількість балів ставиться, коли правильно записана коротка умова задачі та наведений рисунок до всіх запропонованих у контрольній роботі задач.

II. *Середній рівень* (3 бали). Зазначена кількість балів ставиться тоді, коли повністю і правильно розв'язано 50 % задач, які винесені на індивідуальне завдання. Або у всіх завданнях допущені помилки, які впливають на правильний загальний розв'язок задачі. Також зазначена кількість балів ставиться тоді, коли студент вміє розв'язувати задачі і вправи на 1-3 кроки

репродуктивного характеру.

III. *Достатній рівень* (4 бали). Зазначена кількість балів ставиться тоді, коли розв'язані всі задачі, які винесені на індивідуальне завдання. Запропонована кількість балів також ставиться, коли повністю і з хорошим поясненням розв'язано 75 % задач, які винесені на індивідуальне завдання, а 25 % завдання розв'язані неповністю, але у решті задач відсутні навіть незначні помилки. Також зазначена кількість балів ставиться тоді, коли студент засвоїв теоретичний матеріал, може самостійно розв'язувати задачі на 4 й більше логічних кроків репродуктивного характеру.

IV. *Високий рівень* (5 балів). Зазначена кількість балів ставиться тоді, коли студент правильно розв'язав усі задачі, які винесені на індивідуальне завдання. Логічно і послідовно представлений за етапами розв'язок задач з відповідним поясненням, правильно виконані всі математичні перетворення в логічній послідовності, правильно зроблене чисельне обрахування результатів у вибраній системі одиниць (як правило, в системі СІ). Зроблено перевірку одержаного результату. Наведена логічна і ґрунтовна відповідь. Також зазначена кількість балів ставиться тоді, коли студент вільно володіє теоретичним матеріалом (законами, формулами), що проявляється у самостійному розв'язку задач на 4 й більше логічних кроків.

Кінцевий результат обчислюється як сумарний бал за всі модулі (діє система накопичення балів).

Бал можна підвищити за рахунок розробки навчального проекту з одного із запропонованих питань (5 балів).

Додаток К

Матеріали впровадження методичної системи навчання математичних
методів фізики

Додаток К.1

Програма навчальної дисципліни «Вибрані питання теоретичної фізики»

ЗАТВЕРДЖЕНО
Наказ МОНМС України 29.03.2012 № 384
(у редакції наказу МОН України від 05.06.2013 № 683)
Форма № Н-3.03

Кіровоградський державний педагогічний університет
імені Володимира Винниченка

Вибрані питання теоретичної фізики
(назва навчальної дисципліни)

Програма

навчальної дисципліни

підготовки _____ спеціаліст _____

(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

напряму _____ 7.04020301 Фізика* _____

(шифр і назва напряму)

спеціальності _____

(шифр і назва спеціальності)

(шифр за ОПП ПП.07.01)

РОЗРОБЛЕНО ТА ВНЕСЕНО: Кіровоградський державний педагогічний університет
імені Володимира Винниченка

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: к.пед.н., доц. Подопрігора Наталія Володимирівна,
доцент кафедри фізики та методики її викладання _____

Обговорено та рекомендовано до затвердження Вченою радою факультету
«28» серпня 2014 року, протокол №1

Голова Вченої ради факультету



(підпис)

Ріжняк Р.Я.
(прізвище, ініціали)

Вступ

Програма вивчення навчальної дисципліни «Вибрані питання теоретичної фізики» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки спеціаліста спеціальності «7.04020301 Фізика*», додаткова спеціальність 7.04030201 Інформатика*».

Предметом вивчення навчальної дисципліни є математичні моделі макроскопічних і мікроскопічних фізичних систем, які здатні замінити реальні фізичні об'єкти.

Міждисциплінарні зв'язки: Дисципліна «Вибрані питання теоретичної фізики» вивчається у тісному дидактичному зв'язку із дисциплінами циклів природничо-наукової та фундаментальної (математичний аналіз, аналітична геометрія та лінійна алгебра, основи

векторного і тензорного аналізу, диференціальні та інтегральні рівняння, основи теорії ймовірностей та математичної статистики, загальна фізика) та професійної і практичної підготовки (математичні методи фізики, методика навчання фізики), засвоєння яких необхідно майбутнім вчителям фізики для формування в них відповідної предметної та професійно-педагогічної компетентностей.

Програма навчальної дисципліни складається з таких змістових модулів:

1. Вибрані питання теоретичної фізики
2. Фізика атомного ядра
3. Фізика елементарних частинок

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни «Вибрані питання теоретичної фізики» визначається метою освітньо-професійної програми (ОПП) підготовки спеціаліста спеціальності «Фізика*» та змістом тих системних знань і умінь, які передбачає освітньо-кваліфікаційна характеристика (ОКХ). В процесі організації навчальної діяльності студентів орієнтуватись, перш за все, на кінцевий результат, визначаючи основні його цілі, – навчальну, дидактичну, розвивальну і виховну, спрямовані на забезпечення діагностично поставленої мети, не позбавляючи себе можливості управління навчальною діяльністю. Зокрема, щодо:

- формування та розвиток у студентів наукових знань і вмінь, необхідних і достатніх для розуміння явищ і процесів, які відбуваються у природі на макроскопічному та мікроскопічному рівнях, знання основ ядерної фізики і фізики елементарних частинок та вміння застосовувати ці знання до розв'язування задач відповідних розділів за допомогою стандартних (аналітичних) і нестандартних (синтетичних) методик;
- формування концептуальних і теоретичних основ фізики як науки, її місця в загальній системі наук і цінностей у процесі навчальної діяльності (з притаманними їй навчальними, розвивальними й виховними функціями);
- організація навчання теоретичній фізиці на основі єдності теоретичної та практичної складових підготовки майбутніх учителів фізики;
- формування у студентів вмінь математичного моделювання фізичних явищ і процесів;
- формування у студентів абстрактного і логічного типу мислення, уміння користуватись методами індукції та дедукції, аналізу й синтезу, робити висновки та узагальнення;
- формування у студентів уміння систематизувати здобуті знання про фізичні явища і процеси, використання їх у техніці;
- формування у студентів наукового світогляду і діалектичного типу мислення;
- озброєння студентів раціональним методологічним підходом до пізнавальної і практичної діяльності;
- формування у студентів вміння працювати з інформацією, розвиток їх комунікативних здібностей; позитивної мотивації до навчання;
- виховання екологічного мислення і поведінки, національної свідомості і патріотизму, працелюбності та наполегливості.

Кінцева мета вивчення дисципліни «Вибрані питання теоретичної фізики» спрямована на формування у студентів кількісного узагальненого бачення теоретичних підходів до опису фізичних систем. Особлива увага приділяється універсальності законів збереження і їх зв'язку із принципами симетрій у класичній механіці, класичній і квантовій електродинаміці, квантовій механіці, ядерній фізиці, теорії відносності тощо). Сформувані комплексне представлення про співвідношення невизначеностей на засадах наступності і циклічності навчання фізики у педагогічному університеті. Презентувати варіативність методів введення співвідношень невизначеностей, що уможливує їх застосування до виконання напівкількісних оцінок явищ мікросвіту, узгодити корпускулярні та хвильові властивостей мікрочастинок, виявити критерії застосовності до них понять класичної механіки.

Підкреслити фундаментальність співвідношень невизначеностей під час їх отримання щодо прояву хвильових властивостей макроскопічних фізичних систем. Розглянути теоретичні основи ядерної фізики та фізики елементарних частинок. Вивчення дисципліни передбачає, отримання знань та вмінь, які необхідні майбутньому вчителю фізики в його майбутній професійній діяльності.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни «Вибрані питання теоретичної фізики»: Розглянути ряд фізичних явищ і процесів, що вивчались у школі і курсі загальної фізики, використовуючи основні загальні теоретичні підходи і показати, що одержані висновки не заперечують висновкам шкільної та експериментальної фізики, а розширюють і доповнюють їх, створюючи у студентів цілісне уявлення про науковий підхід у дослідженні фізичних явищ і процесів. Розширене і більш загальне тлумачення та аналіз основних фізичних понять, що розглядались у школі і курсі загальної фізики за змістом програми дисципліни. Встановлення більш строгих рамок і критеріїв існування і використання фізичних законів, спираючись на основні загальні положення. Пояснення нових досягнень фізики та їх використання у науці і техніці.

1.3. Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні:

знати: завдання і методи теоретичної фізики як науки, структуру фізичної теорії в її історико-генезисному розвитку, роль експерименту в теоретичній фізиці; завдання і методи теоретичної фізики за відповідними темами курсу;

уміти: розв'язувати фізичні задачі за допомогою аналітичних та прикладних методик аналізу основних математичних моделей ядерної фізики за відповідними темами.

На вивчення навчальної дисципліни відводиться 144 години 4 кредити ЄКТС.

2. Інформаційний обсяг навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Вибрані питання теоретичної фізики

Тема 1. Предмет і методи фізики як науки.

Предмет і методи фізики як науки, її зв'язок з іншими дисциплінами. Фізичний експеримент і фізичні закони, фундаментальні постійні. Фізичні системи. Характерні швидкості в природі, нерелятивістські і релятивістські процеси. Масштабні рівні матерії: мегасвіт, макросвіт, мікросвіт. Фундаментальні взаємодії. Фізичні теорії, їх класифікація. Принцип відповідності. Динамічні і статистичні теорії. Стани фізичної системи і фізичні явища. Принцип причинності і рівняння руху.

Тема 2. Закони збереження у фізиці, їх зв'язок з симетріями простору і часу

Як одержуються закони збереження в класичній механіці. Закони збереження в мікросвіті. Їх зв'язок із симетріями простору-часу. Означення симетрії – однорідності і ізотропності простору, однорідності часу. Одержання законів збереження з симетрій простору і часу.

Закон збереження електричного заряду та його зв'язок з принципами симетрії: Градієнтна інваріантність електромагнітного поля у класичній електродинаміці. Закон збереження електричного заряду у квантовій механіці як наслідок симетрії хвильової функції при зміні її квантово-механічної фази. Закон збереження електричного заряду у квантовій електродинаміці як наслідок калібрувального перетворення першого роду оператора електричного заряду. Релятивістсько-інваріантне узагальнення закону збереження електричного заряду.

Тема 3. Фундаментальне значення співвідношень невизначеностей

Варіативність методів введення співвідношень невизначеностей. Застосування співвідношень невизначеностей до ряду мікро- і макросистем: Співвідношення невизначеностей для частоти і часу, що є наслідком взаємодії хвиль та коливальних систем. Співвідношення невизначеностей для координати і хвильового числа. Співвідношення невизначеностей для макротіл. Співвідношення невизначеностей для координати і імпульсу та вимірювальні прилади. Співвідношення невизначеностей для енергії і часу. Оцінка основного стану осцилятора за допомогою невизначеностей Гейзенберга.

Змістовий модуль 2. Фізика атомного ядра

Тема 1. Вступ. Масштабні рівні мікросвіту. Місце фізики високих енергій серед природничих наук. Коротка історія розвитку ядерної фізики та фізики елементарних частинок.

Тема 2. Основні властивості атомних ядер. Протонно-нейтронний склад ядер. Нуклон і поняття про формалізм ізоспіну. Основні характеристики ядер: маса, енергія зв'язку, спин, магнітний момент, дипольний момент. Розміри і форма ядер. Властивості ядерних сил: величина, радіус дії, ізотопічна інваріантність, спінова залежність, обмінний характер, насичення, інваріантність відносно просторової інверсії. Поняття про мезонну теорію ядерних сил. Ядерні моделі. Краплинна модель ядра. Напівемпірична формула для енергії зв'язку. Магічні числа і стабільність ядер. Модель ядерних оболонок.

Методи дослідження в ядерній фізиці: прискорювачі заряджених частинок, детектори частинок, мас-спектрометрія, радіоспектрометрія.

Тема 3. Радіоактивність і ядерні реакції. Радіоактивність. Закон радіоактивного розпаду. Середній час життя ядра. Вікове (секулярне) рівняння. Елементарна теорія α -розпаду. Елементарна теорія β -розпаду. Закон збереження парності. Комбінована парність СРТ-теорема. Механізм γ -випромінювання. Ефект Месбауера та його застосування. Ядерні реакції та їх класифікація. Ефективний переріз реакцій. Теорія ендотермічної реакції. Прямі процеси. Реакції через складне ядро. Резонансні процеси. Поділ важких ядер. Аналіз процесу поділу на основі краплинної моделі. Бар'єр поділу. Вторинні нейтрони. Ланцюгові реакції. Термоядерні реакції.

Тема 4. Ядерна енергетика. Принцип дії і типи ядерних реакторів.

Ядерні реактори на теплових і швидких нейтронах. Відтворення ядерного пального.

Взаємодія ядерного випромінювання з речовиною: втрати енергії заряджених частинок при проходженні через середовище. Середня довжина пробігу. Іонізація речовини. Середня енергія та утворення однієї пари іонів. Проходження через речовину γ - променів. Взаємодія нейтронів з речовиною.

Дія ядерного випромінювання на структуру речовини. Хімічна дія ядерного випромінювання. Біологічна дія випромінювання. Дозиметрія і захист.

Прикладна ядерна фізика. Застосування радіоактивних випромінювань в науці і техніці.

Ядерна космофізика. Джерела енергії та еволюція зірок. Походження хімічних елементів. Космічні промені та їх взаємодія з магнітосферою Землі.

Іонізуюча радіація в нашому житті.

Ядерна енергетика та екологія.

Змістовий модуль 3. Фізика елементарних частинок

Тема 1. Властивості елементарних частинок. Класифікація елементарних частинок. Характеристики елементарних частинок. Закони збереження у фізиці елементарних частинок. Кварки, їх характеристики. Кварк-лептонна симетрія. Елементарні теорії фундаментальних взаємодій: ЕМ-взаємодія і механізм ЕМВ; Слабка взаємодія. Носії слабкої взаємодії. Основні типи перетворень, що викликають слабку взаємодію; електрослабка взаємодія.

Квантова структура адронів і квантова хромодинаміка.

Тема 2. Сучасні погляди на структуру матерії.

Сучасні погляди на структуру матерії. Поняття про єдині теорії. Велике об'єднання і можлива нестабільність протона. Фундаментальні фізичні константи і єдина теорія взаємодій.

Теорія елементарних частинок і космологія.

Сучасна фізична картина світу. Досягнення і проблеми сучасної фізики. Роль українських вчених у розвитку фізики.

3. Рекомендована література

Базова

1. Альперін М.М. Теоретична фізика. Фізика ядра і елементарних частинок / Альперін М.М., Манакін Л.О. – К.: Вища школа, 1979. – 151 с.

2. Вальтер А.К. Ядерная физика / Вальтер А.К., Залюбовский И.И. – Х.: Основа, 1991. – 486 с.
3. Иродов И.Е. Сборник задач по атомной и ядерной физике / И.Е. Иродов. – М.: Атомиздат, 1971. – 232 с.
4. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: [в 2-х т.] / К.Н. Мухин. – М.: Атомиздат, 1974. – Т.1: Физика атомного ядра. – 1974. – 584 с.
5. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: [в 2-х т.] / К.Н. Мухин. – М.: Атомиздат, 1974. – Т.2: Физика элементарных частиц. – 1974. – 338 с.
6. Наумов А.И. Физика атомного ядра и элементарных частиц / А.И. Наумов. – М.: Просвещение, 1984. – 384 с.

Допоміжна

7. Королёв Ф.А. Курс физики: Оптика. Атомная и ядерная физика. – М.: Просвещение, 1976. – 608 с.
8. Подопригора Н.В. Вивчення симетрій майбутніми вчителями фізики / Н.В. Подопригора, М.І. Садовий, О.М. Трифонова // Збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини (Педагогічні науки). – 2012. – Ч. 4. – С. 288-297.
9. Подопригора Н.В. Комплексне представлення співвідношень невизначеностей у процесі підготовки майбутніх учителів фізики / Н.В. Подопригора // Science and Education a New Dimension. Pedagogy and Psychology. – 2014. – II (13), Issue: 26. – P. 48-54. – Режим доступу: www.seanewdim.com
10. Подопригора Н.В. Прикладна спрямованість вивчення співвідношення невизначеностей / Н.В. Подопригора, О. Мірошниченко // Наукові записки. Серія: Педагогічні науки. – 2005. – Вип. 60. – Ч. 1. – С. 276-283. – (КДПУ ім. В. Винниченка).
11. Подопригора Н.В. Секулярне рівняння в теорії ядра як прикладна спрямованість математичних методів фізики у педагогічному університеті / Н.В. Подопригора // Управління якістю підготовки майбутнього вчителя фізико-технологічного профілю: міжнар. наук. Інтернет-конф., 01-15 черв. 2014 р.: тези доп. – Кам'янець-Подільський, 2014. – Режим доступу: <http://www.mvf.kam-pod.org>; <http://www.kpdu.edu.ua>
12. Сивухин В.Д. Общий курс физики. Ч. 2. Атомная и ядерная физика. – М.: Наука, 1989. – 415 с.
13. Тарасов В.Е. Вывод соотношения неопределенностей для квантовых гамильтоновых систем / В.Е. Тарасов // Московское научное образование – 2001. – № 10. – С. 3-6.
14. Heisenberg, W. Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik // Zeitschrift für Physik. – 1927. – Vol. 43, Issue 3-4. – P. 172-198.

4. Форма підсумкового контролю успішності навчання екзамен

5. Засоби діагностики успішності навчання: перелік теоретичних запитань з теми практичного заняття для усного або письмового опитування; перелік задач для розв'язування під час практичних занять та самостійного розв'язування удома; перелік запитань до складання колоквиуму; текст контрольної роботи (тестові завдання, задачі (розрахункові, середньої складності); індивідуальні завдання (теми рефератів); екзаменаційні білети (перелік теоретичних питань і задач за програмою дисципліни).

Примітки:

1. Програма навчальної дисципліни визначає місце і значення навчальної дисципліни, її загальний зміст та вимоги до знань і вмінь. Програма вибіркової навчальної дисципліни розробляється вищим навчальним закладом.
2. Програма навчальної дисципліни розробляється на основі освітньо-професійної програми.
3. Форма призначена для складання робочої програми навчальної дисципліни.
4. Вищими навчальними закладами можуть вноситися зміни до форми та змістового наповнення «Програми навчальної дисципліни» залежно від специфіки та профілю вищого навчального закладу.
5. Формат бланка – А4 (210×297 мм).

Директор департаменту вищої освіти

Ю. М. Коровайченко

Додаток К.2

Анкета для виявлення причин низького рівня сформованості математичної компетентності з фізики

1. Що на Вашу думку є визначальною характеристикою лекції з теоретичної фізики:

а) доступність; б) математичне унаочнення; в) науковість; г) умотивованість.

2. На лекціях з теоретичної фізики, як правило, Ви:

а) старанно записуєте матеріал; б) автоматично записуєте, не заглиблюючись у суть; в) записуєте лише те, що розумієте; г) лише слухаєте, а вдома самостійно складаєте конспект і доопрацьовуєте матеріал.

3. Що сприяє кращому розумінню Вами лекційного матеріалу з теоретичної фізики?

а) математична підготовка з курсу математичних методів фізики; б) підготовка з курсу загальної фізики; в) підготовка з математики; г) попереднє опрацювання матеріалу теми лекції.

4. Що саме збуджує у Вас інтерес на лекційних заняттях з теоретичної фізики?

а) використання викладачем історичного матеріалу фундаментальних досліджень; б) приклади практичного застосування отриманих знань; в) проблемний виклад навчального матеріалу; г) представлення узгодженості теоретичних і експериментальних досліджень у фізиці.

5. Що, на Вашу думку, сприяє глибшому розумінню і усвідомленню навчального матеріалу на лекціях з теоретичної фізики?

а) детальний математичний аналіз теоретичної моделі фізичної системи, явища або процесу; б) якісний аналіз наслідків математичного моделювання фізичної системи, явища або процесу; в) обґрунтування доцільності математичного моделювання фізичної системи та наслідків її практичного використання; г) лаконічність викладання навчального матеріалу.

6. На лекційному занятті Ви усвідомленіше опановуєте методами математичного моделювання фізичних систем:

а) під час математичного аналізу та обговорення результатів моделювання; б) під час вирішення навчальних проблемних ситуацій; в) під час обговорення побудови і результатів віртуального експерименту (комп'ютерного моделювання) із залучення чисельних математичних методів, математичних пакетів тощо; г) інше.

7. На практичних заняттях з теоретичної фізики Вам подобається:

а) розв'язувати стандартні задачі із залученням варіативних математичних методів; б) задачі практичного спрямування із можливістю експериментальної перевірки наслідків математичного моделювання у навчальних лабораторіях з використанням фізичного обладнання; в) розв'язувати задачі з використанням комп'ютерного моделювання або прикладного програмного забезпечення; г) інше.

