

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ М.П.ДРАГОМАНОВА

*На правах рукопису*

**ШКОЛА Олександр Васильович**

УДК 371.134:378.147:530.1

**ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ НАВЧАННЯ  
ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ**

13.00.02 – теорія та методика навчання (фізика)

**Дисертація**

на здобуття наукового ступеня  
доктора педагогічних наук

Науковий консультант:  
**ШУТ Микола Іванович**  
академік НАПН України,  
доктор фізико-математичних наук,  
професор

Київ – 2016

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	5
<b>РОЗДІЛ 1. ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА НАВЧАННЯ ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ В СИСТЕМІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ</b> .....	18
1.1. Становлення і розвиток фізичної освіти в педагогічних вищих навчальних закладах України .....	18
1.2. Тенденції розвитку фізичної освіти у вищій педагогічній школі України (початок ХХІ століття) .....	41
1.3. Освітньо-кваліфікаційна характеристика сучасного вчителя фізики як об'єкт педагогічного проектування .....	49
1.4. Курс теоретичної фізики в системі особистісно зорієнтованої підготовки майбутніх учителів фізики .....	63
1.5. Методика навчання теоретичної фізики як предмет теоретичних досліджень .....	76
Висновки до розділу 1 .....	90
<b>РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПОБУДОВИ МЕТОДИЧНОЇ СИСТЕМИ НАВЧАННЯ ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ</b> .....	92
2.1. Фундаментальна підготовка майбутнього вчителя фізики як основа формування його фахової компетентності .....	92
2.2. Модульна програма навчальної дисципліни “Теоретична фізика” та засади її реалізації .....	107
2.3. Психолого-педагогічні аспекти навчання теоретичної фізики .....	143
2.4. Методологічні основи інтеграції фундаментальності та фахової спрямованості навчання теоретичної фізики .....	152
2.5. Сучасна концепція і модель методичної системи навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики .....	164
Висновки до розділу 2 .....	177

<b>РОЗДІЛ 3. РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДИЧНОЇ СИСТЕМИ НАВЧАННЯ ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ. . . . .</b>	<b>180</b>
3.1. Реалізація принципу взаємозв'язку й наступності курсів загальної і теоретичної фізики у підготовці майбутніх учителів фізики. . . . .	180
3.2. Модульне навчання теоретичної фізики майбутніх учителів як передумова ефективного використання інноваційних освітніх технологій. . . .	199
3.3. Навчально-методичний комплекс з теоретичної фізики (теоретичні та практичні аспекти створення). . . . .	214
3.4. Теоретичні та методичні особливості використання сучасних інформаційних технологій у навчанні теоретичної фізики. . . . .	223
3.5. Системно-діяльнісний підхід до організації самостійної роботи студентів з курсу теоретичної фізики. . . . .	238
3.6. Теоретичні засади та практична реалізація комп'ютерного тестування навчальних досягнень студентів з теоретичної фізики. . . . .	254
Висновки до розділу 3. . . . .	265
<b>РОЗДІЛ 4. ФОРМУВАННЯ НАУКОВОГО СВІТОГЛЯДУ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ У НАВЧАННІ ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ. . . . .</b>	<b>268</b>
4.1. Світоглядна культура майбутнього вчителя фізики як невід'ємна складова фахової компетентності. . . . .	268
4.2. Еволюція фізичної картини світу в курсі теоретичної фізики. . . . .	289
4.3. Методологічні знання як чинник фундаменталізації фахової підготовки майбутнього вчителя фізики. . . . .	321
4.4. Дидактичні умови, шляхи та засоби розвитку наукового стилю мислення майбутніх учителів фізики у навчанні теоретичної фізики. . . . .	336
4.5. Критерії, показники та рівні сформованості наукового світогляду майбутніх учителів фізики. . . . .	354
Висновки до розділу 4. . . . .	362

<b>РОЗДІЛ 5. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДИЧНОЇ СИСТЕМИ НАВЧАННЯ ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ.</b> .....	365
5.1. Організація та методика проведення педагогічного експерименту. . .	365
5.2. Основні етапи педагогічного експерименту та аналіз його результатів. ....	370
5.3. Експертне оцінювання методичної системи навчання теоретичної фізики. ....	380
Висновки до розділу 5. ....	384
<b>ВИСНОВКИ.</b> .....	386
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.</b> .....	391
<b>ДОДАТКИ.</b> .....	437

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Розвиток і реформування вищої педагогічної освіти в Україні взагалі й фізико-математичної зокрема є частиною процесів оновлення освітніх систем, що відбуваються в європейських країнах протягом останніх десятиліть і пов'язані з ідеями демократизації, гуманізації і гуманітаризації, фундаменталізації, полікультурності та прогностичності, наступності й безперервності, гнучкості та варіативності навчання, поглибленням інтеграційних зв'язків і створенням єдиного освітнього простору. Сучасне суспільство ставить перед вищою педагогічною школою завдання підготовки високоосвічених фахівців, здатних самостійно здобувати і застосовувати на практиці знання, приймати креативні й нестандартні рішення, самореалізовуватися та самовдосконалюватися впродовж життя. Розв'язання цього завдання, про що наголошується в Законі України “Про вищу освіту”, “Національній доктрині розвитку освіти у XXI столітті”, “Національній стратегії розвитку освіти в Україні на 2012 – 2021 роки”, потребує переосмислення цілей і завдань, оновлення змісту й структури, вдосконалення методів, засобів і форм навчання на всіх етапах фахової підготовки майбутніх педагогів, зокрема вчителів фізики.