8. Які індивідуальні завдання з теоретичної фізики Ви виконуєте з

цікавістю та задоволенням? Виконання завдання:

а) теоретичного спрямування (написання реферату, розв'язання нестандартних фізичних задач і ін.); б) практичного спрямування із можливістю проведення реального фізичного експерименту; в) практичного спрямування із можливістю проведення віртуального фізичного експерименту із залученням комп'ютерної техніки; г) професійного спрямування із можливістю адаптації змісту і методів їх розв'язання у площині шкільних умов.

9. Для того, щоб виконати індивідуальне завдання з теоретичної фізики Вам потрібна стороння допомога?

а) ні, оскільки всі аналогічні завдання ми виконуємо на практичних заняттях; б) так, оскільки зміст більшості з них стосується тієї частини програми, що виноситься на самостійне опрацювання; в) так, тому що на практичних заняттях розв'язуються завдання, які є на багато простішими; г) так, оскільки виконання таких завдань потребує знань з інших навчальних дисциплін.

10. Чи завжди Ви виконуєте індивідуальні завдання з теоретичної фізики?

а) так, бо вони є обов'язковими для виконання і впливають на підсумкову оцінку з дисципліни; б) інколи, бо вони є необов'язковими для виконання і впливають на підвищення рейтингу підсумкової оцінки з дисципліни; в) так, якщо вони є корисними у майбутній професійній діяльності; г) інше.

11. Як Ви вважаєте, чи є необхідність у використанні комп'ютерної техніки при вивченні курсу теоретичної фізики?

в) так, особливо при засвоєнні нового матеріалу із залучення мультимедійних засобів; б) так, особливо під час проведення тестового контролю знань; в) так, особливо при обробці та інтерпретації результатів виконання індивідуальних завдань із залученням засобів фізичного експерименту; г) так, особливо при виконанні індивідуальних завдань із залученням засобів комп'ютерного моделювання фізичних систем.

12. Під час вивчення теоретичної фізики Ви найбільш продуктивно працюєте:

а) на лекційних заняттях; б) на практичних заняттях; в) самостійно, під час виконання індивідуальних завдань; г) інше.

13. Який вид навчальної діяльності Вам найбільше подобається під час вивчення теоретичної фізики?

а) вивчення теоретичного матеріалу; б) розв'язування фізичних задач; в) самостійне виконання індивідуальних завдань; г) колективне виконання навчального проекту.

14. Які завдання, винесені на самостійне опрацювання з теоретичної фізики, Вам цікаво виконувати?

а) розв'язування нестандартних задач; б) пошук історичних фактів під час вивчення теоретичного матеріалу; в) із можливістю виконання дослідів і спостережень; г) із можливістю залучення комп'ютерної техніки.

Додаток К.3

Тематика навчально-дослідницьких проектів для формування в студентів математичної компетентності з фізики

К.3.1. Дослідження процесів переносу тепла

План:

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. ОСНОВИ ТЕОРІЇ ТОПЛООБМІНУ

1.1. Види теплообміну.

1.2. Загальні поняття процесів теплообміну.

1.3. Основні закони теплообміну.

Висновки до розділу 1

РОЗДІЛ 2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ
ТЕПЛООБМІНУ

2.1. Основні принципи дослідження процесів.

2.2. Варіативність експериментальних методів дослідження різних видів
теплообміну.

2.3. Експериментальні методи дослідження теплопровідності.

Висновки до розділу 2

РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛООБМІНУ

3.1. Основи моделювання фізичних явищ.

3.2. Математичне моделювання явища переносу тепла: рівняння
теплопровідності.

3.3. Комп'ютерне моделювання явища переносу тепла (чисельні методи
розв'язання рівняння теплопровідності).

ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ДОДАТКИ

Рекомендована література

1. Волчанський О.В. Термодинаміка і статистична фізика: навч. посібник [для студ. фізич. спец. вищ. пед. навч. закл.] / Волчанський О.В., Подопрігора Н.В., Гур'євська О.М. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2012. – 428 с.

2. Лабораторний практикум з курсу загальної фізики. Ч.2 : Молекулярна фізика: Навчально-методичний посібник / [Царенко О.М., Сальник І.В., Подопрігора Н.В. і ін.]; за ред. О.М. Царенка, І.В. Сальник. – Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2010. – 96 с.

3. Майер Р.В. Компьютерное моделирование : [учеб.-метод пособие для студ. пед. вузов] / Майер Р.В. – Глазгов : ГОУ ВПО «Глазовский гос. пед. ин-т им. В.Г. Короленко», 2014. – 531 с.

4. Подопригора Н.В. Математичні методи фізики: навч. посібник [для студ. ф.-м. фак. вищ. пед. навч. закл.] / Подопригора Н.В., Трифонова О.М., Садовий М.І. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2012. – 300 с.

5. Сахин В.В. Исследование процессов теплообмена : учебный практикум / В.В. Сахин. – СПб: Балт. гос. тех. ун-т, 2003. – 190 с.

К.3.2. Рух заряджених частинок в електричному полі

План:

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. ОСНОВИ ТЕОРІЇ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ

1.1. Електричне поле як вид матерії. Характеристики електричного поля.

1.2. Закони електростатики.

1.3. Робота при переміщенні заряджених частинок в електричному полі.

Висновки до розділу 1

РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ ЧАСТИНКИ В ЕЛЕКТРИЧНОМУ ПОЛІ

2.1. Основні принципи дослідження руху частинки в електричному полі.

2.2. Експериментальні методи дослідження руху частинки в електричному полі.

2.3. Фізичні основи роботи осцилографа.

2.4. Прискорювачі заряджених частинок.

2.5. Практична реалізація досліджень: електрофорез.

Висновки до розділу 2

РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ЧАСТИНКИ В ЕЛЕКТРИЧНОМУ ПОЛІ

3.1. Основи моделювання фізичних явищ.

3.2. Математичне моделювання руху заряджених частинок в електричному полі.

3.3. Комп'ютерне моделювання руху заряджених частинок в електричному полі.

Висновки до розділу 3.

ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ДОДАТКИ

Рекомендована література

1. Кучерук І.М. Загальна фізика. Електрика і магнетизм: учбове видання / І.М. Кучерук, І.Т. Горбачук. – К. : Вища школа, 1990. – 367 с.

2. Лабораторний практикум з курсу загальної фізики. Ч.3: Електрика і магнетизм: Навчально-методичний посібник / [Царенко О.М., Сальник І.В., Сазонова О.О. і ін.]; за ред. О.М. Царенка, І.В. Сальник. – Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2012. – 103 с.

3. Майер Р.В. Компьютерное моделирование : [учеб.-метод пособие для студ. пед. вузов] / Майер Р.В. – Глазгов : ГОУ ВПО «Глазовский гос. пед. ин-т им. В.Г. Короленко», 2014. – 531 с.

4. Наумов А.И. Физика атомного ядра и элементарных частиц / А.И. Наумов. – М.: Просвещение, 1984. – 384 с.

5. Рябуха О.І. Фізичні основи електролікування [Електронний ресурс] / О.І. Рябуха // Курс лекцій «Основи медичних знань» – Режим доступу : http://3w.ldufk.edu.ua/files/kafedry/zdorov_lyudyny/fizioterap/lek/lek_2.pdf

К.3.3. Рух заряджених частинок в магнітному полі

План:

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. ОСНОВИ ТЕОРІЇ МАГНІТНОГО ПОЛЯ

1.1. Магнітне поле як вид матерії. Характеристики магнітного поля.

1.2. Основні закони магнітостатики.

1.3. Переміщення заряджених частинок в магнітному полі.

Висновки до розділу 1

РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ ЧАСТИНКИ В МАГНІТНОМУ ПОЛІ

2.1. Основні принципи дослідження руху частинки в магнітному полі.

2.2. Експериментальні методи дослідження руху частинки в магнітному полі.

2.3. Принцип дії циклічних прискорювачів заряджених частинок.

2.4. Електронний мікроскоп.

Висновки до розділу 2

РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ЧАСТИНКИ В МАГНІТНОМУ ПОЛІ

3.1. Основи моделювання фізичних явищ.

3.2. Розрахунок магнітних полів чисельними методами.

3.3. Комп'ютерне моделювання руху заряджених частинок в магнітному полі.

Висновки до розділу 3

ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ДОДАТКИ

Рекомендована література

1. Кучерук І.М. Загальна фізика. Електрика і магнетизм : учбове видання / І.М. Кучерук, І.Т. Горбачук. – К. : Вища школа, 1990. – 367 с.
2. Лабораторний практикум з курсу загальної фізики. Ч.3 : Електрика і магнетизм: Навчально-методичний посібник / [Царенко О.М., Сальник І.В., Сазонова О.О. і ін.]; за ред. О.М. Царенка, І.В. Сальник. – Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2012. – 103 с.
3. Лисенко О.В. Фізика: конспект лекцій / О.В. Лисенко. – Суми : Вид-во СумДУ, 2010. – Ч. 2. – 242 с.
4. Майер Р.В. Компьютерное моделирование : [учеб.-метод пособие для студ. пед. вузов] / Майер Р.В. – Глазгов : ГОУ ВПО «Глазовский гос. пед. ин-т им. В.Г. Короленко», 2014. – 531 с.
5. Наумов А.И. Физика атомного ядра и элементарных частиц / А.И. Наумов. – М.: Просвещение, 1984. – 384 с.

Додаток К.4

Матеріали для діагностики навчальних досягнень студентів з теоретичних курсу математичних методів фізики

Додаток К.4.1. Варіанти контрольних робіт з дисципліни «Математичні методи фізики»

Тематична атестація №1: „Елементи теорії поля”.

Завдання №1 (0,2 бали за кожне)

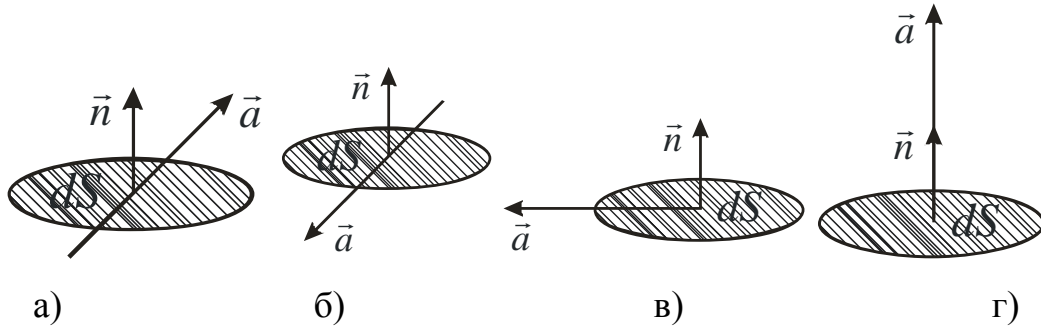
1. Математичне поле – це...
 - а) область площини, кожній точці якого відповідає певне значення деякого скаляру φ ;
 - б) область простору, кожній точці якого відповідає певне значення деякої фізичної величини;
 - в) аналітичний опис скалярних, векторних та тензорних характеристик фізичних величин.
2. Скалярним полем називають...
 - а) область площини, кожній точці якого відповідає певне значення деякої скалярної величини φ ;
 - б) область простору, кожній точці якого відповідає певне значення деякої фізичної величини;
 - в) геометричне місце точок площини, яким відповідає однакове значення скаляру φ .
3. Де зображається еквіпотенціальна лінія при геометричній інтерпретації поля?
 - а) на поверхні $\varphi = \varphi(x, y)$, кожна з ліній являє множину точок, яким відповідають різні висоти $\varphi_i = \text{const}$;
 - б) на площині xOy , кожна з ліній являє множину точок, яким відповідають рівні висоти $\varphi_0 = \text{const}$;
 - в) на поверхні $F(\varphi, x, y) = 0$, кожна з ліній являє множину точок, яким відповідають рівні висоти $\varphi = \text{const}$.
4. Для якого з типів полів використовують характеристику „градієнт поля”?
 - а) скалярного; б) векторного; в) тензорного.
5. Яке з записаних рівнянь зображає аналітичне означення градієнта для центральносиметричного поля?
 - а) $\text{grad}\varphi = \frac{\partial\varphi}{\partial r} \vec{r}$; б) $\text{grad}\varphi = \frac{\partial\varphi}{\partial n} \vec{n}$; в) $\text{grad}\varphi = \frac{\partial\varphi}{\partial r} \frac{\vec{r}}{r}$.
6. Що визначає абсолютне значення градієнта скалярного поля?
 - а) швидкість зміни поля; б) швидкість збільшення поля; в) швидкість зменшення поля.
7. Яке з позначень вказує на те, що зображена величина є тензором?
 - а) \tilde{P} ; б) \hat{P} ; в) \vec{P} .
8. Компоненти тензора – це...
 - а) скалярні величини; б) псевдоскалярні величини; в) псевдовекторні величини.
9. Що є інваріантами тензора?

а) сума його діагональних елементів; б) визначник матриці його компонент; в) те і інше разом.

10. Який фізичний зміст потоку векторного поля?

- а) кількість ліній поля, що пронизують розглядувану поверхню;
б) потужність джерела випромінювання векторного поля;
в) вихровість досліджуваного векторного поля.

11. На якому з малюнків елементарний потік векторного поля \vec{a} через поверхню $d\vec{S}$ буде відсутній? а) ; б) ; в) ; г)?



12. Яке з записаних рівнянь зображає аналітичне означення дивергенції поля?

- а) $\text{div} \vec{a} = \frac{\partial a_x}{\partial x} + \frac{\partial a_y}{\partial y} + \frac{\partial a_z}{\partial z}$; б) $\text{div} \vec{a} = \frac{\partial a_x}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial a_y}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial a_z}{\partial z} \vec{k}$; в) $\text{div} \vec{a} = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\oiint_S \vec{a} d\vec{S}}{\Delta V}$.

13. Який фізичний зміст дивергенції векторного поля?

- а) кількість ліній поля, що пронизують розглядувану поверхню;
б) потужність джерела випромінювання поля;
в) безджерельність досліджуваного поля.

14. Яка з наведених нижче формул визначає циркуляцією векторного поля?

- а) $\Gamma = \int_{L_1}^{L_2} \vec{a} d\vec{l}$; б) $\Gamma = \oint_L \vec{a} d\vec{l}$; в) $\Gamma = \oint_L a_n dl$.

15. Характеристика „ротор поля” – це...

- а) скаляр; б) вектор; в) тензор.

16. Якщо ротор поля додатний – це означає, що таке поле...

- а) вихрове; б) потенціальне; в) є безджерельним.

17. Якщо $q_i = \text{const}$, а q_k, q_j – набувають всіх

можливих значень, то одержують:

- а) координатну лінію; б) координатну поверхню;
в) криволінійний простір.

18. Який набір змінних описує декартову систему координат?

- а) (x, y, z) ; б) (ρ, φ, z) ; в) (r, θ, φ) .

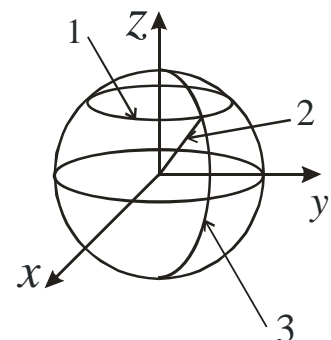
19. Які з зображених на малюнку ліній зображають φ -лінію?

- а) 1; б) 2; в) 3.

20. Який з кульових координат сферичної системи задає широту?

- а) r ; б) θ ; в) φ .

Завдання №2 (2,5 бали)



До запитання 19

Зобразити циліндричну систему координат,

- вказати в яких межах змінюються її координати,
- записати зв'язок між новими координатами та декартовими,
- означити і зобразити на малюнку координатні лінії та координатні поверхні,
- виконати розрахунок коефіцієнтів Ламе для цієї системи координат.

Завдання №3

1. (1 бал) Відшукати градієнт скалярного поля $u(x, y) = \sqrt{4 + x^2 + y^2}$ в точці $M(2;1)$.
2. (1,5 бали) Відшукати дивергенцію векторного поля $\vec{a}(x, y, z) = \operatorname{arctg} \frac{x}{y} (xy\vec{i} + yz\vec{j} + zx\vec{k})$ в точці $M(1;2;3)$.
3. (1 бал) Відшукати ротор векторного поля $\vec{a}(x, y, z) = y^2\vec{i} - x^2\vec{j} + z^2\vec{k}$.

Тематична атестація №2: „Теорія диференціальних рівнянь у часткових похідних”

Завдання №1 (0,1 бал за кожне)

1. Рівнянням у часткових похідних другого порядку з двома незалежними змінними x, y називають...
 - а) співвідношення між невідомою функцією $u(x, y)$ та її похідними до другого порядку включно: $F\left(x, y, u, \frac{du}{dx}, \frac{du}{dy}, \frac{d^2u}{dx^2}, \frac{d^2u}{dy^2}\right) = 0$;
 - б) співвідношення між невідомою функцією $u(x, y)$ та її частковими похідними до першого порядку включно: $F\left(x, y, u, \frac{\partial u}{\partial x}, \frac{\partial u}{\partial y}\right) = 0$;
 - в) співвідношення між невідомою функцією $u(x, y)$ та її частковими похідними до другого порядку включно: $F\left(x, y, u, \frac{\partial u}{\partial x}, \frac{\partial u}{\partial y}, \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}, \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y}\right) = 0$.
2. Рівняння типу $a_{11} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + 2a_{12} \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + a_{22} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + b_1 \frac{\partial u}{\partial x} + b_2 \frac{\partial u}{\partial y} + cu + f(x, y) = 0$ називають лінійним у загальному випадку, якщо його коефіцієнти:
 - а) не залежать від x, y ; б) є функціями від x, y ; в) є функціями від $x, y, u, \frac{\partial u}{\partial x}, \frac{\partial u}{\partial y}$
3. Рівняння типу $a_{11} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + 2a_{12} \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + a_{22} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + b_1 \frac{\partial u}{\partial x} + b_2 \frac{\partial u}{\partial y} + cu + f(x, y) = 0$ називають лінійним з постійними коефіцієнтами, якщо його коефіцієнти:
 - а) не залежать від x, y ; б) є функціями від x, y ; в) є функціями від $x, y, u, \frac{\partial u}{\partial x}, \frac{\partial u}{\partial y}$
4. Рівняння типу $a_{11} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + 2a_{12} \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + a_{22} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + b_1 \frac{\partial u}{\partial x} + b_2 \frac{\partial u}{\partial y} + cu + f(x, y) = 0$ називають квазілінійним, якщо його коефіцієнти:

а) не залежать від x, y ; б) є функціями від x, y ; в) є функціями від $x, y, u, \frac{\partial u}{\partial x}, \frac{\partial u}{\partial y}$

5. Рівняння типу
$$a_{11} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + 2a_{12} \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + a_{22} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + b_1 \frac{\partial u}{\partial x} + b_2 \frac{\partial u}{\partial y} + cu + f(x, y) = 0$$

називають однорідним, якщо:

а) $f(x, y) \neq 0$; б) $f(x, y) = 0$; в) $f(x, y)$ є функцією також від $u, \frac{\partial u}{\partial x}, \frac{\partial u}{\partial y}$.

6. Якщо за формою подання рівняння має найбільш простий вигляд, то таку форму рівняння називають:

а) коваріантною; б) канонічною; в) інваріантною.

7. Рівняння
$$\frac{\partial^2 v}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial \eta^2} + \gamma v + f = 0$$
 є:

а) еліптичного типу; б) гіперболічного типу; в) параболічного типу.

8. Рівняння
$$\frac{\partial^2 v}{\partial \xi^2} - \frac{\partial^2 v}{\partial \eta^2} + \gamma v + f = 0$$
 є:

а) еліптичного типу; б) гіперболічного типу; в) параболічного типу.

9. Рівняння
$$\frac{\partial^2 v}{\partial \xi \partial \eta} + \gamma v + f = 0$$
 є:

а) еліптичного типу; б) гіперболічного типу; в) параболічного типу.

10. Рівняння
$$\frac{\partial^2 v}{\partial \xi^2} + b_2 \frac{\partial v}{\partial \eta} + f = 0$$
 є:

а) еліптичного типу; б) гіперболічного типу; в) параболічного типу.

11. Рівняння у часткових похідних другого порядку гіперболічного типу найбільш часто зустрічаються у фізичних задачах, пов'язаних ...

а) з дослідженням стаціонарних процесів різної фізичної природи; б) з процесами теплопровідності та дифузії; в) з процесами коливань.

12. Рівняння у часткових похідних другого порядку параболічного типу найбільш часто зустрічаються у фізичних задачах, пов'язаних ...

а) з дослідженням стаціонарних процесів різної фізичної природи; б) з процесами теплопровідності та дифузії; в) з процесами коливань.

13. Рівняння у часткових похідних другого порядку еліптичного типу найбільш часто зустрічаються у фізичних задачах, пов'язаних ...

а) з дослідженням стаціонарних процесів різної фізичної природи; б) з процесами теплопровідності та дифузії; в) з процесами коливань.

14. Одновимірне лінійне хвильове рівняння має вигляд:

а) $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + v^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0$; б) $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - v^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0$; в) $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0$.

15. Якщо поперечні коливання виконує натягнена пружна плівка (мембрана), то відповідне хвильове рівняння має вигляд:

а) $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + v^2 \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) = 0$; б) $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0$; в) $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - v^2 \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) = 0$.

16. Для випадку акустичних коливань (суцільне середовище), відповідне хвильове рівняння має вигляд:

$$\text{а) } \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - v^2 \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) = 0; \text{ б) } \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \frac{1}{v^2} \nabla^2 u(x, t) = 0; \text{ в) } \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - v^2 \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) = 0.$$

17. Записати хвильове рівняння для електромагнітного поля у вакуумі.

$$\text{а) } \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0; \text{ б) } \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial x^2} - c^2 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0; \text{ в) } \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial x^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0.$$

18. Загальний розв'язок одновимірного хвильового рівняння має вигляд:

$$\text{а) } u(x, t) = \frac{1}{2} [\varphi(x + vt) + \varphi(x - vt)] + \frac{1}{2v} \int_{x-vt}^{x+vt} \psi(\xi) d\xi;$$

$$\text{б) } u(x, t) = \Phi(x + vt) + F(x - vt);$$

$$\text{в) } u(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \left(\varphi_n \cos \frac{n\pi v}{l} t + \frac{l}{n\pi v} \psi_n \sin \frac{n\pi v}{l} t \right) \sin \frac{n\pi x}{l}.$$

19. Розв'язок Д'аламбера задачі Коші має вигляд:

$$\text{а) } u(x, t) = \frac{1}{2} [\varphi(x + vt) + \varphi(x - vt)] + \frac{1}{2v} \int_{x-vt}^{x+vt} \psi(\xi) d\xi;$$

$$\text{б) } u(x, t) = \Phi(x + vt) + F(x - vt);$$

$$\text{в) } u(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \left(\varphi_n \cos \frac{n\pi v}{l} t + \frac{l}{n\pi v} \psi_n \sin \frac{n\pi v}{l} t \right) \sin \frac{n\pi x}{l}.$$

20. Загальний розв'язок хвильового рівняння скінченної струни має вигляд:

$$\text{а) } u(x, t) = \frac{1}{2} [\varphi(x + vt) + \varphi(x - vt)] + \frac{1}{2v} \int_{x-vt}^{x+vt} \psi(\xi) d\xi;$$

$$\text{б) } u(x, t) = \Phi(x + vt) + F(x - vt);$$

$$\text{в) } u(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \left(\varphi_n \cos \frac{n\pi v}{l} t + \frac{l}{n\pi v} \psi_n \sin \frac{n\pi v}{l} t \right) \sin \frac{n\pi x}{l}.$$

21. Фронтом хвилі або хвильовою поверхнею називають поверхню для всіх точок якої

...

а) амплітуда коливань однакова; б) частота коливань однакова; в) фаза коливань однакова.

22. Основна відмінність плоскої хвилі від сферичної полягає у тому, що у сферичних хвиль...

а) амплітуда коливань обернено пропорційна віддалі до джерела хвилі; б) амплітуда коливань прямо пропорційна віддалі до джерела хвилі; в) амплітуда коливань така ж сама як у плоских, відмінність полягає лише у різному вигляді за формою фронту хвиль.

23. Рівняння Лапласа для векторного потенціалу електростатичного поля має вигляд:

$$\text{а) } \Delta \varphi - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = \frac{\rho}{\epsilon_0}; \text{ б) } \Delta \varphi = -\frac{\rho}{\epsilon_0}; \text{ в) } \Delta \varphi = 0.$$

24. Що визначає загальний розв'язок рівняння Лапласа для електростатичного поля?

а) потенціал поля, створений об'ємними зарядами, що розміщені у деякому об'ємі простору; б) потенціал поля, створений зарядами, що розміщені за межами виділеного об'єму; в) потенціал поля створений об'ємними і поверхневими зарядами деякої виділеної частини простору.

25. Що називають фазою хвилі?

а) $x_0 = x - ct$ - зміщення аргументу поля \vec{E} від свого нульового значення;

б) $x = x_0 - c^2t$ - зміщення поля \vec{E} від свого рівноважного значення;

в) $x_0 = x + ct$ - зміщення аргументу поля \vec{E} від свого максимального значення.

26. Що називають фронтом хвилі?

а) Фронт хвилі – поверхня, в кожній точці якої фазова швидкість хвилі має одне й те ж значення. б) Фронт хвилі – крива на поверхні, в кожній точці якої фаза хвилі має одне й те ж значення. в) Фронт хвилі – поверхня, в кожній точці якої фаза хвилі має одне й те ж значення.

27. Що називають плоскою монохроматичною хвилею?

а) Якщо фронт хвилі є площина, що перпендикулярна до напрямку поширення хвилі, то її називають плоскою. б) Якщо фронт хвилі є площина, що паралельна до напрямку поширення хвилі, то її називають плоскою. в) Якщо фронт хвилі є площина, що повздовжня до напрямку поширення хвилі, то її називають плоскою.

28. Що називають сферичною монохроматичною хвилею?

а) Якщо фронт хвилі є сферична поверхня, вектор нормалі до якої перпендикулярний до напрямку поширення хвилі, то її називають сферичною. б) Якщо фронт хвилі є сферична поверхня, вектор нормалі до якої співпадає з напрямком поширення хвилі, то її називають сферичною. в) Якщо фронт хвилі є сферична поверхня, вектор нормалі до якої є повздовжнім до напрямку поширення хвилі, то її називають сферичною.

29. Записати рівняння сферичної хвилі.

а) $\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial r^2} - \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0$; б) $\frac{1}{r} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial r^2} - c^2 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} = 0$; в) $\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial r^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0$.

30. Яку хвилю називають монохроматичною?

а) – таку, вектори поля якої з часом в кожній точці простору змінюються за гармонійним законом; б) – таку, вектори поля якої з часом за фазою змінюються за гармонійним законом;

в) – таку, вектори поля якої з часом в кожній точці простору змінюються за лінійним законом.

31. Записати інтегральний розв'язок хвильового рівняння для сферичної монохроматичної хвилі.

а) $\vec{E} = \vec{E}_0 e^{-i(\omega t - k\vec{r})}$. б) $\vec{E} = \frac{\vec{E}_0}{r} e^{-i(\omega t - k\vec{r})}$; в) $\vec{E} = \vec{E}_0 e^{-i\left(\omega t - \frac{r}{c}\right)}$.

32. Записати і обґрунтувати загальний розв'язок хвильового рівняння (розв'язок Д'аламбера).

а) $\vec{E}(x, t) = \vec{\Phi}(x + ct) + \vec{F}(x - ct)$, за доданками пряма і зворотна хвиля;

б) $\vec{E}(x, t) = \vec{\Phi}(x + ct) + \vec{F}(x - ct)$, за доданками зворотна і пряма хвиля;

в) $\psi(x, t) = \phi(x + ct) + \phi(x - ct)$, за доданками зворотний і прямий потенціал поля.

33. Як визначається фазова швидкість електромагнітного поля у вакуумі?

- а) $v = \frac{dx}{dt}$, де x – фаза коливань хвилі; б) $v = \frac{dx}{dt}$, де x – фронт коливань хвилі;
 в) $v = \frac{dx_0}{dt}$, де x_0 – початкова фаза коливань хвилі.

34. Плоска монохроматична хвиля – є:

- а) поздовжньою; б) поперечною; в) еліптичною.

35. Чим відрізняється сферична хвиля від плоскої?

- а) структура хвилі така як і у плоскої, але амплітуда цієї хвилі обернено пропорційна віддалі у першій степені; б) структура хвилі така як і у плоскої, але частота цієї хвилі обернено пропорційна віддалі у першій степені; в) структура хвилі така як і у плоскої, але фаза цієї хвилі обернено пропорційна віддалі у першій степені.

36. Записати інтегральний розв'язок хвильового рівняння для плоскої монохроматичної хвилі.

а) $\vec{E} = \vec{E}_0 e^{-i(\omega t - \vec{k}\vec{r})}$; б) $\vec{E} = \frac{\vec{E}_0}{r} e^{-i(\omega t - \vec{k}\vec{r})}$; в) $\vec{E} = \vec{E}_0 e^{-i\left(\omega t - \frac{r}{c}\right)}$.

37. Найпростіше рівняння параболічного типу має вигляд:

а) $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial u}{\partial y} = 0, (y = \alpha^2 t)$; б) $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{\partial u}{\partial y} = 0, (y = \alpha^2 t)$; в) $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0, (y = \alpha^2 t)$.

38. У тому випадку коли у середовищі існує градієнт температури, тоді у ньому відбувається:

- а) коливальний процес; б) виникнення електрорушійної сили; в) перерозподіл тепла.

39. Емпірично закон перерозподілу тепла встановив:

- а) Фур'є; б) Ньютон; в) Лаплас.

40. Математично закон перерозподілу тепла записують як:

а) $c\rho \frac{\partial T}{\partial t} - k\vec{\nabla}^2 T = Q(x, y, z, t)$; б) $\delta Q = -k \frac{\partial T}{\partial n} dSdt$; в) $\vec{q} = -k \text{grad} T dSdt$.

41. Закон перерозподілу тепла у векторній формі має наступний вигляд:

а) $\vec{q} = -k \text{grad} T$; б) $\delta Q = -k \frac{\partial T}{\partial n} dSdt$; в) $c\rho \frac{\partial T}{\partial t} - k\vec{\nabla}^2 T = Q(x, y, z, t)$.

42. Вектор густини теплового потоку визначається як:

а) $\vec{q} = \frac{\delta Q}{dSdt} \vec{n}$; б) $\vec{n} = \frac{\text{grad} T}{|\text{grad} T|}$; в) $\vec{q} = -k \text{grad} T dSdt$.

43. Диференціальне рівняння теплопровідності має наступний вигляд:

а) $c\rho \frac{\partial T}{\partial t} - k\vec{\nabla}^2 T = Q(x, y, z, t)$; б) $\delta Q = -k \frac{\partial T}{\partial n} dSdt$; в) $\vec{q} = -k \text{grad} T dSdt$.

44. Диференціальне рівняння Пуассона для стаціонарного потоку тепла має наступний вигляд:

а) $c\rho \frac{\partial T}{\partial t} - k\vec{\nabla}^2 T = Q(x, y, z, t)$; б) $\delta Q = -k \frac{\partial T}{\partial n} dSdt$; в) $\vec{\nabla}^2 T = -q_0$.

45. Диференціальне рівняння Лапласа для стаціонарного потоку тепла без тепловиділення має наступний вигляд:

а) $c\rho \frac{\partial T}{\partial t} - k\bar{\nabla}^2 T = Q(x, y, z, t)$; б) $\bar{\nabla}^2 T = 0$; в) $\bar{\nabla}^2 T = -q_0$.

46. Функція джерела $G(x, \xi, t)$ визначає:

а) кількість тепла, що одержує точка x в момент часу t , обумовлену впливом миттєвого точкового джерела потужності $Q = c\rho$, що розміщене у початковий момент часу в точку ξ проміжку $(0, l)$;

б) температуру у точці x в момент часу t , обумовлену впливом миттєвого точкового джерела потужності $Q = c\rho$, що розміщене у початковий момент часу в точку ξ проміжку $(0, l)$;

в) теплоємність точки x в момент часу t , обумовлену впливом миттєвого точкового джерела потужності $Q = c\rho$, що розміщене у початковий момент часу в точку ξ проміжку $(0, l)$.

47. Найпоширеніший вигляд рівняння еліптичного типу:

а) $\Delta u = 0$; б) $\frac{\partial u}{\partial t} = \alpha^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$; в) $\frac{\partial u}{\partial n} + h(u - f) = 0$.

48. Рівняння Пуассона для скалярного потенціалу електростатичного поля має наступний вигляд:

а) $\Delta \varphi = 0$; б) $\Delta \varphi = -\frac{\rho}{\epsilon_0}$; в) $\Delta \varphi - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = -\frac{\rho}{\epsilon_0}$.

49. Рівняння Лапласа для скалярного потенціалу електростатичного поля має наступний вигляд:

а) $\Delta \varphi = 0$; б) $\Delta \varphi = -\frac{\rho}{\epsilon_0}$; в) $\Delta \varphi - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = -\frac{\rho}{\epsilon_0}$.

50. Розв'язок рівняння Пуассона для скалярного потенціалу електростатичного поля рівномірно зарядженої по об'єму кулі має наступний вигляд:

а) $\varphi^i = \frac{\rho}{2\epsilon_0} \left(a^2 - \frac{r^2}{3} \right)$; $\varphi^e = \frac{\rho a^3}{3\epsilon_0 r}$; б) $E^i = \frac{\rho r}{3\epsilon_0}$; $E^e = \frac{\rho a^3}{3\epsilon_0 r^2}$; в) $\varphi(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r}$.

Додаток К.4.2. «Теоретична фізика (класична механіка)»

Атестація № 4 з основ аналітичної механіки та вибраних задач механіки.

Завдання 1 (0,1 балів за кожену)

1. Запишіть диференціальне рівняння голономного зв'язку.

а) $f(q_s, \dot{q}_s, t) = 0$; б) $\frac{df}{dt} = \sum_{i=1}^n \vec{v}_i \frac{\partial f}{\partial \vec{r}_i} + \frac{\partial f}{\partial t}$; в) $df(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots, \vec{r}_n, t) = 0$.

2. Яку систему рівнянь називають рівняннями Лагранжа першого роду?

а) систему рівнянь, з яких одночасно визначаються координати точок і сили реакції зв'язків;

б) систему рівнянь, які дозволяють знайти закон руху невільної системи матеріальних точок;

в) систему рівнянь, яка встановлює умови рівноваги голономних систем із стаціонарними стримуючими зв'язками.

3. Які переміщення називають віртуальними?

- а) нескінченно малі переміщення точок системи, що пов'язані з обмеженнями з боку зв'язків; б) нескінченно малі переміщення точок системи, що пов'язані із обмеженнями з боку зв'язків та задовольняють диференціальному рівнянню руху такої системи; в) будь-які малі переміщення точок системи, що задовольняють накладеним на систему зв'язкам при фіксованому моменті часу.

4. Записати постулат ідеальності зв'язків.

$$\text{а) } \delta f_{\alpha} = \sum_{i=1}^n \frac{\partial f_{\alpha}}{\partial \vec{r}_i} \delta \vec{r}_i = 0; \text{ б) } \delta A_R = \sum_{i=1}^n \vec{R}_i \delta \vec{r}_i = 0; \text{ в) } \delta f_{\alpha} = \sum_{\alpha=1}^s \frac{\partial f_{\alpha}}{\partial q_s} \delta q_s = 0.$$

5. Як визначається узагальнена сила, що відповідає узагальненій координаті q_{α} ?

$$\text{а) } Q_{\alpha} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i \frac{\partial q_{\alpha}}{\partial \vec{r}_i}; \text{ б) } Q_{\alpha} = \sum_{\alpha=1}^s \vec{F}_i \frac{\partial \vec{r}_i}{\partial q_{\alpha}}; \text{ в) } Q_{\alpha} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i \frac{\partial \vec{r}_i}{\partial q_{\alpha}}.$$

6. Записати принцип віртуальних переміщень в узагальнених координатах.

$$\text{а) } \sum_{i=1}^n Q_{\alpha} \delta \vec{r}_i = 0; \text{ б) } \sum_{\alpha=1}^s Q_{\alpha} \delta q_{\alpha} = 0; \text{ в) } \sum_{\alpha=1}^s Q_{\alpha} \frac{\partial \vec{r}_i}{\delta \dot{q}_{\alpha}} = 0.$$

7. Записати умову рівноваги механічної системи у потенціальному силовому полі.

$$\text{а) } \frac{\partial U}{\partial q_{\alpha}} = 0, \alpha = 1, 2, \dots, s; \text{ б) } - \frac{\partial U}{\partial \vec{r}_i} = 0, i = 1, 2, \dots, n; \text{ в) } - \text{grad}_{\alpha} U = 0, \alpha = 1, 2, \dots, s.$$

8. Сформулювати принцип д'Аламбера.

- а) геометрична сума д'аламберівських сил реакції зв'язків, що задають рівноважний стан системи, рівна нулю; б) якщо до заданих сил додати сили, що рівні д'аламберівським силам інерції, то отримана система буде знаходитись у рівновазі; в) якщо до заданих сил та сил реакції додати сили, що рівні силам інерції, то отримана система буде знаходитись у рівновазі.

9. Сформулювати принцип д'Аламбера-Лагранжа.

- а) У будь-який момент часу руху механічної системи, алгебраїчна сума віртуальних робіт заданих сил та д'Аламберових сил інерції дорівнює нулю, якщо рух системи обмежених стримуючими, голономними та ідеальними зв'язками.
б) У будь-який момент часу руху механічної системи, якщо до заданих сил та сил реакції додати сили, що рівні силам інерції, то отримана система буде знаходитись у рівновазі.
в) У будь-який момент часу руху механічної системи, геометрична сума віртуальних робіт заданих сил, сил реакції зв'язків та д'аламберівських сил інерції дорівнює нулю, якщо розглядувана система перебуватиме у рівноважному стані.

10. Записати рівняння Лагранжа другого роду в узагальнених координатах у довільному зовнішньому полі.

$$\text{а) } \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_{\alpha}} - \frac{\partial T}{\partial q_{\alpha}} = Q_{\alpha}, \alpha = 1, 2, \dots, s; \text{ б) } \frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_{\alpha}} - \frac{\partial L}{\partial q_{\alpha}} = Q_{\alpha}, \alpha = 1, 2, \dots, s;$$

$$\text{в) } \frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_{\alpha}} - \frac{\partial L}{\partial q_{\alpha}} = 0, \alpha = 1, 2, \dots, s.$$

11. Як задається функція Лагранжа?

- а) $L(q, \dot{q}, t) = T(q, \dot{q}, t) + U(q, t);$ б) $L(q, \dot{q}, t) = T(q, \dot{q}, t) - U(q, \dot{q}, t);$
в) $L(q, \dot{q}, t) = T(q, \dot{q}, t) - U(q, t).$

12. Як задається функція Гамільтона?

а) $H = \sum_{\alpha=1}^s \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_\alpha} \dot{q}_\alpha \right) - L$; б) $H = \sum_{\alpha=1}^s \left(\frac{\partial L}{\partial q_\alpha} q_\alpha - L \right)$; в) $H = \sum_{\alpha=1}^s \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_\alpha} \dot{q}_\alpha \right) + L$.

13. Сформулювати теорему про зміну узагальненої енергії.

а) якщо функція Лагранжа від часу явно не залежить, то узагальнена енергія з часом не змінюється; б) повний диференціал від функції Гамільтона, що описує рух системи визначається частковою похідною від лагранжіана системи за часом, взятий із знаком „-“, в) якщо зв'язки, що обмежують рух системи стаціонарні та стаціонарні зовнішні силові поля, тоді функція Лагранжа явно від часу не залежить і не змінюється.

14. Що називають узагальненим імпульсом?

а) $p_\alpha = \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_\alpha}$; б) $p_\alpha = \frac{\partial H}{\partial \dot{q}_\alpha}$; в) $p_\alpha = \frac{\partial L}{\partial q_\alpha}$.

15. Як функція Гамільтона повоза з кінетичною і потенціальною енергією системи?

а) $H = T - U$; б) $H = T + U$; в) $H = 2T + U$.

16. Які координати називають циклічними?

а) узагальнені координати, що описують стан системи, але від яких лагранжіан системи явно не залежить; б) узагальнені координати, що описують стан системи, але від яких гамільтоніан системи явно не залежить; в) узагальнені координати, що описують стан системи, але від яких кінетична енергія системи явно не залежить.

17. Який математичний вигляд мають рівняння Гамільтона?

а) $\dot{p}_\alpha = -\frac{\partial H}{\partial q_\alpha}$, $\dot{q}_\alpha = \frac{\partial H}{\partial p_\alpha}$; б) $p_\alpha = -\frac{\partial H}{\partial \dot{q}_\alpha}$, $q_\alpha = \frac{\partial H}{\partial \dot{p}_\alpha}$; в) $p_\alpha = -\frac{\partial H}{\partial q_\alpha}$, $\dot{q}_\alpha = \frac{\partial H}{\partial p_\alpha}$.

18. Що являє собою перший векторний інтеграл руху частинки у ЦСП?

а) $E = \frac{m}{2} (\dot{r}^2 + r^2 \dot{\phi}^2) + U(r) = const$; б) $\vec{L} = m[\vec{r}, \vec{v}]$; в) $\frac{L^2}{2mr^2} = const$.

19. Як визначається секторна швидкість руху частинки у ЦСП?

а) $\vec{\sigma} = \frac{d\vec{s}}{dt} = \frac{1}{2} r^2 \dot{\phi}$; б) $\vec{\sigma} = \frac{d\vec{s}}{dt} = r^2 \dot{\phi}$; в) $\vec{\sigma} = \frac{d\vec{s}}{dt} = \frac{1}{2} r^2 \dot{\omega}$.