Основу професіоналізму, конкурентоспроможності та мобільності майбутніх учителів фізики складає система наукових знань, що формується під час вивчення спеціальних фахових дисциплін, передусім курсів загальної і теоретичної фізики. Цілеспрямоване, послідовне й системне засвоєння студентами інваріантного (теоретичного) ядра сучасної фізичної науки засобами цих дисциплін сприяє формуванню наукового світогляду й відповідного стилю мислення, що складає основу їх фахової компетентності. Враховуючи експериментальний характер курсу загальної фізики та використання переважно індуктивного підходу в пізнанні фізичної реальності, особливого значення у зв'язку з цим набуває курс теоретичної фізики, який завершує їх фундаментальну підготовку в педагогічному університеті. Саме на його засадах розширюються й поглиблюються знання з основ фундаментальних фізичних теорій, формуються найповніші та цілісні уявлення про сучасну фізичну картину світу, методологію наукового пізнання, шліфуються компетенції та особистісні якості майбутнього педагога.

Аналіз матеріалів науково-практичних конференцій, періодичних фахових видань дозволяє констатувати зниження рівня пізнавального інтересу студентів до вивчення курсу теоретичної фізики в педагогічному університеті, що пояснюється низкою чинників: недостатнім рівнем фізико-математичної підготовки абітурієнтів за підсумками зовнішнього незалежного оцінювання, зменшенням обсягу аудиторних годин і зміщенням акцентів навчального навантаження студентів у бік самостійної роботи в контексті сучасних освітніх реформ, послабленням зв'язку навчально-виховного процесу з науково-дослідною роботою студентів. Як наслідок, реалізація завдань фізичного компоненту освітньої галузі “Природознавство” Державного стандарту базової та повної загальної середньої освіти викликає у певної частини випускників значні труднощі, особливо за сучасних умов рівневої та профільної диференціації, варіативності шкільних програм і підручників з фізики, розвитку інформаційно-комунікаційних технологій навчання.

Підґрунтям розв'язання проблем фахової підготовки вчителя фізики, і зокрема підвищення рівня його фундаментальної підготовки, є фундаменталізація як основа якості та провідний імператив сучасних освітніх реформ, який передбачає не тільки поглиблене й системне засвоєння фундаментальних основ фізичної науки, але й формування наукового світогляду і стилю мислення, оволодіння методами наукового пізнання, досвідом самостійної продуктивної діяльності. Не менш актуальною є необхідність виховання майбутнього педагога як цілеспрямованого процесу управління розвитком особистості, створення належних умов для його самоосвіти, самореалізації, самоствердження: не за рахунок збільшення кількості дисциплін навчального плану, а шляхом посилення фахової спрямованості, переходу від інформаційно-репродуктивних до особистісно зорієнтованих, пошуково-креативних схем навчання; шляхом розробки й впровадження таких методичних систем навчання, що гарантуватимуть досягнення прогнозованих освітніх результатів відповідно до вимог державного стандарту вищої освіти.

Проблема підвищення рівня фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики в сучасних освітніх умовах вимагає поглибленого аналізу як методологічних і загально-дидактичних основ навчання дисциплін природничо-математичного циклу, так і методики викладання курсу “Теоретична фізика”. Зокрема потребують переосмислення питання про роль і місце навчальної дисципліни в системі особистісно зорієнтованої фундаментальної підготовки вчителів фізики, необхідність удосконалення її змістового і процесуального компонентів відповідно до рівня й методології сучасної науки на основі органічного поєднання традиційних та інноваційних технологій навчання, забезпечення цілісності й системності фундаментальних фізичних знань і курсу теоретичної фізики в цілому, наступності та взаємозв’язку з курсом загальної фізики, реалізації світоглядного й методологічного потенціалів навчальної дисципліни, системного моніторингу якості освітніх результатів студентів у контексті компетентнісного підходу. Окреслені вище питання визначають актуальність оновлення теоретико-методичних засад та розробки сучасної науково-обґрунтованої методичної системи навчання теоретичної фізики в педагогічному університеті, яка б за належної фахової спрямованості забезпечувала фундаментальну базову складову підготовки майбутніх учителів фізики, становлення і розвиток професійно спрямованих якостей особистості.