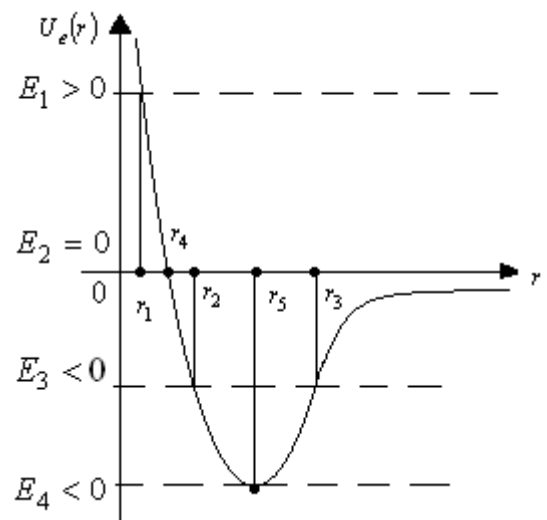
20. Сформулювати другий закон Кеплера.

а) Радіус-вектор планети за рівні проміжки часу описують рівні площі. б) Всі планети рухаються навколо Сонця по еліпсах, в одному з фокусів якого знаходиться центр мас системи "планета-Сонце". в) Квадрати періодів планет відносяться до кубів півосей для всіх планет майже однаково.

21. На графіку зображено залежність ефективного потенціалу руху тіла від віддалі до силового центру:

Якому значенню повної енергії частинки та її віддалі до силового центру відповідатиме інфінітний рух гіперболічної траєкторії?

а) $E_2 = 0$, $r_4 \geq r \leq \infty$; б) $E_1 > 0$, $r_1 \geq r \leq \infty$;



в) $E_3 < 0$, $r_2 \geq r \leq r_3$.

22. Що являє собою задача двох тіл?

а) Задача про рух двох частинок, що взаємодіють між собою, зводиться до задачі одного тіла і розв'язується повністю, може бути зведена до двох задач (одночастинних): задачі про рух центру мас; рух точки зведеної маси відносно центру мас.

б) Задача про рух двох частинок, що взаємодіють між собою, зводиться до задачі одного тіла і розв'язується повністю, може бути зведена до одночастинної задачі про рух центру мас такої взаємодіючої системи.

в) Задача про рух двох частинок, що взаємодіють між собою, зводиться до задачі одного тіла і розв'язується повністю, може бути зведена до одночастинної задачі про рух точки зведеної маси відносно центру мас такої взаємодіючої системи.

23. Що називають зведеною масою?

а) $\mu = 1 + \frac{m}{M}$; б) $\mu = \frac{(m+M)}{mM}$; в) $\mu = \frac{mM}{(m+M)}$.

24. Записати рівняння траєкторії точки, що рухається під дією центральної сили.

а) $dt = \pm \frac{dr}{\sqrt{\frac{2}{m}(E - U_e(r))}}$; б) $\varphi \pm \frac{L}{m} \int \frac{\frac{dr}{r^2}}{\sqrt{\frac{2}{m}(E - U_e(r))}} + \varphi_0$; в) $\varphi = \frac{L}{m} \int \frac{dt}{r^2} + \varphi_0$.

25. Що називають одновимірним гармонійним осцилятором?

а) одновимірний рух частинки масою m в полі сил, потенціал якої $U(x)$ має мінімум у точці x_0 ; б) одновимірний рух частинки масою m в полі сил, потенціал якої $U(x^2)$ має мінімум у точці x_0 ; в) рух частинки масою m в полі сил, потенціал якої $U(\vec{r})$ має мінімум у точці r_0 .

26. Записати лінійне диференціальне рівняння руху осцилятора.

а) $\ddot{x} + \omega_0^2 x + \alpha x^2 = f \cos \omega t$; б) $\ddot{x} + \omega_0^2 x = f \cos \omega t$; в) $\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0$.

27. Записати загальний розв'язок рівняння гармонійних коливань осцилятора.

а) $x = A \cos(\omega t + \alpha)$; б) $x = A e^{-\gamma t} \cos(\omega t + \alpha)$; в) $x = A e^{-\gamma t} (e^{i\omega t} + e^{-i\omega t})$.

28. Як визначається період гармонійних коливань осцилятора?

а) $T = 2\pi \sqrt{\frac{k}{m}}$; б) $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$; в) $T = 2\pi \sqrt{\frac{k}{\omega_0}}$.

29. Чому дорівнюють амплітуда коливань осцилятора?

а) $D = \frac{f_0}{\sqrt{(\omega_0^2 + \omega^2)^2 + 4\gamma^2 \omega^2}}$; б) $D = \frac{f_0}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\gamma^2 \omega^2}}$; в) $D = \frac{f_0}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 2\gamma\omega}}$.

30. Який рух частинки називають одновимірним?

а) той, що визначається лише однією координатою; б) той, що обумовлює її рух одновимірним потенціальним полем; в) той, що задається одновимірним диференціальним рівнянням її руху.

31. Як визначається резонансна частота вільних коливань осцилятора?

а) $\omega = \omega_0$; б) $D(\omega) \rightarrow 0$; в) $D(\omega) \rightarrow \infty$.

32. Як визначається резонансна частота коливань осцилятора за наявності сили в'язкого тертя?

а) $\omega = \omega_0$; б) $\omega_p = \sqrt{\omega_0^2 - 2\gamma^2}$; в) $\omega_p = \sqrt{\omega_0^2 + 4\gamma^2}$.

33. Що називають шириною резонансної кривої?

а) ширину резонансу характеризують віддалю $\Delta\omega$ вздовж вісі абсцис; б) ширину резонансу характеризують віддалю $D(\omega)$ вздовж вісі ординат; в) $\omega - \omega_0$.

34. Що називають добротністю коливальної системи?

а) $Q = \frac{\Delta\omega}{\omega_0}$; б) $\frac{1}{Q} = \frac{\omega_0}{\Delta\omega}$; в) $\frac{1}{Q} = \frac{\Delta\omega}{\omega_0}$.

35. Що називають биттям?

а) періодична передача імпульсів коливань від одного коливального маятника до іншого зв'язаної коливальної системи; б) періодичне перекачування енергії від одного коливального маятника до іншого зв'язаної коливальної системи; в) періодична зміна періоду коливань маятників, від одного до іншого, зв'язаної коливальної системи.

Завдання 2 (0,5 бали)

1. Яку мінімальну початкову швидкість необхідно надати космічному апарату біля поверхні Землі, що він міг покинути межі Сонячної системи?

Відповідь: 16,7 км/с.

Завдання 3 (1 бал за кожну)

1. Визначити період малих вільних коливань маятника масою M , Вісь обертання якого утворює кут β із горизонтальною площиною. Момент інерції маятника відносно вісі обертання I , віддаль центру мас від вісі обертання s .

Відповідь: $T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{Mgs\cos\beta}}$.

Додаток К.4.3. «Теоретична фізика (електродинаміка)»

Атестація з електродинаміки №3 з узагальнення емпіричних законів електродинаміки в теорії Максвелла

Завдання №1 (0,1 бал за кожне)

1. Записати рівняння зв'язку між силовою та енергетичною характеристиками магнітного поля.

а) $\vec{B} = -\text{grad}\varphi - \frac{\partial \vec{A}}{\partial t}$; б) $\vec{B} = \text{rot}\vec{A}$; в) $\vec{B} = \mu\mu_0\vec{H}$.

2. Як пов'язані швидкість світла і діелектрична та магнітна проникності вакууму?

а) $\epsilon_0\mu_0 = c^2$; б) $\epsilon_0\mu_0 = \frac{1}{c^2}$; в) $\frac{\epsilon_0}{\mu_0} = c^2$.

3. Записати градієнтні перетворення для потенціалів ЕМ-поля.

а) $\text{div}\vec{A} + \epsilon_0\mu_0 \frac{\partial \varphi}{\partial t} = 0$; б) $\vec{A}' = \vec{A} + \text{grad} f$; $\varphi' = \varphi - \frac{\partial f}{\partial t}$;

в) $\text{rot rot}\vec{A} = \epsilon_0\mu_0 \frac{\partial}{\partial t} \left(-\text{grad}\varphi - \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} \right)$.

4. Записати рівняння для потенціалів вільного ЕМ-поля.

$$\text{а) } \vec{A}' = \vec{A} + \text{grad } f; \quad \varphi' = \varphi - \frac{\partial f}{\partial t}; \quad \text{б) } \Delta\varphi - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = \frac{\rho}{\epsilon_0}; \quad \Delta\vec{A} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{A}}{\partial t^2} = \mu_0 \vec{j};$$

$$\text{в) } \Delta\varphi - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = 0; \quad \Delta\vec{A} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{A}}{\partial t^2} = 0.$$

5. Записати формулу для розрахунку густини енергії ЕМ-поля.

$$\text{а) } \epsilon_n = \frac{\epsilon_0 E^2}{2} + \frac{B^2}{2\mu_0}; \quad \text{б) } W_n = \int \left(\frac{\epsilon_0 E^2}{2} + \frac{B^2}{2\mu_0} \right) dV; \quad \text{в) } \epsilon_n = \frac{E^2}{2\epsilon_0} + \frac{\mu_0 B^2}{2}.$$

6. Записати формулу для розрахунку енергії магнітостатичного поля.

$$\text{а) } \epsilon_n = \frac{B^2}{2\mu_0}; \quad \text{б) } W_n = \int \frac{B^2}{2\mu_0} dV; \quad \text{в) } \epsilon_n = \frac{\mu_0 B^2}{2}.$$

7. Який фізичний зміст має вектор Умова-Пойтінга?

а) вектор Умова-Пойтінга – це густина потоку енергії ЕМ-поля за одиницю часу;

б) вектор Умова-Пойтінга – це потік енергії ЕМ-поля через одиницю поверхні;

в) вектор Умова-Пойтінга – це потік енергії ЕМ-поля через замкнену поверхню.

8. В яких одиницях вимірюється вектор Умова-Пойтінга?

$$\text{а) } \left[\frac{\text{Дж}}{\text{с} \cdot \text{м}^2} \right]; \quad \text{б) } \left[\frac{\text{Дж}}{\text{м}^2} \right]; \quad \text{в) } \left[\frac{\text{Дж} \cdot \text{с}}{\text{м}^2} \right].$$

9. Як пов'язані між собою вектор Умова-Пойтінга та густина енергії вільного ЕМ-поля?

$$\text{а) } \vec{\Sigma} = \epsilon_n \vec{c}; \quad \text{б) } \vec{\Sigma} = \epsilon_n c^2 \vec{n}; \quad \text{в) } \vec{\Sigma} = \epsilon_0 \mu_0 \epsilon_n \vec{c}.$$

10. Записати закон збереження повної енергії електродинамічної системи „частинка-поле” в інтегральній формі.

$$\text{а) } A_{\text{ст}} = Q + \frac{\partial W_n}{\partial t} + \Pi. \quad \text{б) } \frac{\partial \epsilon_n}{\partial t} + \text{div } \vec{\Sigma} + \vec{j} \vec{E} = 0;$$

$$\text{в) } \int_V \vec{j} \vec{E}^{\text{ст}} dV = \int_V \gamma j^2 dV + \frac{\partial}{\partial t} \int_V \left(\frac{\epsilon_0 E^2}{2} + \frac{B^2}{2\mu_0} \right) dV + \frac{1}{\epsilon_0 \mu_0} \oint [\vec{E}, \vec{B}] d\vec{S}.$$

11. Чим відрізняється від вектора Умова-Пойтінга густина імпульсу ЕМ-поля?

$$\text{а) } \vec{g} = \vec{\Sigma} c^2; \quad \text{б) } \vec{g} = \frac{\vec{\Sigma}}{c^2}; \quad \text{в) } \vec{g} = \frac{c^2}{\vec{\Sigma}}.$$

12. Що являє собою світловий тиск?

а) тиск, який створює світло на відбиваючі і поглинаючі тіла, а також окремі атоми і молекули; б) тиск, який створює світло на відбиваючі і поглинаючі тіла, а також окремі атоми і молекули та поля іншої природи; в) тиск, який створює світло на поглинаючі тіла, а також окремі атоми, молекули та поля іншої природи.

13. Хто вперше виміряв світловий тиск?

а) Кеплер (у 1619 р), аналізуючи відхилення хвостів комет, що пролітають поблизу Сонця; б) Максвелл (у 1873 р) на основі своєї електромагнітної теорії; в) Лебедев (у 1899 р).

14. Чому чисельно дорівнює тиск ЕМ-поля?

$$\text{а) } p = \epsilon_n; \quad \text{б) } p = 2\epsilon_n; \quad \text{в) } p = (1 + \gamma)\epsilon_n.$$

15. Ефект Месбауера – це...

а) переміщення маленьких частинок у повітрі або іншому середовищі завдяки світловому тиску; б) прискорення частинок у високому вакуумі до високих швидкостей завдяки тиску світла; в) резонансне розділення ізотопів деяких ядер.

16. Рівняння Пуассона для скалярного потенціалу електростатичного поля має вигляд:

$$\text{а) } \Delta\varphi - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = \frac{\rho}{\epsilon_0}; \text{ б) } \Delta\varphi = -\frac{\rho}{\epsilon_0}; \text{ в) } \Delta\varphi = 0.$$

17. Рівняння Лапласа для векторного потенціалу магнітостатичного поля має вигляд:

$$\text{а) } \Delta\vec{A} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{A}}{\partial t^2} = \mu_0 \vec{j}; \text{ б) } \Delta\vec{A} = -\mu_0 \vec{j}; \text{ в) } \Delta\vec{A} = 0.$$

18. Що визначає частинний розв'язок рівняння Пуассона для електростатичного поля?

а) потенціал поля, створений об'ємними зарядами, що розміщені у деякому об'ємі простору; б) потенціал поля, створений зарядами, що розміщені за межами виділеного об'єму; в) потенціал поля створений об'ємними і поверхневими зарядами деякої виділеної частини простору.

19. Як визначається потенціал системи поверхнево розподілених зарядів?

$$\text{а) } \varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i}; \text{ б) } \varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \frac{\rho dV}{r}; \text{ в) } \varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_S \frac{\sigma dS}{r}.$$

20. Що в електродинаміці називають мультипольним розкладом?

а) метод обчислення потенціалу поля довільної системи зарядів на невеликих відстанях від цієї системи;

б) метод обчислення потенціалу поля довільної системи зарядів на великих відстанях від цієї системи;

в) метод обчислення потенціалу поля довільної системи зарядів на будь-яких відстанях від цієї системи.

21. Який фізичний зміст нульового наближення мультипольного розкладу?

а) потенціал точкового заряду, який розміщений у початку координат досліджуваної системи зарядів; б) потенціал поля електричного диполя, що має електричний момент \vec{p}_ℓ і розміщений в початку координат; в) потенціал поля електричного квадруполя, що має електричний квадрупольний момент Q і розміщений в початку координат.

22. Як визначається енергія взаємодії системи об'ємно розподілених зарядів?

$$\text{а) } W = \int_V \varphi \rho dV; \text{ б) } W = \frac{1}{2} \int_V \varphi \rho dV; \text{ в) } W = \frac{1}{2} \varphi \int_V \rho dV.$$

23. Як визначається векторний потенціал у дипольному наближенні?

$$\text{а) } \vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi r^3} [\vec{p}_m, \vec{r}]; \text{ б) } \vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi r} [\vec{p}_m, \vec{r}]; \text{ в) } \vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi r^2} [\vec{p}_m, \vec{r}].$$

24. Як визначається магнітний момент витка зі струмом?

$$\text{а) } \vec{p}_m = \frac{I_m}{S}; \text{ б) } \vec{p}_m = I_m \vec{S}; \text{ в) } \vec{p}_m = \frac{1}{2} I_m \vec{S}.$$

25. Як визначається магнітний момент лінійного струму?

а) $\vec{p}_m = I[\vec{r}, \vec{\ell}]$; б) $\vec{p}_m = \frac{I}{2}[\vec{r}, \vec{\ell}]$; в) $\vec{p}_m = \frac{I}{2}[\vec{\ell}, \vec{r}]$.

Завдання №2 (0,5 балів)

Розрахувати магнітний момент витка зі струмом

Завдання №3 (2 бали)

Нескінчена кругла циліндрична поверхня радіуса R рівномірно заряджена з поверхневою густиною σ . Відшукати потенціал і напруженість електростатичного поля всередині і зовні циліндричної поверхні. Зобразити отримані функціональні залежності графічно.

Додаток К.4.4. «Теоретична фізика (квантова механіка)»

Атестація №1 з тем: „Експериментальні і теоретичні основи квантової механіки. Фізичні основи і математичний апарат квантової механіки.

Завдання №1 (0,1 бал за кожне)

1. Який розділ фізики називають квантовою механікою?

- а) Фундаментальну фізичну теорію, що вивчає рух та взаємодію макрочастинок в зовнішніх силових полях при швидкостях менших за швидкість світла.
 б) Фундаментальну фізичну теорію, що вивчає рух та взаємодію мікрочастинок в зовнішніх силових полях при швидкостях менших за швидкість світла.
 в) Фундаментальну фізичну теорію, що вивчає рух та взаємодію мікрочастинок в зовнішніх силових полях за будь-яких швидкостей руху досліджуваних мікрооб'єктів.
2. У чому полягає ідея Планка стосовно пояснення характеру випромінювання у спектрі абсолютно чорного тіла?

- а) Оскільки характер випромінювання абсолютно чорного тіла не залежить від його будови, тому пропонується замінити атоми і молекули твердого тіла системою гармонійних осциляторів, що випромінюють і поглинають енергію. Гіпотеза Планка полягає у тому, що рівні енергії осциляторів дискретні.
 б) Оскільки характер випромінювання абсолютно чорного тіла не залежить від його будови, тому пропонується замінити атоми і молекули твердого тіла системою гармонійних осциляторів, що випромінюють і поглинають енергію. Гіпотеза Планка полягає у тому, що осциляторів не просто поглинає та випромінює дискретно, а саме випромінювання існує у вигляді окремих дискретних порцій.
 в) Оскільки характер випромінювання абсолютно чорного тіла не залежить від його будови, тому пропонується замінити атоми і молекули твердого тіла системою гармонійних осциляторів, що випромінюють і поглинають енергію. Гіпотеза Планка полягає у тому, що випромінювання – це своєрідний набір мікрооб'єктів, що мають подвійний характер, тобто володіють корпускулярно-хвильовим дуалізмом.

3. Сформулювати правило відбору напівкласичної теорії Бора.

- а) Випромінювання і поглинання енергії атомами відбувається при його стрибкоподібному переході з одного стаціонарного стану в інший: $\varepsilon = \hbar\omega = E_n - E_m$.
 б) Існують стаціонарні стани атома, в яких його енергія не змінюється, а він не випромінює і не поглинає: E_1, E_2, \dots, E_n .

в) Для того, щоб з усіх можливих квантових станів енергії відшукати стаціонарні використовують правило квантування стаціонарних орбіт: $mvr = n\hbar$, $n = 1, 2, 3, \dots$,

4. Яке значення мають співвідношення неозначеностей Гейзенберга для фізичної теорії?

а) дозволяють пояснити, що хвилі де Бройля – це хвилі імовірності, квадрат модуля яких пов'язаний з імовірністю місцезнаходження частинок.

б) дозволяють пояснити, що точне визначення одночасно координати та відповідної складової імпульсу принципово неможливо.

в) дозволяють узгодити корпускулярні і хвильові властивості мікрочастинок, встановлюють границі застосування до них понять класичної механіки, дають можливість виконувати напівкількісні оцінки явищ мікросвіту.

5. Чи диспергують хвилі де Бройля у вакуумі?

а) хвилі де Бройлер не диспергують у вакуумі, бо $\omega = \omega(\vec{k})$;

б) хвилі де Бройлер диспергують у вакуумі, бо $\omega \neq \omega(\vec{k})$;

в) хвилі де Бройлер диспергують у вакуумі, бо $\omega = \omega(\vec{k})$.

6. Що називають оператором?

а) Оператор – це диференціальна операція, яку необхідно виконати над хвильовою функцією, щоб одержати іншу хвильову функцію.

б) Оператор – це символ для позначення дії чи програми дій, яку необхідно виконати над певною функцією, щоб одержати іншу функцію.

в) Оператор – це математична дія чи група дій, яку необхідно виконати над комплексною функцією, щоб одержати іншу функцію.

7. Що називають хвильовою функцією?

а) Хвильова функція – це математичний образ того хвильового поля, яке пов'язують з кожною мікрочастиною, залежить від параметрів об'єкта і не залежить від фізичних умов, в яких він перебуває.

б) Хвильова функція – це математичний образ того хвильового поля, яке пов'язують з кожним мікрооб'єктом, що не залежить від параметрів об'єкта і фізичних умов, яких він перебуває.

в) Хвильова функція – це математичний образ того хвильового поля, яке пов'язують з кожним мікрооб'єктом, що залежить від параметрів об'єкта і фізичних умов, в яких він перебуває.

8. Запишіть у загальному вигляді рівняння для власних функцій і власних значень деякого довільного оператора.

а) $\hat{H}\psi(\vec{r}, t) = E\psi(\vec{r}, t)$, якщо ψ –функція задовольняє стандартним умовам та умові нормування $\int_V |\psi(\vec{r}, t)|^2 dV = 1$, тоді вона є власною функцією оператора E , а \hat{H} –

його власне значення.

б) $\hat{L}\psi(\vec{r}, t) = L\psi(\vec{r}, t)$, якщо ψ –функція задовольняє стандартним умовам та умові нормування $\int_V |\psi(\vec{r}, t)|^2 dV = 1$, тоді вона є власною функцією оператора \hat{L} , а L – його

власне значення.

в) $\hat{L}\psi(\vec{r}, t) = L\psi(\vec{r}, t)$, якщо ψ –функція задовольняє стандартним умовам та умові нормування $\int_V |\psi(\vec{r}, t)|^2 dV = 0$, тоді вона є власною функцією оператора \hat{L} , а L –

його власне значення.

9. Як визначається імовірність того, що при вимірюванні одержується значення L_n фізичної величини L ?

- а) Імовірність того, що при вимірюванні одержується значення L_n фізичної величини L , рівна квадрату модуля власних функцій $\psi_n(\vec{r}, t)$ оператора цієї величини \hat{L} , відповідного типу спектрів.
- б) Імовірність того, що при вимірюванні одержується значення L_n фізичної величини L , рівна квадрату модуля коефіцієнту C_n розкладу функції $\psi(\vec{r}, t)$ за власними функціями $\psi_n(\vec{r}, t)$ оператора цієї величини \hat{L} .
- в) Імовірність того, що при вимірюванні одержується значення L_n фізичної величини L , рівна квадрату модуля функції $\psi(\vec{r}, t)$ за власними значеннями L_n оператора цієї величини \hat{L} .

10. Сформулювати квантовий принцип причинності.

- а) У квантовій механіці існує однозначна динамічна закономірність для хвильової функції, через неї однозначно визначається густина ймовірності місцезнаходження частинки, а не саме місцезнаходження. Однозначно зв'язані не самі стани, а їх потенціальні можливості.
- б) У квантовій механіці існує однозначна динамічна закономірність для квадрата модуля хвильової функції, який визначається густину ймовірності місцезнаходження частинки, а не саме місцезнаходження. Однозначно зв'язані не самі стани, а їх статистичні можливості.
- в) У квантовій механіці існує неоднозначна динамічна закономірність для хвильової функції, через яку з певною ступінню ймовірності визначається місцезнаходження частинки. Однозначно квантові стани між собою не зв'язані, а зв'язані їх потенціальні можливості.

11. Який вигляд має оператор потенціальної енергії?

а) $\hat{U} = -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2$. б) $\hat{U} = i\hbar \frac{\partial}{\partial x}$. в) $\hat{U} = U(\vec{r}, t)$.

12. Записати квантові співвідношення, які відображають теореми Еренфеста.

а) $\overline{\dot{x}} = \frac{1}{m} \int_V \psi^* \hat{p}_x \psi dV$; $\overline{\dot{p}_x} = - \int_V \psi^* \frac{\partial U}{\partial x} \psi dV$. б) $\overline{\dot{x}} = \frac{1}{m} \int_V \psi^* \hat{x} \psi dV$; $\overline{\dot{p}_x} = \int_V \psi^* \hat{p}_x \psi dV$.

в) $\overline{\dot{x}} = \frac{1}{m} \int_V \psi^* \hat{p}_x \psi dV$; $\overline{\dot{p}_x} = \int_V \psi^* \hat{F}_x \psi dV$.

13. Як визначається середня густина електричного заряду?

а) $\vec{j} = \frac{ieN\hbar}{2} \int (\psi \nabla \psi^* - \psi^* \nabla \psi) dV$. б) $\vec{j} = \frac{i\hbar Ne}{2m} (\psi \nabla \psi^* - \psi^* \nabla \psi)$. в) $\vec{j} = \frac{-ieN\hbar}{2m} (\psi \nabla \psi^* + \psi^* \nabla \psi)$.

14. Який стан квантової системи називають стаціонарним?

- а) Стан квантової системи називають стаціонарним, якщо зовнішнє силове поле в якому вона перебуває не залежить від часу.
- б) Стан квантової системи називають стаціонарним, якщо хвильова функція, що описує такий стан не залежить від часу.
- в) Стан квантової системи називають стаціонарним, якщо зовнішнє силове поле в якому вона перебуває є залежною від часу.

15. Записати стаціонарне рівняння Шредінгера для координатної частини хвильової функції в диференціальній формі.

$$\text{a) } \hat{H}\psi(\vec{r}) = E\psi(\vec{r}). \quad \text{б) } \nabla^2 \psi + \frac{2m}{\hbar^2} (E - U(\vec{r}))\psi = 0. \quad \text{в) } i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \psi + U(\vec{r}, t)\psi.$$

Завдання №2 (0,75 бали за кожне)

1. Відшукати квантове число n збудженого стану атома водню, якщо відомо, що при переході до основного стану атом випромінює два фотони з довжинами хвиль $\lambda_1 = 656,3$ нм і $\lambda_2 = 121,6$ нм.

$$\text{Відповідь: } n = \sqrt{\frac{R_H \lambda_1 \lambda_2}{R_H \lambda_1 \lambda_2 - (\lambda_1 + \lambda_2)}} = 3.$$

2. Оцінити енергію основного стану осцилятора, скориставшись співвідношенням

$$\text{неозначеностей Гейзенберга } \overline{\Delta x^2} \cdot \overline{\Delta p_x^2} \geq \frac{\hbar^2}{4}, \quad \text{де } \hbar = \frac{h}{2\pi}, \quad \text{риска зверху позначає}$$

середнє значення.

$$\text{Відповідь: } \overline{E}_{\min} = \hbar\omega/2.$$

Завдання №3 (1 бал за кожне)

1. Перевірити наступну операторну рівність: $x^2 \frac{d}{dx} \frac{1}{x} = x \frac{d}{dx} - 1$.

2. Відшукати власне значення оператора \hat{A} , що належить власній функції ψ_A , якщо:

$$\hat{A} = -\frac{d^2}{dx^2}, \quad \psi_A = \sin 3x.$$

Відповідь: $A = 9$.

**Атестація №2 з тем: „Одновимірний рух або деякі застосування квантової теорії.
Рух частинки в центральносиметричному полі”**

Завдання №1 (0,1 бал за кожне)

1.1. Одновимірний рух квантової частини –це такий рух:

а) коли вона знаходиться у стаціонарному полі, що є функцією лише однієї координати;

б) коли вона знаходиться у нестаціонарному полі, що є функцією лише однієї координати;

в) коли вона знаходиться в однорідному стаціонарному полі і описується хвильовою функцією, що залежить лише від однієї координати.

1.2. Розв'язок одновимірного стаціонарного рівняння Шредінгера для частинки у прямокутній потенціальній ямі із нескінченно високими стінками дає дискретний спектр енергій:

$$\text{а) } E \sim n^2, \quad n = 1, 2, \dots; \quad \text{б) } E \sim \frac{1}{n^2}, \quad n = 1, 2, \dots; \quad \text{в) } E \sim n, \quad n = 1, 2, \dots$$

1.3. Коефіцієнт прозорості бар'єру прямокутної форми шириною a визначається як:

$$\text{а) } D = D_0 e^{-\frac{2m}{\hbar^2} a \sqrt{(U_0 - E)}}; \quad \text{б) } D = D_0 e^{-\frac{2}{\hbar} a \sqrt{2m(U_0 - E)}}; \quad \text{в) } D = D_0 e^{-\sqrt{\frac{2m}{\hbar^2} (U_0 - E)} a}.$$

1.4. Що називають квантовим лінійним гармонійним осцилятором?

а) квантову частинку, що рухається в стаціонарному потенціальному полі виду $U = \frac{m\omega^2}{2}$; б) квантову частинку, що рухається в стаціонарному потенціальному полі

виду $U = \frac{mx^2\omega^2}{2}$; в) квантову частинку, що рухається в стаціонарному

потенціальному полі виду $U = \frac{m\chi\omega^2}{2}$.

1.5. Для квантового лінійного гармонійного осцилятора дискретний спектр енергій визначається як:

а) $E_n = \left(n^2 + \frac{1}{2}\right)\hbar\omega$; б) $E_n = \left(n + \frac{1}{2}\right)\hbar\omega$; в) $E_n = \frac{n\hbar\omega}{2}$.

1.6. У центральньо-симетричному полі спектр власних значень проекції моменту імпульсу на вісь Z визначається:

а) $L_z^2 = \hbar^2 l(l+1)$, $l = 0, 1, \dots$ б) $L_z = m\hbar$, $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ в) $L_z = \pm \frac{1}{2}\hbar$.

1.7. Спектр енергії у водневоподібному атомі:

а) неперервний; б) дискретний $E_n \sim \frac{1}{n^2}$; в) дискретний $E_n \sim n^2$;

1.8. Хвильова функція нестационарного стану водневоподібного атома має наступний вигляд:

а) $\psi_{nlm}(r, \theta, \varphi) = R_{nl}(r)Y_{lm}(\theta, \varphi)$, n, l, m – квантові числа, що задають стан атома.

б) $\psi_{nlm}(r, \theta, \varphi, t) = R_{nl}(r)Y_{lm}(\theta, \varphi)e^{-i\frac{E_n t}{\hbar}}$, n, l, m – квантові числа, що задають стан атома.

в) $\psi_{nlm}(r, \theta, \varphi, t) = R_{nl}(r)Y_{lm}(\theta, \varphi)e^{-i\omega t}$, n, l, m – квантові числа, що задають стан атома.

1.9. Магнітне квантове число для воднево подібного атома змінюється у межах:

а) $m = 0, 1, 2, 3, \dots, \infty$; б) $m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots, \pm n$; в) $m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots, \pm l$.

1.10. Магнетон Бора це –

а) найменший магнітний момент електрона в атомі $\mu_B = -\frac{e\hbar}{2m_e}$

б) магнітний момент електрона в атомі $\mu_B = -\frac{e}{2m_e}\hbar\sqrt{s(s+1)}$, $s = \pm \frac{1}{2}$

в) найменший магнітний момент електрона в атомі $\mu_B = -\frac{e\hbar}{m_e}$.

Завдання №2 (0,5 бали за кожне)

2.1. Магнітний момент атома в стані 4D дорівнює нулю. Відшукати його механічний момент.

Відповідь: $\frac{\sqrt{3}}{2}\hbar$.

Завдання №3 (1 бал за кожне)

3.1. Відшукати власне значення оператора квадрата моменту імпульсу \hat{L}^2 , що відповідає його власній функції $Y(\theta, \varphi) = A(3\cos^2\theta - 1 + \sin 2\theta\cos\varphi)$.

Відповідь: $L^2 = 6\hbar^2$.

3.2. Використовуючи таблиці 1 і 2, обрахувати нормовочний коефіцієнт хвильової функції $1s$ - стану електрона в атомі водню. Записати вигляд цієї функції.

Відповідь: $\psi_{1,0,0} = \left(\pi a^3\right)^{-\frac{1}{2}} e^{-\frac{r}{a}}$, де $a = \frac{4\pi\epsilon_0\hbar^2}{me^2} = 0,0529$ нм – радіус першої

борівської орбіти.

Завдання №4 (1,5 бали за кожне)

4.1. Відшукати енергетичні рівні частинки масою m , що рухається у потенціальному полі наступного вигляду:

$$U(x) = \begin{cases} \infty, & x < 0 \\ \frac{kx^2}{2}, & x > 0 \end{cases}$$

Відповідь: $E_l = \hbar\omega\left(2l + \frac{3}{2}\right)$.

Додаток К.4.4. «Теоретична фізика (термодинаміка і статистична фізика)»

Атестація № 2 зі статистичної фізики

Завдання №1 (0,06 балів за кожне)

1. Однозначне задання $3N$ узагальнених координат і $3N$ узагальнених імпульсів визначає:

- а) макроскопічний стан системи;
- б) мікроскопічний стан термодинамічної системи;
- в) квантовий стан термодинамічної системи.

2. Процес переходу системи з нерівноважного стану в рівноважний називають ...

- а) фазовим переходом; б) релаксацією; в) зрівноваженням.

3. Імовірність для ансамблю системи в статистичній фізиці визначається як:

- а) $W_i = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{n_i}{N}$, n_i – число членів ансамблю в i стані; б) $W_i = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{t_i}{T}$, t_i – час

перебування членів ансамблю в i стані;

4. Функція статистичного розподілу визначає:

- а) розподіл ймовірностей для q і p , що задають мікростан системи;
- б) розподіл енергій, які задають мікростан системи;
- в) розподіл імпульсів, які задають мікростан системи.

5. Імовірність для значень будь-якої фізичної величини знаходиться за допомогою розподілу:

- а) $dW(q, p) = \rho(q, p)d\Gamma$; б) $W(q, p) = \int_{\Gamma} L(q, p)\rho(q, p)d\Gamma$;

- в) $\bar{L}(q, p) = \int_{\Gamma} L(q, p)\rho(q, p)d\Gamma$.

6. Сформулювати теорему Ліувілля.

- а) функція статистичного розподілу знакозмінна вздовж траєкторії фазових точок у фазовому просторі; б) функція статистичного розподілу постійна вздовж траєкторії

фазових точок у фазовому просторі; в) функція статистичного розподілу постійна вздовж фазової поверхні у фазовому просторі.

7. Мікроканонічний розподіл має вигляд:

$$\text{а) } dW(q, p) = \text{const} \delta(E_0 - E) d\Gamma; \quad \text{б) } dW(q, p) = \frac{1}{z} e^{-\frac{E(q, p)}{kT}} d\Gamma, \quad z = \int e^{-\frac{E(q, p)}{kT}} d\Gamma;$$

$$\text{в) } dW(q, p) = \frac{1}{I^2} e^{-\frac{E(q, p)}{\theta}} d\Gamma, \quad I = \int e^{-\frac{E(q, p)}{\theta}} d\Gamma.$$

8. Які властивості має модуль канонічного розподілу?

а) макроканонічна величина, яка є характеристикою термостата, додатня і володіє всіма властивостями термодинамічної температури; б) макроканонічна величина, яка є характеристикою підсистеми в термостаті, додатня і володіє всіма властивостями термодинамічної температури; в) макроканонічна величина, яка є характеристикою термостата, від'ємна і володіє всіма властивостями термодинамічної температури.

9. Квантовий канонічний розподіл має вигляд:

$$\text{а) } W(\varepsilon) = \frac{1}{Z} e^{-\frac{\varepsilon}{kT}} \Omega(\varepsilon); \quad Z = \sum_{\varepsilon} \Omega(\varepsilon) e^{-\frac{\varepsilon}{kT}}; \quad \text{б) } dW(q, p) = \frac{1}{Z} e^{-\frac{E(q, p)}{kT}} d\Gamma, \quad Z = \int e^{-\frac{E(q, p)}{kT}} d\Gamma;$$

$$\text{в) } dW(q, p) = \text{const} \delta(E_0 - E) d\Gamma.$$

10. Що називають термодинамічною імовірністю макростану?

а) величина, що чисельно рівна кількості макростанів, за допомогою яких реалізується даний мікростан; б) величина, що чисельно рівна кількості мікростанів, за допомогою яких реалізується даний макростан; в) макроканонічна величина, яка є характеристикою термостата, що чисельно рівна кількості мікростанів, за допомогою яких реалізується даний макростан термостата.

11. Розподіл Максвела за енергіями молекул ідеального газу має вигляд:

$$\text{а) } dW(\varepsilon) = \text{const} e^{-\frac{\varepsilon}{2kT}} \varepsilon^2 d\varepsilon; \quad \text{б) } dW(\varepsilon) = \text{const} e^{-\frac{\varepsilon}{kT}} \varepsilon d\varepsilon;$$

$$\text{в) } dW(\varepsilon) = \text{const} e^{-\frac{mv^2}{2kT}} \sqrt{\varepsilon} d\varepsilon.$$

12. Розподіл Больцмана за висотою концентрації молекул ідеального газу в полі сили тяжіння має вигляд:

$$\text{а) } dn(z) = \frac{nmg}{kT} e^{-\frac{mgz}{kT}} dz; \quad \text{б) } dn(z) = \frac{nmg}{kT} e^{-\frac{mgz}{kT}} dz;$$

$$\text{в) } dn(z) = \frac{nkT}{mg} e^{-\frac{mgz}{kT}} dz.$$

13. Для макросистеми – ідеальний газ, кількість мікростанів системи визначається за наступною формулою:

$$\text{а) } d\Omega = \frac{d\Gamma}{(2\pi\hbar)^f}; \quad \text{б) } d\Omega = \frac{d\Gamma}{N!(2\pi\hbar)^f}; \quad \text{в) } d\Omega = N!(2\pi\hbar)^f d\Gamma.$$

14. Розподіл Больцмана для простору конфігурацій має вигляд:

$$\text{а) } dW(x, y, z) = \text{const} e^{-\frac{kx^2}{2kT}} dx dy dz; \quad \text{б) } dW(x, y, z) = \text{const} e^{-\frac{U(x, y, z)}{kT}} dx dy dz;$$

$$\text{в) } dW(x, y, z) = \text{const} e^{-\frac{U(x, y, z)}{kT}} V dx dy dz.$$

15. Середньоарифметичну швидкість молекул ідеального газу можна визначити з умови:

$$\text{а) } \bar{v} = \int v \rho(v) dW(v); \text{ б) } \bar{v} = \int v \rho(v) dW(v); \text{ в) } \bar{v} = \int v dW(v)$$

16. Барометрична формула визначає ...

а) залежність тиску ізотермічного стовпа ідеального газу від висоти за умови, що поле тяжіння однорідне;

б) залежність тиску адіабатичного стовпа ідеального газу від висоти за умови, що поле тяжіння однорідне; в) залежність тиску ізотермічного стовпа ідеального газу від висоти за умови, що поле тяжіння стаціонарне.

17. Зв'язок рівняння стану ідеального газу із статистичною сумою наступний:

$$\text{а) } p = RT \frac{\partial}{\partial T} (\ln Z)_V; \text{ б) } p = kT \frac{\partial}{\partial V} (\ln Z)_T; \text{ в) } pV = R \frac{\partial}{\partial T} (Z)_p.$$

18. Вільна енергія ідеального газу пов'язана із статистичною сумою наступним співвідношенням:

$$\text{а) } F = kT^2 \frac{\partial}{\partial T} (\ln Z)_V; \text{ б) } F = -kT (\ln Z)_V; \text{ в) } \Phi = kT \frac{\partial}{\partial V} (\ln Z)_T.$$

19. Великий канонічний розподіл Гіббса має вигляд:

$$\text{а) } W(\varepsilon, n) = \frac{\Omega(\varepsilon, n) e^{\frac{\varepsilon - \mu n}{kT}}}{\sum_{\varepsilon} \sum_n \Omega(\varepsilon, n) e^{\frac{\varepsilon - \mu n}{kT}}}; \text{ б) } W(\varepsilon, n) = \frac{\Omega(\varepsilon, n) e^{\frac{\mu n - \varepsilon}{kT}}}{\sum_{\varepsilon} \sum_n \Omega(\varepsilon, n) e^{\frac{\mu n - \varepsilon}{kT}}}; \text{ в) } W(\varepsilon, n) = \frac{\Omega(\varepsilon, n) e^{\frac{\mu - \varepsilon n}{kT}}}{\sum_{\varepsilon} \sum_n \Omega(\varepsilon, n) e^{\frac{\mu - \varepsilon n}{kT}}}.$$

20. Внутрішня енергія термодинамічної системи із незмінною температурою і сталим хімічним потенціалом, але із змінним числом частинок пов'язана із статистичною сумою наступним співвідношенням:

$$\text{а) } U = kT^2 \frac{\partial}{\partial T} (\ln \Phi)_V + \mu N. \text{ б) } U = kT^2 \frac{\partial}{\partial T} (\ln \Phi)_V - \mu N.$$

$$\text{в) } U = -kT^2 \frac{\partial}{\partial T} (\ln \Phi)_V + \mu N.$$

21. Формула Больцмана, що відображає статистичний зміст ентропії має вигляд:

$$\text{а) } S = k \ln W_T \text{ б) } W_T = k \ln S \text{ в) } S = -k \ln W_T$$

22. Розподіл Фермі-Дірака для газу ферміонів має вигляд:

$$\text{а) } \bar{n}_{\alpha} = \frac{1}{e^{\frac{\varepsilon_{\alpha} - \mu}{kT}} + 1}; \text{ б) } \bar{n}_{\alpha} = \frac{1}{e^{\frac{\varepsilon_{\alpha} - \mu}{kT}} - 1}; \text{ в) } \bar{n}_{\alpha} = \frac{1}{e^{\frac{\mu - \varepsilon_{\alpha}}{kT}} + 1}.$$

23. Як розраховується відносна флуктуація фізичної величини?

$$\text{а) } \delta F = \sqrt{\langle F^2 \rangle - \langle F \rangle^2}; \text{ б) } \eta = \frac{\delta F}{F}; \text{ в) } \eta = \frac{\sqrt{\langle F^2 \rangle}}{\langle F \rangle^2}.$$

24. Як розраховується абсолютна флуктуація енергії системи?

$$\text{а) } \delta E = \sqrt{kT^2 \frac{\partial U}{\partial T}}; \text{ б) } \eta_E = \frac{\sqrt{kT^2 \frac{\partial U}{\partial T}}}{E}; \text{ в) } \eta = \sqrt{\frac{E}{kT}}.$$

25. Як розраховується абсолютна флуктуація загальної кількості частинок системи?

а) $\delta N = \sqrt{N}$; б) $\eta_N = \frac{1}{\sqrt{N}}$; в) $\eta_N = \sqrt{\frac{\Delta N}{N}}$.

Завдання №2 (1 бал за кожне)

2.1. Визначити вагу P газу, що знаходиться у вертикальній циліндричній посудині. Площа основи посудина S , висота h . Тиск газу на рівні нижньої основи циліндра P_0 . Молярна маса газу μ .

Відповідь: $P = P_0 S \left(1 - e^{-\frac{\mu g h}{kT}} \right)$

2.2. Показати, що центр ваги вертикального циліндричного стовпа повітря знаходиться на висоті h_c , на якій густина газу зменшується в „ e ” разів. Вважати, що температура повітря T не залежить від h .

Відповідь: $h_c = \frac{RT}{\mu g}$.

2.3. При збільшенні висоти h над рівнем моря (приблизно до 10 км) температура повітря змінюється згідно закону $T = T_0(1 - ah)$, де $a = const$. За яким законом змінюється тиск в залежності від h ? Тиск повітря на рівні моря рівний p_0 .

Відповідь: $p = p_0(1 - ah) \frac{\mu g}{aRT_0}$.

Завдання №3 (0,5 балів)

3.1. За допомогою канонічного розподілу Гіббса відшукати вільну енергію ідеального газу.

Додаток Л
Матеріали до результатів педагогічного експерименту

Додаток Л.1
Результати анкетувань

Таблиця Л.1.1

Результати анкет з виявлення особистісних складників МКФ

№ з/п	Прізвище, ім'я студена	ціннісні орієнтації				креативність				творча індивідуальність			
		Початок		Кінець		Початок		Кінець		Початок		Кінець	
		Бал	Рівень	Бал	Рівень	Бал	Рівень	Бал	Рівень	Бал	Рівень	Бал	Рівень
1.	Білольський О.	3,1	С	3,8	Д	3,8	Д	4,5	В	3,8	Д	4,5	В
2.	Бобик І.	3,3	С	4,3	В	3,0	С	3,4	С	2,3	Н	3,3	С
3.	Богданова В.	3,4	С	3,3	С	3,1	С	3,3	С	3,2	С	3,4	С
4.	Бондаренко Д.	3,4	С	3,4	С	2,4	Н	2,9	С	3,4	С	3,5	С
5.	Васютяк І.	3,3	С	3,4	С	3,6	Д	3,8	Д	3,6	Д	3,8	Д
6.	Гавчук К.	3,4	С	3,3	С	3,6	Д	3,9	Д	4,5	В	4,7	В
7.	Гичко А.	2,9	С	3,6	Д	3,6	Д	3,8	Д	3,7	Д	3,9	Д
8.	Дирка О.	3,6	Д	3,9	Д	3,8	Д	3,7	Д	3,8	Д	3,8	Д
9.	Друзенко С.	3,4	С	3,5	С	3,7	Д	3,8	Д	3,4	С	3,7	Д
10.	Жалоба О.	3,4	С	3,7	Д	3,7	Д	4,0	Д	3,2	С	3,5	Д
11.	Жиган І.	2,7	С	2,9	С	3,3	С	3,2	С	3,1	С	3,4	С
12.	Заболотна В.	3,6	Д	3,5	С	3,4	С	3,8	Д	3,4	С	3,6	Д
13.	Іщенко Є.	3,4	С	3,3	С	3,9	Д	3,4	С	4,5	В	4,6	В
14.	Кіктева А.	2,6	С	3,2	С	2,8	С	2,9	С	2,1	Н	3,2	С
15.	Кісіль С.	2,4	Н	3,1	С	3,6	Д	3,2	С	3,3	С	3,4	С
16.	Ковальчук Л.	2,8	С	3,1	С	3,3	С	3,1	С	3,1	С	3,3	С
17.	Куценко В.	2,8	С	2,8	С	3,1	С	3,0	С	2,8	Н	3,2	С
18.	Мажара А.	3,4	С	4,1	Д	3,6	Д	3,7	Д	3,4	С	3,6	Д
19.	Мажара О.	3,2	С	3,1	С	3,1	С	3,1	С	2,3	Н	3,0	С
20.	Марінов О.	3,7	Д	3,8	Д	3,8	Д	4,2	Д	3,7	Д	3,9	Д
21.	Марченко О.	4,0	Д	4,2	Д	4,3	Д	4,4	Д	3,8	Д	,9	Д
22.	Мисліцький О.	3,2	С	3,5	С	2,4	Н	2,8	С	3,2	С	3,4	С
23.	Нагорний В.	3,2	С	3,4	С	2,9	С	3,3	С	3,4	С	3,6	С
24.	Небога А.	3,5	С	3,4	С	3,5	С	3,3	С	3,5	Д	3,4	С
25.	Пісний А.	2,4	Н	2,3	С	3,5	С	3,5	С	2,5	Н	3,0	С
26.	Станченко А.	2,9	С	3,1	С	3,1	С	3,4	С	3,2	С	3,3	С
27.	Черненко О.	3,5	С	3,8	Д	3,9	Д	4,4	В	3,9	Д	3,9	Д

0–2,9 (Н – низький); 3–3,4 (С – середній); 3,5–4 (Д – достатній); 4,1–5,0 (В – високий)

**Результати
виявлення рівнів сформованості мотиваційних умінь визначати цілі й
завдання своєї діяльності та забезпечувати їх ефективне виконання**

Прізвище, ім'я студена	Потреба в професійній діяльності		Прагнення до наукової роботи		Прагнення до навч.-метод. роботи		Професійні мотиви		Творчі мотиви		Всього	
	Початок теми	Кінець теми	Початок теми	Кінець теми	Початок теми	Кінець теми	Початок теми	Кінець теми	Початок теми	Кінець теми	Початок теми	Кінець теми
Биченко Т.	4	4	4	4	3	3	3	4	1	2	15	17
Бойко О.	5	5	5	5	3	3	5	5	3	3	21	21
Високих А.	4	4	4	5	1	1	2	3	1	2	12	15
Волошин С.	4	4	4	4	3	3	3	4	2	2	16	17
Габор В.	2	3	2	3	1	2	2	3	1	2	8	13
Гончарова В.	1	2	1	2	0	1	2	2	0	0	4	7
Довгополий А.	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	23	25
Додорошко С.	4	4	6	7	4	5	5	6	4	5	23	27
Ємельянов О.	4	5	4	5	4	4	3	4	3	4	18	22
Жигора І.	3	4	2	3	2	3	3	3	1	2	11	15
Жук Ю.	2	3	3	2	1	1	2	3	1	2	9	11
Портенко Г.	3	3	2	2	1	2	1	1	1	1	8	9
Ревука Д.	3	4	3	3	1	1	3	3	2	3	12	14
Смолінчук О.	5	5	5	4	3	4	4	5	2	3	19	21
Стриживус А.	4	4	4	5	4	5	3	4	2	3	17	21
Стрілець Р.	3	3	4	4	1	3	1	2	1	2	10	14
Ткаченко А.	3	3	2	3	2	3	3	4	2	3	12	16
Харченко Є.	4	4	4	4	3	3	3	3	2	3	16	17
Хоменко Д.	6	7	6	6	4	4	5	5	4	4	25	26
Шаповалов В.	4	4	4	5	2	2	3	4	1	2	14	17
Шевчук А.	4	4	4	4	2	2	3	3	1	2	14	15
Шевчук В.	2	2	2	3	0	1	1	2	0	1	5	9
Шоменко Д.	4	4	2	3	2	2	1	1	0	1	7	11

Високий рівень – 26–30 балів; достатній рівень – 20 – 25 балів; середній рівень – 14 – 19 балів; низький рівень – 8 – 13 балів.

Результати вивчення змін у формуванні рефлексивних умінь як здатність організувати свою діяльність як складник колективної роботи

Прізвище, ім'я студента	Активна самооцінка		Власна позиція		Прагнення до саморозвитку в проф. діяльності		Здатність брати відповідальність за рішення		Уміння регулювати професійну діяльність		Загалом	
	Початок теми	Кінець теми	Початок теми	Кінець теми	Початок теми	Кінець теми	Початок теми	Кінець теми	Початок теми	Кінець теми	Початок теми	Кінець теми
Биченко Т.	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Бойко О.	2	3	3	4	5	5	3	3	2	2	15	18
Високих А.	3	4	3	3	1	2	4	4	2	2	13	15
Волошин С.	2	2	2	2	1	2	2	3	3	3	10	12
Габор В.	2	4	4	4	4	4	3	3	4	4	17	19
Гончарова В.	3	3	3	3	2	3	4	4	3	4	15	17
Довгополий А.	1	3	4	3	2	3	5	5	3	3	15	18
Додорошко С.	5	5	5	5	1	3	3	3	5	3	18	21
Ємельянов О.	4	4	3	3	1	3	4	4	3	5	15	18
Жигора І.	1	3	3	3	0	2	3	3	2	4	9	14
Жук Ю.	2	3	2	3	5	5	4	4	4	3	17	19
Портенко Г.	1	3	3	4	4	5	4	4	4	4	16	20
Ревука Д.	2	4	4	4	1	3	2	3	3	4	12	18
Смолінчук О.	1	3	6	6	5	5	5	5	4	4	21	23
Стриживус А.	2	2	5	5	1	2	4	4	5	5	17	18
Стрілець Р.	3	3	2	2	1	2	2	3	3	4	11	14
Ткаченко А.	1	2	4	4	2	3	4	4	4	4	15	17
Харченко Є.	5	6	3	5	5	6	2	4	5	6	20	27
Хоменко Д.	4	4	4	4	2	3	5	5	3	4	18	20
Шаповалов В.	2	3	4	4	4	3	3	4	5	5	18	20
Шевчук А.	4	4	3	3	1	4	2	3	5	5	15	17
Шевчук В.	4	5	6	5	4	5	5	6	6	7	25	28
Шоменко Д.	2	3	3	3	4	4	4	4	4	4	17	18
Биченко Т.	1	2	2	3	1	2	4	4	3	3	11	11

Високий рівень – 26 – 30 балів; достатній рівень – 20 – 25 балів; середній рівень – 14 – 19 балів; низький рівень – 8 – 13 балів.

Таблиця Л.1.4

Анкета з «Виявлення готовності студентів використовувати інформаційні комп'ютерні технології»

№ з/п	Зміст запитання	Так
1.	Чи маєте Ви вдома комп'ютер удома?	98%
2.	Чи підключений він до мережі Інтернет?	85%
3.	Чи працюєте Ви в Moodle?	68%
4.	Чи вмієте Ви працювати в Вікі-середовищі?	88%
5.	Чи вмієте Ви програмувати?	87%
6.	Чи вмієте Ви здійснювати пошук необхідної інформації в Інтернеті?	97%
7.	Чи шукаєте Ви інформацію в мережі Інтернет за завданням викладача?	75%
8.	Чи надає Вам викладач адреси освітніх сайтів для пошуку інформації?	55%
9.	Чи використовується комп'ютер на практичних заняттях з теоретичних курсів фізики?	42%
10.	Чи маєте Ви вдома навчальні програмні продукти з теоретичної фізики?	10%
11.	Чи застосовуєте інформаційні математичні пакети для виконання навчальних завдань з теоретичних курсів фізики?	42%

Анкета «Знання студентами різних джерел і видів інформації, способів її обробки»

1.	Укажіть джерела інформації, якими Ви користуєтесь під час вивчення ММФ і ТФ (в аудиторії і самостійній роботі)	Інтернет (77%); підручник (67,4%); телебачення (32%); збірники задач (17%); довідники (8%); періодичні видання (7%); конспект (6,5%)
2.	Яким джерелам інформації Ви віддаєте перевагу?	Інтернет (74%); підручник (25%); телебачення (8%); довідники (3%); періодичні видання (3%)
3.	Назвіть структурні компоненти Вашого підручника (посібника)	Правильно назвали лише 22% студентів
4.	Яка частина підручника (енциклопедії) дає змогу швидко знайти інформацію про конкретний об'єкт?	Алфавітний покажчик (61%)
5.	Звідки можна взяти числові значення фізичних величин під час виконання короткого запису задачі?	Таблиці (41%); довідник (32%); збірник задач (25%); підручник (12%)
6.	Яким джерелам інформації Ви довіряєте, а в яких, на Вашу думку, інформація може бути не достовірною?	Довіряють: книги, підручники (58%); Інтернет (22%). Не довіряють: Інтернет (56%); телебачення (12%)
7.	Яким чином Ви перевіряєте достовірність інформації?	Порівнюють (41%); запитують у викладача (34%); підручник (7%)
8.	Навіщо поряд із текстовою інформацією подаються малюнки, фотознімки, схеми?	Для кращого розуміння (31%); сприйняття (20%); засвоєння (22%)
9.	Якщо інформація представлена у вигляді графіка, на що Ви в першу чергу звертаєте увагу?	Назви осей (31%); числові значення (24%); вид (20%); одиниці вимірювання (5%)
10.	У яких періодичних виданнях Ви підбираєте додаткову інформацію до занять з ММФ і ТФ?	81% студентів не змогли назвати жодного періодичного видання

Тематичні атестації з ММФ і ТФ

№ з/п	Прізвище, ім'я студена	Перевірка сформованості компонентів когнітивно-діяльнісного складника МКФ в курсі ММФ				Завдання для виявлення рівня розуміння, уміння застосовувати ММФ під час вивчення ТФ			
		Початок		Кінець		Початок		Кінець	
		Бал	Рівень	Бал	Рівень	Бал	Рівень	Бал	Рівень
1.	Багчук В.	3,0	С	2,9	Н	2,5	Н	2,6	Н
2.	Батенко О.	3,0	С	3,2	С	3,1	С	3,2	С
3.	Бугаєнко О.	3,3	С	3,4	С	3,0	С	3,4	С
4.	Григір В.	3,2	С	3,3	С	3,3	С	3,6	Д
5.	Декарчук М.	3,1	С	3,2	С	2,8	Н	3,1	С
6.	Демидчик С.	3,3	С	3,4	С	3,3	С	3,3	С
7.	Дигадюк О.	2,9	Н	3,1	С	2,5	Н	2,4	Н
8.	Кивгило Р.	3,2	С	3,3	С	3,2	С	3,4	С
9.	Ковальов С.	3,1	С	2,9	Н	3,0	С	2,8	Н
10.	Лазаренко Д.	3,4	С	3,4	С	3,2	С	3,2	С
11.	Логінов С.	3,1	С	3,3	С	2,8	Н	3,1	С
12.	Мулаєв К.	2,8	Н	2,9	Н	3,0	С	3,1	С
13.	Павленко В.	2,8	Н	3,2	С	2,8	Н	3,1	С
14.	Пікуща І.	4,5	В	4,6	В	3,9	Д	4,2	В
15.	Путря О.	3,9	Д	4,0	Д	3,8	С	4,2	Д
16.	Разумков К.	12	С	13	С	3,4	С	3,3	С
17.	Руденко Д.	3,1	С	3,1	С	3,2	С	3,4	С
18.	Сиротюк О.	3,2	С	3,4	С	3,0	С	3,2	С
19.	Скороход Т.	2,5	Н	2,9	Н	2,9	Н	2,8	Н
20.	Слесаренко В.	3,0	С	2,9	Н	3,0	С	2,9	Н
21.	Соменко Д.	3,4	С	3,6	Д	3,9	Д	4,2	В
22.	Турчак А.	3,2	С	3,2	С	3,1	С	3,3	С
23.	Христюк А.	3,3	С	3,2	С	3,0	С	3,1	С
24.	Хруль Т.	3,4	С	3,3	С	3,3	С	3,4	С
25.	Цюпа В.	4,0	Д	4,5	В	3,4	С	4,1	В
26.	Щербіна О.	2,5	Н	2,9	Н	2,8	Н	2,9	Н
27.	Якунін Р.	3,3	С	3,4	С	3,4	С	3,4	С

Високий рівень – 4,1–5,0 бали; достатній рівень – 3,5–4 бали; середній рівень – 3–3,4 бали; низький рівень – 0–2,9 бали.

Визначення рівня сформованості компонентів емоційно-вольового складника МКФ студентів

№ з/п	Прізвище, ім'я студента	Наполегливість у досягненні поставленої мети в професійній галузі				Цілеспрямованість дій у професійному середовищі			
		Початок		Кінець		Початок		Кінець	
		Бал	Рівень	Бал	Рівень	Бал	Рівень	Бал	Рівень
1.	Багчук В.	2,5	Н	2,9	Н	2,1	Н	2,2	Н
2.	Батенко О.	3,2	С	3,3	С	3,2	С	3,4	С
3.	Бугаєнко О.	3,3	С	3,4	С	3,1	С	3,4	С
4.	Григір В.	3,0	С	3,2	С	3,2	С	3,8	Д
5.	Декарчук М.	2,6	Н	2,8	Н	3,3	С	3,4	С
6.	Демидчик С.	3,4	С	3,4	С	3,0	С	3,4	С
7.	Дигадюк О.	2,1	Н	2,3	Н	2,5	Н	3,0	С
8.	Кивгило Р.	2,0	Н	2,3	Н	3,2	С	3,4	С
9.	Ковальов С.	3,6	Д	3,8	Д	3,0	С	3,2	С
10.	Лазаренко Д.	4,2	В	4,5	В	3,4	С	3,6	Д
11.	Логінов С.	3,7	С	3,8	С	3,6	Д	3,4	С
12.	Мулаєв К.	2,8	Н	3,1	С	1,9	Н	2,2	Н
13.	Павленко В.	3,3	С	3,2	С	3,5	Д	3,4	С
14.	Пікуща І.	3,4	С	3,9	Н	3,3	С	3,4	С
15.	Путря О.	3,2	С	3,3	С	3,0	С	3,2	С
16.	Разумков К.	2,1	Н	2,3	С	2,9	Н	3,1	С
17.	Руденко Д.	3,2	С	3,4	С	3,2	С	3,4	С
18.	Сиротюк О.	1,8	Н	2,0	Н	3,3	С	3,4	С
19.	Скороход Т.	2,3	Н	2,5	Н	3,1	С	2,9	Н
20.	Слесаренко В.	3,4	С	3,4	С	3,3	С	3,3	С
21.	Соменко Д.	3,9	Д	4,2	В	3,3	С	3,4	С
22.	Турчак А.	2,1	Н	2,5	Н	2,9	Н	3,2	С
23.	Христюк А.	2,8	Н	3,1	С	3,2	С	3,4	С
24.	Хруль Т.	2,6	Н	3,0	С	2,7	Н	3,0	С
25.	Цюпа В.	2,7	Н	3,2	С	2,9	Н	3,3	С
26.	Щербіна О.	1,8	Н	2,2	Н	2,8	Н	3,0	С
27.	Якунін Р.	3,3	С	3,4	С	3,3	С	3,4	С

Високий рівень – 4,1–5,0 бали; достатній рівень – 3,5–4 бали; середній рівень – 3–3,4 бали; низький рівень – 0–2,9 бали.

Додаток Л.2

Алгоритм розрахунку критерію χ^2

1. Занести в таблицю найменування розрядів і відповідні їм емпіричні частоти (перший стовпчик), поряд із кожною емпіричною частотою записати теоретичну частоту (другий стовпчик).
2. Підрахувати різниці між емпіричною та теоретичною частотою за кожним розрядом (рядком) і записати їх у третій стовпчик.
3. Визначити число ступенів свободи за формулою: $\nu = k - 1$, де k – кількість розрядів ознаки. Якщо $\nu = 1$, ввести поправку на «неперервність».
4. Піднести до квадрату отримані різниці і занести їх у четвертий стовпчик.
5. Розділити отримані квадрати різниць на теоретичну частоту і записати результати в п'ятий стовпчик.
6. Підсумувати значення п'ятого стовпчика. Отриману суму позначити як $\chi^2_{\text{емп}}$.
7. Визначити за табл. IX додатка 1 [389] критичні значення для даного числа ступенів свободи.

Якщо $\chi^2_{\text{емп}}$ менше критичного значення, відмінність між розподілами статистично недостовірна. Якщо $\chi^2_{\text{емп}}$ дорівнює або більше критичного значення, то відмінність між розподілами є статистично достовірною.

Додаток Л.3

Алгоритм розрахунку критерію знаків G

1. Підрахувати кількість нульових реакцій і виключити їх із розгляду, у результаті чого n зменшиться на кількість нульових реакцій.
2. Визначити напрям змін, що є переважаючими. Вважати їх «типовими».
3. Визначити кількість «нетипових» змін. Вважати це число емпіричним значенням критерію G.
4. За табл. V додатка 1 [389] визначити критичне значення критерію для даного n .
5. Порівняти критичне та емпіричне значення критерію. Якщо $G_{\text{емп}} < G_{\text{кр}}$, то типові зміни можна вважати достовірними, якщо $G_{\text{емп}} > G_{\text{кр}}$ – зміни не достовірні.

Застосування G-критерію знаків для визначення достовірності змін рівня сформованості МКФ студентів

№ з/п	Прізвище, ім'я студена	На початку експерименту				У кінці експерименту							
		Компоненти			КД складника МКФ	Компоненти					КД складника МКФ	Зміни	
		Когні-тивний	Діяль-нісний	Особис-тісний		Когні-тивний	Зміни	Діяль-нісний	Зміни	Особис-тісний			Зміни
1.	Багчук В.	Н	Н	С	Н	Н	+	Н	0	С	0	Н	0
2.	Батенко О.	С	С	С	С	С	0	С	0	Д	+	С	0
3.	Бугаєнко О.	С	С	Д	С	С	0	С	0	Д	0	С	0
4.	Григір В.	С	С	Д	С	С	0	С	0	Д	0	С	0
5.	Декарчук М.	Н	С	Д	С	Д	+	Д	+	Д	0	Д	+
6.	Демидчик С.	С	С	Д	С	С	0	С	0	Д	0	С	0
7.	Дигадюк О.	С	С	Д	С	Д	+	Д	+	Д	0	Д	+
8.	Кивгило Р.	С	С	С	С	С	0	С	0	С	0	С	0
9.	Ковальов С.	С	Н	С	С	Н	-	Н	+	С	0	Н	0
10.	Лазаренко Д.	Д	Д	Д	Д	Д	0	Д	0	Д	0	Д	0
11.	Логінов С.	С	С	С	С	С	0	С	0	С	0	С	0
12.	Мулаєв К.	Н	Н	С	Н	С	+	С	+	С	0	С	+
13.	Павленко В.	Н	С	С	С	С	+	С	+	С	0	С	+
14.	Пікуща І.	В	Д	В	В	В	0	Д	0	В	0	В	0
15.	Путря О.	С	С	Д	С	Д	+	Д	+	Д	0	Д	+
16.	Разумков К.	С	С	Н	С	С	0	С	0	С	+	С	0
17.	Руденко Д.	С	Д	Д	Д	Д	+	Д	0	Д	0	Д	0
18.	Сиротюк О.	Н	С	С	С	Н	0	С	0	С	0	С	0
19.	Скороход Т.	С	Д	С	С	С	0	С	-	Д	+	С	0
20.	Слесаренко В.	С	С	Д	С	Д	+	С	0	С	-	С	0
21.	Соменко Д.	С	Н	Д	С	С	0	С	+	С	-	С	0
22.	Турчак А.	Н	С	С	С	С	+	С	0	С	0	С	0
23.	Христюк А.	С	С	С	С	С	0	С	0	С	0	С	0
24.	Хруль Т.	Н	С	С	С	С	+	С	0	С	0	С	0
25.	Цюпа В.	С	С	Д	С	Д	+	Д	+	Д	0	Д	+
26.	Щербіна О.	С	С	Н	С	С	0	С	0	С	+	С	0
27.	Якунін Р.	С	С	С	С	С	0	С	0	С	0	С	0
		Додатні зміни					11		8		4		6
		Від'ємні зміни					1		1		2		0
		Нульові зміни					15		18		21		21

Додаток М

Довідки про впровадження результатів педагогічного експерименту



УКРАЇНА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
 ЧЕРКАСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
 ІМЕНІ БОГДАНА ХМЕЛЬНИЦЬКОГО

18031, м. Черкаси, бульвар Т.Шевченка, 81, тел./факс: (0472) 35-44-63, 37-21-42, e-mail: cic@cdu.edu.ua

19.06.2014 № 258/03
 на № _____

ДОВІДКА

про впровадження результатів
 дисертаційного дослідження Подопрігори Н.В.
 «Методична система навчання математичних методів фізики у
 педагогічних університетах»
 за спеціальністю 13.00.02 – теорія та методика навчання (фізика)

Цією довідкою підтверджуємо, що докторант кафедри фізики та методики її викладання Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка Подопрігори Наталія Володимирівна упродовж 2012-2014 років проводила констатувальний зріз та експериментальне навчання за матеріалами наукового дослідження «Методична система навчання математичних методів фізики у педагогічних університетах». Експериментом було охоплено 147 студентів напряму 6.040203 Фізика* за освітньо-кваліфікаційними рівнями «бакалавр» (6.040203), «спеціаліст» (7.04020301), «магістр» (8.04020301) інституту фізики, математики та комп'ютерно-інформаційних систем.

У навчально-виховному процесі університету дістала практичної реалізації розроблена автором методика навчання математичних методів фізики майбутніх учителів і викладачів фізики. Дістали схвалення наукові ідеї та практичні рекомендації з міждисциплінарної інтеграції курсів: методи математичної фізики, загальна фізика, класична механіка, електродинаміка, чисельні методи у фізиці, термодинаміка і статистична фізика, фізика твердого тіла, теорія твердого тіла, нерівноважна термодинаміка та фізична кінетика, дифузія та фазові перетворення в матеріалах, квантова теорія багатоелектронних систем щодо реалізації дидактичного принципу циклічності та комплексного представлення теоретичних та експериментальних методів фізики при підготовці майбутніх учителів та викладачів фізики. У ході експериментального навчання використовувались розроблені Подопрігорою Н.В. тестові та додаткові експериментальні завдання до лабораторних робіт курсу загальної фізики, а також тексти модульних контрольних робіт (комплекс завдань: тести (прості – з вибором відповіді,

складні – з потребою заповнення відсутніх у тексті теоретичних обґрунтувань щодо встановлення логіки пропонованих міркувань), різнорівневі за типом складності (прості, середньої складності, складні) та видами (якісні, розрахункові) задачі для теоретичних курсів (методи математичної фізики, теоретична фізика, класична механіка, електродинаміка, чисельні методи у фізиці, термодинаміка і статистична фізика, фізика твердого тіла). Також використовувались тексти лекцій та завдання до практичних занять, що відображені у посібниках: Математичні методи фізики: Навчальний посібник [для студ. ф.-м. фак. вищ. пед. навч. закл.]. / Подопригора Н.В., Садовий М.І., Трифонова О.М. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.Винниченка, 2012. – 300 с. (Гриф МОНмолодьспорту №1/11-3130 від 06.03.12); Термодинаміка і статистична фізика. Навчальний посібник [для студ. фізич. спец. пед. навч. закл.] / Волчанський О.В., Подопригора Н.В., Гур'євська О.М. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.Винниченка, 2012. – 428 с. (Гриф МОНмолодьспорту №1/11-12975 від 08.08.12); Фізика твердого тіла: Навчальний посібник / Подопригора Н.В., Садовий М.І., Трифонова О.М. – Кіровоград: ЦОП «Авангард», 2013. – 413 с.

Розроблена автором методична система навчання математичних методів фізики в умовах ступеневої вищої освіти не викликає перевантаження студентів, узгоджується з вимогами кредитно-модульної системи організації навчального процесу в університетах.

Позитивні зміни у результатах навчання студентів із математичних методів фізики свідчать про ефективність методичної системи, розробленої Подопригорою Н.В. Використання методичних матеріалів, створених автором дослідження, сприяло підвищенню ефективності самостійної роботи та зростанню рівня навчальних досягнень студентів з фізики загалом.

Результати експерименту підтверджують ефективність та доцільність впровадження запропонованої дослідної методики навчання математичних методів фізики у практику навчання фізики студентів університетів педагогічних напрямів (спеціальностей) підготовки.

Дослідна методична система навчання математичних методів фізики майбутніх учителів і викладачів фізики впроваджена в навчальний процес Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького.

Довідка видана для пред'явлення за місцем захисту дисертації.

Проректор з наукової роботи,
професор



Н. А. Тарасенкова

Н. А. Тарасенкова



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КАМ'ЯНЕЦЬ-ПОДІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ОГІЄНКА
 вул. Огієнка, 61, м. Кам'янець-Подільський, 32300; тел.: (03849) 3-05-13, факс: (03849) 3-07-83, E-mail: post@kpnpu.edu.ua
 код ЄДРПОУ 02125616

17.04.2015 № *24*

На № _____ від _____

Д О В І Д К А

про впровадження результатів наукового дослідження "**Методична система навчання математичних методів фізики у педагогічних університетах**" за спеціальністю 13.00.02 – теорія та методика навчання (фізика) докторанта Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова
Подопрігори Наталії Володимирівни

На базі Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка упродовж 2012-2015 років проводилася експериментальна перевірка методичної системи навчання математичних методів фізики у навчальному процесі з фізики, що запропонована докторантом кафедри фізики та методики її викладання Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка Подопрігору Н.В.

Цільовий, змістовий, процесуальний та результативний компоненти методичної системи навчання математичних методів фізики охоплював зміст декілька навчальних дисциплін: методи математичної фізики, рівняння математичної фізики, теоретична фізика (термодинаміка і статистична фізика), вибрані питання теоретичної фізики (фізика твердого тіла), методика навчання фізики, що представлено посібниками:

1. Подопрігори Н.В. *Математичні методи фізики: Навчальний посібник [для студ. ф.-м. фак. вищ. пед. навч. закл.] / Подопрігори Н.В., Садовий М.І., Трифонова О.М. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.Винниченка, 2012. – 300 с. (Гриф МОНмолодьспорту №1/11-3130 від 06.03.12);*

2. Подопрігори Н.В. *Термодинаміка і статистична фізика. Навчальний посібник [для студ. фізич. спец. пед. навч. закл.] / Волчанський О.В., Подопрігори Н.В., Гур'євська О.М. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.Винниченка, 2012. – 428 с. (Гриф МОНмолодьспорту №1/11-12975 від 08.08.12);*

3. Подопрігори Н.В. *Фізика твердого тіла: Навчальний посібник / Подопрігори Н.В., Садовий М.І., Трифонова О.М. – Кіровоград: ЦОП «Авангард», 2013. – 413 с.*

Експериментом було охоплено близько 150 студентів напряму (спеціальності) 6.040203 Фізика*; 7.04020301 Фізика*; 8.04020301 Фізика* фізико-математичного факультету, у навчально-виховному процесі якого використані: 1) Індивідуальні завдання контекстного змісту навчання математичних методів фізики (теоретичного, прикладного та професійно орієнтованого спрямування), а також завдання, що потребують реалізації інформаційного підходу; 2) Дістала практичної реалізації розроблена автором методика навчання математичних методів фізики в курсі методів математичної фізики, а також методи і засоби оцінювання

навчальних досягнень студентів за визначеними критеріями оцінювання рівнів сформованості математичної компетентності з фізики; 3) Дістали схвалення наукові ідеї та практичні рекомендації з міждисциплінарної інтеграції курсів математичної і теоретичної фізики, вибраних питань теоретичної фізики з метою розвитку математичної компетентності з фізики на засадах реалізації порівняльно-узгоджувального підходу та дидактичного принципу циклічності до організації навчально-пізнавального процесу з фізики.

У ході експериментального навчання використовувались розроблені Подопрігорою Н.В. тестові завдання для вхідного контролю навчальних досягнень студентів, а також тексти модульних контрольних робіт (комплекс завдань: тести (прості – з вибором відповіді, складні – з потребою заповнення відсутніх у тексті теоретичних обґрунтувань щодо встановлення логіки пропонуваніх міркувань), різнорівневі за типом складності (прості, середньої складності, складні) та видами (якісні, розрахункові) задачі для курсів математичної та теоретичної фізики.

Розроблена автором методична система навчання математичних методів фізики в умовах ступеневої вищої освіти є диверсифікована, допускає варіативність вибору пропонуваніх автором дидактичних підходів до навчання математичних методів фізики, враховує особистісні нахили студентів, не викликає перевантаження, узгоджується з вимогами кредитно-трансферної системи організації навчального процесу на факультеті.

Окреслена методична система навчання математичних методів фізики впроваджена в навчальний процес Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка (професор Атаманчук П.С., доценти: Криськов Ц.А., Ніколаєв О.М., Оптасюк С.В.).

Схвальні відгуки викладачів та позитивні зміни у результатах експериментального навчання студентів, свідчать про ефективність дослідної методичної системи, розробленої Подопрігорою Н.В. Використання методичних матеріалів, створених автором дослідження, сприяло підвищенню ефективності самостійної роботи та зростанню рівня навчальних досягнень студентів з фізики, що підтверджує ефективність та доцільність впровадження запропонованої дослідної методичної системи навчання математичних методів фізики у навчальний процес з фізики майбутніх учителів фізики.

Результати впровадження наукового проекту було обговорено та схвалено на засіданні кафедри методики навчання фізики і дисциплін технологічної освітньої галузі (протокол № 10 від 17 квітня 2015 року) Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка.

Проректор з наукової роботи,
доктор фізико-математичних наук,
професор



І.М. Конет



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
 УМАНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ПАВЛА ТИЧИНИ
 20300, Черкаська обл., м. Умань, вул. Садова, 2, тел. (04744) 3-45-82, факс (04744)
 3-45-82, E-mail: udpu@udpu.org.ua УДПУ р/р 35228202004420, банк одержувача УУДКСУ
 в Черкас.обл. МФО 854018, код 02125639

14.05.2014 № 12.59/01
 На № _____ від _____

Г

Г

Г ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційного дослідження
Подопригори Наталії Володимирівни
 на тему: «Методична система навчання математичних методів
 фізики у педагогічних університетах» у навчальний процес
 Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини

Цією довідкою підтверджуємо, що упродовж 2012–2015 років на базі Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини проводився педагогічний експеримент щодо перевірки педагогічної ефективності методичної системи навчання майбутніх учителів математичних методів фізики, (автор запропонованої методичної системи навчання – доцент Подопригора Н.В). Експериментом було охоплено 98 студентів напряму (спеціальності) 6.040203 Фізика*; 7.04020301 Фізика*; 8.04020301 Фізика*.

Особливість авторської інноватики полягала у тому, щоб зосередитись на формуванні у майбутніх вчителів і/або викладачів фізики не лише певної системи знань, умінь та навичок а й у виборі таких видів навчальної діяльності, які сприяють формуванню і розвитку математичної компетентності майбутніх учителів з фізики (МКФ), як інтегрованої динамічної характеристики особистісних якостей майбутнього учителя фізики, що характеризує його здатність і готовність використовувати у навчальній і професійній діяльності методи математичного моделювання фізичних систем, явища або процесу у фізичній системі з точки зору фундаментальних законів або принципів фізики та у межах існуючих теоретичних схем.

Для організації навчально-пізнавальної діяльності з фізики авторкою були запропоновані: 1) індивідуальні завдання контекстного змісту: теоретичного, прикладного та професійно орієнтованого спрямування, а також завдання, що передбачали реалізацію інформаційного підходу: предметно-інформаційного та/або інформаційно-комунікаційного спрямування щодо навчання математичних методів фізики; 2) засоби оцінювання навчальних досягнень студентів за визначеними критеріями оцінювання та рівнями сформованості МКФ; 3) методичні рекомендації з міждисциплінарної інтеграції курсів математичної і теоретичної фізики (вибраних питань теоретичної фізики) щодо розвитку МКФ на засадах реалізації дидактичного принципу циклічності у процесі навчання фізики та авторського порівняльно-узгоджувального підходу щодо формування надпредметних МКФ.

002072

Організація навчально-виховного процесу узгоджена з європейською кредитною трансферно-накопичувальною системою, що сприяло: підвищенню мотивації студентів до систематичної роботи протягом семестру; зміщенню акцентів з бажання студентів отримати позитивну оцінку на формування МКФ; прозорості і відкритості організації навчального процесу: ознайомлення студентів з робочою програмою дисципліни, усіма видами робіт, формами контролю, критеріями оцінювання; запровадженню пропонованої автором різнорівневої системи контролю особистих досягнень студентів; створенню відповідних умов для вивчення програмного матеріалу та підготовки до контрольних заходів; просуванню рейтингової системи, що сприяло здоровій конкуренції в навчанні, уможливаючи порівняння власних досягнень з іншими, фіксувати зміни тощо; створенню умов для вибору власної індивідуальної траєкторії засвоєння навчальної дисципліни за змістом, темпом, часовими рамками, формами засвоєння й методами контролю досягнень; стимулюванню самостійної роботи студентів.

У практику роботи впроваджено такі навчальні посібники:

1. Подопригора Н.В. Математичні методи фізики: навч. посібник [для студ. ф.-м. фак. вищ. пед. навч. закл.] / Подопригора Н.В., Трифонова О.М., Садовий М.І. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.Винниченка, 2012. – 300 с. – (Гриф МОНмолодьспорту № 1/11-3130 від 06.03.12).

2. Подопригора Н.В. Термодинаміка і статистична фізика: навч. посібник [для студ. фізич. спец. вищ. пед. навч. закл.] / Волчанський О.В., Подопригора Н.В., Гур'євська О.М. – Кіровоград: РВВ КДПУ імені Володимира Винниченка, 2012. – 428 с. – (Гриф МОНмолодьспорту № 1/11-12975 від 08.08.12).

Подопригора Н.В. Фізика твердого тіла: Навчальний посібник / Подопригора Н.В., Садовий М.І., Трифонова О.М. – Кіровоград: ЦОП «Авангард», 2013. – 413 с.

Відгуки викладачів і студентів, а також позитивна динаміка змін у результатах експериментального навчання студентів свідчать про те, що пропонована Подопригорою Н.В. методична система навчання математичних методів фізики є доцільною для впровадження у практику роботи педагогічних університетів.

Довідка видана для пред'явлення за місцем захисту дисертації.

Проректор
з науково-педагогічної роботи



Т.Д.Кочубей



УКРАЇНА

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

вул. Жуковського, 66, м. Запоріжжя, МСП-41, 69600, Україна
тел.: (061) 764-45-46, факс: (061) 228-75-08, e-mail: zv@znu.edu.ua, Код ЄДРПОУ 02125243

19.05.2015 № 01-15/90
на № _____

ДОВІДКА

про впровадження результатів наукового дослідження з теми
**«Методична система навчання математичних методів фізики
у педагогічних університетах»**, проведеного
Подопрігорою Наталією Володимирівною

У Державному вищому навчальному закладі «Запорізький національний університет» протягом 2013-2014 та 2014-2015 років проводився педагогічний експеримент із впровадження методичної системи навчання математичних методів фізики у процесі підготовки майбутніх вчителів фізики напрямів 6.040203 Фізика* та 6.040204 Прикладна фізика*. Експериментом було охоплено 108 студентів фізичного факультету за участі викладачів кафедри фізики та методики її викладання: к.ф.-м.н., доц. Осипова О.Ю. та к.п.н, доц. Андрєєва А.М. у курсі термодинаміки і статистичної фізики; к.ф.-м.н., доц. Мінаєва Ю.П. – квантової механіки, математичного апарату фізики; к.ф.-м.н., доц. Нечета В.І. – класичної механіки, електродинаміки.

У навчальному процесі з фізики дістали практичної реалізації авторські моделі компетентісно орієнтованого навчання математичних методів фізики, спрямовані на формування та розвиток математичної компетентності з фізики – інтегрованої динамічної характеристики особистісних якостей студента, таких як здатність і готовність застосовувати у навчальній і професійній діяльності методи математичного моделювання фізичних систем, явища або процесу у фізичній системі з точки зору фундаментальних законів або принципів фізики у прийнятих теоретичних схемах. Дістали схвалення наукові ідеї та практичні рекомендації з міждисциплінарної інтеграції курсів: математичний апарат фізики, теоретична фізика, вибрані глави фізики з позицій інтегрованого підходу, який передбачав комплексне застосування: фундаменталізації, контекстної спрямованості, міждисциплінарного, інформаційного, компетентісного підходів у провідному напрямку останнього. Пропонований дослідницею порівняльно-узгоджувальний підхід до формування математичної компетентності з фізики, та рекомендації із застосування принципу циклічності в курсі теоретичної фізики щодо її розвитку сприяли активізації продуктивної навчально-пізнавальної діяльності з фізики, розвитку теоретичного та критичного мислення студентів. У ході експериментального навчання використовувались запропоновані Подопрігорою Н.В. авторські навчальні посібники.

Позитивні зміни у результатах навчання студентів з фізики, свідчать про ефективність нововведень. Використання методичних матеріалів, створених автором дослідження, сприяло підвищенню ефективності самостійної роботи.

Дослідна методична система навчання математичних методів фізики упроваджена у процес навчання фізики майбутніх вчителів фізики ДВНЗ «Запорізький національний університет».

Довідка видана для пред'явлення за місцем захисту дисертації.

Проректор з наукової роботи



Г.М.Васильчук



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРНІГІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ Т.Г.ШЕВЧЕНКА

вул. Гетьмана Полуботка, 53, м. Чернігів, 14013, Тел. 3-36-10
 E-mail: chgpr @ chgpr.un.ua Код ЄДРПОУ 02125674

№ 05. 2015 № 14

На № _____ від _____

ДОВІДКА

про впровадження результатів наукового дослідження «Методична система навчання математичних методів фізики у педагогічних університетах», проведеного Подопрігорою Наталією Володимирівною

У період з 2013 по 2015 роки у Чернігівському національному педагогічному університеті імені Т. Г. Шевченка проводився педагогічний експеримент з перевірки ефективності методичної системи навчання математичних методів фізики щодо формування та розвитку математичної компетентності з фізики (МКФ), розроблений докторантом Подопрігорою Н. В. Експеримент впроваджувався на кафедрі педагогіки, психології та методик навчання фізики й математики та кафедрі фізики й астрономії. Експериментом було охоплено близько 68 студентів напряму (спеціальності) 6.040203 Фізика*; 7.04020301 Фізика*; 8.04020301 Фізика*.

У навчально-виховному процесі університету дістали схвалення наукові ідеї та практичні рекомендації інтегрованого підходу до навчання студентів математичних методів фізики через комплексну реалізацію: фундаменталізації змісту навчання; міждисциплінарних зв'язки дисциплін циклу професійної підготовки майбутніх вчителів та викладачів фізики; контекстну спрямованість навчання, у виділених: теоретичному, прикладному та професійно-орієнтованому напрямках; предметно-інформаційного, інформаційно-комунікаційного та компетентнісного підходів. З метою формування над предметної математичної компетентності з фізики Подопрігорою Н. В. був розроблений і апробовувався

«порівняльно-узгоджувальний» підхід, який передбачав порівняння змісту різних навчальних дисциплін (математичні методи фізики, теоретична фізика, вибрані питання теоретичної фізики, фізика твердого тіла, олімпіадні задачі з фізики) та узгодження процесуальної складової навчально-пізнавальної діяльності з фізики із діючими технологіями навчання, що підтвердило підвищення таких характеристик якості знань з фізики, як гнучкість і системність, а також динаміку розвитку теоретичного і критичного мислення тих, хто навчається тощо.

Для перевірки ефективності сформованості МКФ були визначені мотиваційний, пізнавальний і операційний критерії, що співвідносились із компонентами відповідної компетентності: мотиваційний – з особистісним, пізнавальний – з когнітивним, а операційний – з діяльнісним. До кожного з критеріїв сформованості МКФ були визначені відповідні показники.

Обґрунтовані і охарактеризовані чотири рівні сформованості МКФ: низький – рецептивно-продуктивний; середній – репродуктивний; достатній – конструктивно-варіативний; високий – творчий, узгоджені у відповідності із запропонованими критеріями і показниками.

У ході експериментального навчання використовувались розроблені Подопрігорою Н. В. тестові завдання для виявлення залишкового рівня знань з курсів математичної і теоретичної фізики, а також тексти модульних контрольних робіт щодо визначення рівнів сформованості МКФ. Також використовувались тексти лекцій та завдання до практичних занять, що відображені у посібниках:

1. Математичні методи фізики: Навчальний посібник [для студ. ф.-м. фак. вищ. пед. навч. зал.]. / Подопрігора Н. В., Садовий М. І., Трифонова О. М. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2015. – 300 с. *(Гриф МОНмолодьспорту №1/11-3130 від 06.03.12);*

2. Термодинаміка і статична фізика. Навчальний посібник [для студ. фізик. спец. пед. навч. зал.] / Волчанський О. В., Подопрігора Н. В., Гур'євська О. М. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2012. – 428 с. *(Гриф МОНмолодьспорту №1/11-12975 від 08.08.12);*

3. Фізика твердого тіла: Навчальний посібник / Подопрігора Н. В., Садовий М. І., Трифонова О. М. – Кіровоград: ЦОП «Авангард», 2013. – 413 с.

4. Вовкотруб В. П. Розв'язування олімпіадних задач з фізики / Вовкотруб В. П., Ковальов І. З., Подопрігора Н. В. – Кіровоград: Авангард, 2007. – 234 с. (Гриф МОНУ 2002).

Розроблена автором методична система навчання математичних методів фізики в умовах ступеневої вищої освіти не викликає перевантаження студентів, узгоджується з вимогами кредитно-трансферної системи навчання в університеті.

Позитивні зміни у результатах навчання студентів математичних методів фізики за розробленою Подопрігорою Н. В. методичною системою свідчать про ефективність. Використання математичних матеріалів, створених автором дослідження, сприяло підвищенню ефективності самостійної роботи та зростанню рівня навчальних досягнень студентів з фізики.

Довідка видана для подання за місцем захисту дисертації.

Перший проректор, проректор
з науково-педагогічної роботи



проф. В. О. Дятлов

М. І. Гриценко

В. Ф. Савченко

т. 3-40-82



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

вул. 40 років Жовтня, 27, м. Херсон, 73003.
 Тел.: +38(0552) 32-67-05, 32-67-31; факс 49-21-14; e-mail: office@ksu.ks.ua; http://www.kspu.edu
 МФО 852010 код за ЄДРПОУ 02125609 р/р 3522 4201 000120;
 3521 9001 000120 банк ГУДКСУ в Херсонській обл.

10.06. 2015 р. № 01-28/1299
 На № _____ від _____ 201__ р.

ДОВІДКА

про впровадження результатів наукового дослідження з теми
**«МЕТОДИЧНА СИСТЕМА НАВЧАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ
 ФІЗИКИ У ПЕДАГОГІЧНИХ УНІВЕРСИТЕТАХ»**,
 проведеного Подопрігорою Наталією Володимирівною.

Цією довідкою підтверджуємо, що у Херсонському державному університеті протягом 2013-2014 та 2014-2015 років проводився педагогічний експеримент із впровадження методичної системи навчання математичних методів фізики у процесі підготовки майбутніх вчителів (викладачів) фізики напряму Фізика*. Експериментом було охоплено 86 студентів факультету фізики, математики та інформатики за участі викладачів кафедри фізики та методики її навчання, які читають курси професійно орієнтованих дисциплін: д.ф.-м.н., проф. Одинцов В.В. – фізика твердого тіла; к.ф.-м.н., доц. Івашина Ю.К. – теоретична фізика.

У навчальному процесі з фізики дістали практичної реалізації авторські розробки з компетентісно орієнтованого навчання математичних методів фізики у курсі теоретичної фізики з позицій інтегрованого підходу, який передбачав комплексне застосування: фундаменталізації змісту навчальних дисциплін; професійної спрямованості практико орієнтованих завдань; врахування міждисциплінарних зв'язків у циклі дисциплін професійної підготовки майбутніх вчителів фізики; застосування інформаційно-комунікаційних технологій з позицій предметно-інформаційного та інформаційно-комунікаційного підходів; компетентісного підходів, спрямованого на формування та розвиток математичної компетентності з фізики – інтегрованої динамічної характеристики особистісних якостей студента, таких як здатність і готовність застосовувати у навчальній і професійній діяльності методи математичного моделювання фізичних систем, явища або процесу у фізичній системі з точки зору фундаментальних законів або принципів фізики у прийнятих теоретичних схемах.

Дістали схвалення наукові ідеї та практичні рекомендації із застосування порівняльно-узгоджувального підходу до цілеспрямованого формування надпредметних математичних компетентностей з фізики.

Подальшого розвитку набули ідеї реалізації принципу циклічності (В.Г.Разумовського) в курсі теоретичної фізики, що посприяло активізації продуктивної навчально-пізнавальної діяльності, розвитку теоретичного та критичного мислення студентів.

У ході експериментального навчання використовувались навчальні посібники автора: *Математичні методи фізики*: Навчальний посібник [для студ. ф.-м. фак. вищ. пед. навч. закл.]. / Подопригора Н.В., Садовий М.І., Трифонова О.М. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.Винниченка, 2012. – 300 с.; *Термодинаміка і статистична фізика*. Навчальний посібник [для студ. фізич. спец. пед. навч. закл.] / Волчанський О.В., Подопригора Н.В., Гур'євська О.М. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2012. – 428 с.; *Фізика твердого тіла*: Навчальний посібник / Подопригора Н.В., Садовий М.І., Трифонова О.М. – Кіровоград: ЦОП «Авангард», 2013. – 413 с.

Розроблена Подопригорою Н.В. методична система навчання математичних методів фізики узгоджується із модульною системою організації навчального процесу в університеті, сприяючи: підвищенню мотивації студентів до систематичної роботи протягом семестру; запровадженню різнорівневої системи контролю особистих досягнень студентів; просуванню рейтингової системи; стимулюванню самостійної роботи студентів тощо.

Навчання у розробленої дослідницею методичній системі суттєво вплинуло на підвищення: практичної спрямованість навчання; результатів навчальних досягнень студентів з теоретичної фізики, мотиваційного та загально-професійного рівня навчальних і професійних умінь з фізики, розвитку теоретичного і критичного мислення через прояв творчої активності у навчально-пізнавальній діяльності з фізики.

Ефективність нововведень підтверджена позитивною динамікою змін у результатах навчання студентів, що свідчать про доцільність використання авторських розробок при підготовці майбутніх вчителів фізики.

Методична система навчання математичних методів фізики у педагогічних університетах Подопригори Н.В. упроваджена у процес навчання фізики Херсонського державного університету.

Довідка видана для пред'явлення за місцем захисту дисертації.

Проректор з наукової роботи ХДУ,
професор



В.Л. Федяєва
Федяєва В.Л.



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
 НАЦІОНАЛЬНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
 імені М.П.ДРАГОМАНОВА
 01601, м.Київ-30, вул. Пирогова, 9
 Телефон 234-11-08

18.06.15 № 07-10/1308
 На № _____

ДОВІДКА

**про впровадження результатів дисертаційного дослідження
 «МЕТОДИЧНА СИСТЕМА НАВЧАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ
 МЕТОДІВ ФІЗИКИ У ПЕДАГОГІЧНИХ УНІВЕРСИТЕТАХ»,
 проведеного Подопрігорою Наталією Володимирівною**

У період з 2013 по 2015 роки у Національному педагогічному університеті імені М.П. Драгоманова Подопрігорою Н.В. проводився педагогічний експеримент з перевірки ефективності методичної системи навчання математичних методів фізики щодо формування та розвитку математичної компетентності з фізики. Експериментом було охоплено близько 120 студентів напряму (спеціальності) 6.040203 Фізика*; 7.04020301 Фізика*; 8.04020301 Фізика* фізико-математичного інституту.

У ході моніторингових досліджень апробувались тестові завдання та комплексні контрольні роботи з виявлення навчальних досягнень студентів за рівнями сформованості математичної компетентності з фізики: низьким – рецептивно-продуктивним; середнім – репродуктивним; достатнім – конструктивно-варіативним; високим – творчим, згідно визначених дослідницею критеріїв і показників. Математична компетентність з фізики визначена як динамічна та інтегрована характеристика особистісних якостей студентів, що характеризує здатність і готовність застосовувати у навчальній діяльності з фізики методи математичного моделювання фізичних систем, явищ або процесів у фізичній системі з точки зору фундаментальних законів і принципів фізики у прийнятих теоретичних схемах.

Моніторингове дослідження охоплювало цикл дисциплін професійної підготовки майбутніх вчителів та викладачів фізики: математичні методи фізики, теоретична фізика, вибрані питання теоретичної фізики, фізика твердого тіла, що відображено в змісті навчальних посібників:

1. Математичні методи фізики: Навчальний посібник [для студ. ф.-м. фак. вищ. пед. навч. закл.]. / Подопрігоро Н.В., Садовий М.І., Трифонова О.М. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.Винниченка, 2012. – 300 с. (Гриф МОНмолодьспорту №1/11-3130 від 06.03.12);

2. Термодинаміка і статистична фізика. Навчальний посібник [для студ. фізич. спец. пед. навч. закл.] / Волчанський О.В., Подопрігора Н.В., Гур'євська О.М. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.Винниченка, 2012. – 428 с. (Гриф МОНмолодьспорту №1/11-12975 від 08.08.12);

3. Фізика твердого тіла: Навчальний посібник / Подопрігора Н.В., Садовий М.І., Трифонова О.М. – Кіровоград: ЦОП «Авангард», 2013. – 413 с.

Використання методичних матеріалів, створених автором дослідження, сприяло підвищенню ефективності самостійної роботи та зростанню рівня навчальних досягнень студентів з фізики.

Проректор з наукової роботи
Національного педагогічного університету
імені М.П. Драгоманова,
доктор фізико-математичних наук, професор



Г.М. Торбін

Директор Центру моніторингу якості освіти,
доктор педагогічних наук, професор

В.П. Сергієнко



Міністерство освіти і науки України

РІВНЕНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ГУМАНІТАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

33028 м. Рівне, вул. С.Бандери, 12 тел. (0362) 26-78-65, факс (0362) 26-37-15, e-mail: rectorat@rdgu.uar.net

23.06.2015

№ 103

ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційного дослідження **Подопригори Наталії Володимирівни «Методична система навчання математичних методів фізики у педагогічних університетах».**

Упродовж 2013-2015 навчальних років у Рівненському державному гуманітарному університеті здійснювалася апробація теоретичних та технологічних положень дисертаційного дослідження “Методична система навчання математичних методів фізики у педагогічних університетах” в процесі підготовки майбутніх учителів фізики.

Реалізовувалася авторська методична система, зорієнтована на формування та розвиток математичної компетентності у процесі навчання фізики – інтегрованої динамічної характеристики особистісних якостей студента, таких як здатність і готовність застосовувати у навчальній та професійній діяльності методи математичного моделювання фізичних систем.

У процесі апробації дістали схвалення наукові ідеї та практичні рекомендації: з міждисциплінарної інтеграції курсів математичних методів фізики, теоретичної фізики, вибраних питань теоретичної фізики з позицій інтегрованого підходу, який передбачає комплексне застосування: фундаменталізації, контекстної спрямованості, міждисциплінарного, інформаційного, компетентнісного підходів. Зокрема, у курсі математичних методів фізики апробувались індивідуальні завдання контекстного змісту: теоретичного, прикладного та професійно орієнтованого спрямування; реалізації інформаційно-комунікаційного підходу на основі використання математичних пакетів, які є у вільному доступі в Інтернет мережі; у курсі теоретичної фізики були використані методичні рекомендації з реалізації дидактичного принципу циклічності та порівняльно-узгоджувального підходу до формування математичної компетентності з фізики.

У ході апробації використовувались запропоновані Подопригорою Н.В. навчальні посібники:

Математичні методи фізики: Навчальний посібник [для студ. ф.-м. фак. вищ. пед. навч. закл.] / Подопригора Н.В., Садовий М.І., Трифонова О.М. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.Винниченка, 2012. – 300 с.

Термодинаміка і статистична фізика. Навчальний посібник [для студ. фізич. спец. пед. навч. закл.] / Волчанський О.В., Подопригора Н.В., Гур’євська О.М. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2012. – 428 с.

Фізика твердого тіла: Навчальний посібник / Подопригора Н.В., Садовий М.І., Трифонова О.М. – Кіровоград: ЦОП «Авангард», 2013. – 413 с.

Розроблена Подопригорою Н.В. методична система узгоджена з вимогами модульного навчання фізики та Європейською кредитною трансферно-накопичувальною системою організації навчального процесу в університеті.

Позитивні зміни у результатах навчання студентів з фізики, свідчать про ефективність нововведень. Використання методичних матеріалів, створених автором дослідження, сприяло підвищенню ефективності самостійної роботи студентів.

Дослідна методична система навчання математичних методів фізики упроваджена у процес підготовки майбутніх вчителів фізики Рівненського державного гуманітарного університету.

Довідка видана для пред'явлення за місцем захисту дисертації.

Завідувач кафедри фізики



Проректор з наукової роботи

Б.С. Колупаєв

Т.І. Поніманська



Міністерство освіти і науки України
**КІРОВОГРАДСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
 ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ВИННИЧЕНКА**
 25006, м. Кіровоград, вул. Шевченка, 1,
 тел. 22-18-34, факс 24-85-44, E-mail: mails@kspu.kr.ua, Web: http://www.kspu.kr.ua

№ 874

"10" лютого 2015 р.

ДОВІДКА
про впровадження результатів дисертаційного дослідження
Подопригори Наталії Володимирівни
«Методична система навчання математичних методів фізики у педагогічних
університетах»

Довідкою підтверджуємо, що упродовж 2001-2015 років на кафедрі фізики та методики її викладання Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка Подопригорою Н.В. проводився педагогічний експеримент з метою перевірки ефективності впровадження в навчальний процес з фізики дослідної методичної системи навчання математичних методів фізики (МСН ММФ) щодо формування та розвитку у студентів напряму (спеціальності) підготовки «Фізика*» математичної компетентності з фізики (МКФ) – інтегрованої динамічної характеристики особистісних якостей тих, хто навчається з позицій здатності і готовності використовувати у навчальній і професійній діяльності методи математичного моделювання фізичних систем, явищ або процесів у фізичній системі з точки зору фундаментальних законів або принципів фізики у прийнятих теоретичних схемах. Експериментом були охоплені дисципліни циклу професійної підготовки майбутніх вчителів/викладачів фізики.

Експеримент проводився у три етапи:

На констатувальному етапі (2001-2007) виконувалась робота з діагностування стану розробки проблеми навчання студентів ММФ, зокрема виконано аналіз: нормативних документів, освітніх стандартів, навчальних планів, які регламентують організацію навчально-виховного процесу з фізики в університеті щодо відображення ММФ в навчанні фізики; навчально-методичного забезпечення: навчальних програм, підручників, методичних рекомендацій, навчально-методичних комплексів викладачів кафедри щодо можливостей реалізації інтеграційного підходу до формування МКФ; досліджено стан якості фізико-математичної підготовки майбутніх вчителів фізики щодо вивчення ними ММФ та теоретичної фізики та готовності викладачів цих дисциплін до впровадження інтегрованого підходу: фундаменталізації, міждисциплінарної інтеграції, контекстного, інформаційного та компетентнісного підходів до формування та розвитку МКФ.

На пошуковому етапі дослідження (2007-2011) *обґрунтовано*: вибір теми дослідження, мети і завдань; доцільність застосування інтегрованого підходу до навчання ММФ майбутніх вчителів фізики з метою формування МКФ у процесі навчання фізики на рівні базових професійних компетенцій з позицій підвищення якості знань з фізики; порівняльно-узгоджувальний підхід до формування надпредметних МКФ у навчанні фізики, запропоновано варіанти його реалізації під час

вивчення: законів збереження з позицій принципу симетрії; принципу невизначеностей у курсах теоретичної фізики, загальної фізики та можливості адаптації цих знань у площині шкільних умов навчання фізики, *визначено*: компоненти МСН ММФ, структуру МКФ на рівні предметного змісту курсу ММФ та на надпредметному рівні його взаємодії із курсом теоретичної фізики; *виявлені* педагогічні умови ефективності впровадження МСН ММФ, *розроблено*: концепцію створення і запровадження МСН ММФ, структурно-функціональну модель процесу формування МКФ; завдання: контекстного спрямування (теоретичного, прикладного та професійно орієнтованого) з метою формування когнітивної та розвитку діяльнісної й особистісної складових МКФ, зокрема щодо розвитку теоретичного та критичного мислення студентів з позицій реалізації «принципу циклічності» у курсі теоретичної фізики; *спроєктовано* процес формування та розвитку МКФ студентів у навчанні фізики на рівнях окремої дисципліни, змістового модуля, теми, педагогічної ситуації; *апробовано* та скориговано структуру компонент МСН ММФ. На даному етапі проводилось педагогічне спостереження, анкетування, виконання та перевірка контрольних робіт, тестових завдань, інтерв'ювання, опитування.

На формувальному етапі (2012-2015) здійснено перевірку ефективності МСН ММФ: відібрані експериментальні та контрольні групи; проведена підготовка викладачів фізики до впровадження методичної системи в практику навчання курсів теоретичної фізики; упроваджено дидактичні матеріали, спрямовані на формування та розвиток МКФ у навчанні ММФ і теоретичної фізики; проведено діагностування результатів упровадження методичних рекомендацій.

Експеримент проводився в умовах навчального процесу із залученням розробленого методичного забезпечення в експериментальних групах. У контрольних групах навчання здійснювалось за традиційними методиками.

Розроблені Подопрігорою Н.В. навчально-методичні матеріали (програми, посібники, контрольні роботи, тестові завдання) дозволили покращити якість навчання студентів з курсу теоретичної фізики, підвищити рівень якості знань з фізики та успішність навчання, забезпечити формування у студентів здатності і готовності застосовувати методи математичного моделювання фізичних систем у подальшій навчальній і професійній діяльності на достатньо високому рівні.

Експериментом доведено, що дослідна МСН ММФ є ефективною і доцільною.

Довідка видана для пред'явлення за місцем захисту дисертації.

Проректор з наукової роботи



проф. М.І. Садовий