Аналіз науково-методичних джерел дозволяє стверджувати, що проблеми вдосконалення змісту фізичної освіти у вищій педагогічній школі України та різні аспекти фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики є об’єктом досліджень таких учених, як О. Бугайов, Б. Будний, С. Гончаренко, Г. Грищенко, О. Ляшенко, В. Нечет, А. Павленко, О. Сергєєв, М. Шут та ін. (проблеми фундаменталізації, стандартизації та якості фізичної освіти); П. Атаманчук, Г. Атанов, М. Головка, О. Ляшенко, В. Сергієнко, М. Шут та ін. (компетентнісний підхід у становленні майбутнього вчителя фізики, теорія та методика управління пізнавальною діяльністю студентів); О. Іваницький, В. Ільченко, М. Мартинюк, Ю. Пасічник, Т. Попова, В. Савченко, Н. Сосницька, В. Шарко та ін. (поліаспектність фахової підготовки вчителя фізики, реалізація у навчанні

інноваційних технологій); Л. Благодаренко, В. Величко, В. Вовкотруб, В. Заболотний, Л. Калапуша, Е. Коршак, Д. Костюкевич, О. Мартинюк, В. Мендерецький, І. Сальник, В. Сиротюк та ін. (підвищення якості дидактичного забезпечення освітнього процесу, удосконалення системи навчального фізичного експерименту, у тому числі й засобами нових інформаційних технологій); І. Богданов, А. Касперський, А. Сільвейстр, Г. Шишкін та ін. (реалізація у навчанні фізики міжпредметних зв'язків та питання інтеграції знань майбутніх педагогів); Г. Бушок, О. Коновал, І. Мороз, М. Садовий, В. Сергієнко, Б. Сусь, І. Тичина та ін. (методичні особливості вивчення конкретних питань курсів загальної і теоретичної фізики). Широкий спектр, глибина і системність проведених досліджень є відображенням закономірного процесу періодичного оновлення та безперервного вдосконалення змісту і методики навчання фізики в педагогічному університеті. Разом з тим, варто зазначити, що системні дослідження з проблеми підвищення рівня фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики засобами навчальної дисципліни “Теоретична фізика” нині не представлені в достатній мірі, що зумовлює актуальність її переосмислення й комплексного розв'язання як на рівні теорії, так і в практичній площині пошуку відповідних умов і методик навчання.

Отже, системний аналіз нормативно-правових, психолого-педагогічних і методичних джерел, а також практична педагогічна діяльність дозволили виявити такі суперечності:

– на *соціально-педагогічному рівні*: між сучасними вимогами державних нормативних освітніх документів України до рівня та якості фундаментальної підготовки вчителів фізики та її реальним станом;

– на *методологічному рівні*: між необхідністю реалізації у навчанні теоретичної фізики особистісно зорієнтованого, діяльнісного і компетентнісного підходів, що сприятиме формуванню цілісної системи фундаментальних знань і фахової компетентності майбутніх учителів фізики, осмисленню й усвідомленню творчого характеру педагогічної діяльності та традиційними підходами до процесу навчання, що не повною мірою забезпечують їх повноцінний фаховий та особистісний розвиток;



– на теоретико-методичному рівні: між завданням підвищення рівня фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики в умовах сучасного розвитку фізичної освіти в Україні та відсутністю ефективної науково обґрунтованої методичної системи навчання теоретичної фізики, в основу якої покладено принцип єдності фундаментальної і фахової спрямованості навчання та логіку зазначених вище методологічних підходів.

Підтверджує актуальність системних досліджень у визначеному напрямі й необхідність вирішення низки об'єктивно існуючих методичних проблем, пов'язаних з підвищенням рівня фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики, а саме: узгодженням зростаючого обсягу сучасної наукової інформації та реальними можливостями організації освітнього процесу в педагогічному університеті за умов зменшення аудиторних годин на вивчення курсу теоретичної фізики; узгодженням навчальних програм курсів загальної і теоретичної фізики, що виключає дублювання матеріалу та створює плідну основу для свідомого й послідовного засвоєння студентами інваріантного ядра сучасної фізичної науки; усвідомленням студентами складної діалектики та єдності емпіричного і теоретичного, логічного та історичного в структурі фізичного знання й пізнання, що запобігає фрагментарності спеціальних/предметних, світоглядних і методологічних знань; актуальністю реалізації у навчанні теоретичної фізики стратегії формування цілісних, системних, методологічно важливих знань про сучасну фізичну картину світу та її еволюцію як невід'ємної складової наукового світогляду – стрижневого елемента структури особистості майбутніх педагогів, основи їх фахової компетентності.

Окреслені вище проблеми вимагають наукового обґрунтування й розроблення методичної системи навчання теоретичної фізики в педагогічних університетах, яка була б зорієнтована на формування фундаментальних знань та фахової компетентності майбутніх учителів фізики на основі принципу цілісності, а також сприяла всебічному розвитку особистості, що й зумовлює актуальність дисертаційної роботи: **“Теоретико-методичні засади навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики”**.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота пов'язана з реалізацією основних положень Закону України “Про вищу освіту” (Постанова ВР України № 1556-VII від 01 липня 2014 р.), наказу МОН України № 774 від 30.12.2005 р. “Про впровадження кредитно-трансферної системи в організації навчального процесу”, розпорядженням Кабінету Міністрів України від 27 серпня 2010 року №1720-р “Про схвалення концепції Державної цільової соціальної програми підвищення якості шкільної природничо-математичної освіти на період до 2015 року”. Дисертацію виконано відповідно до тематичного плану науково-дослідних робіт кафедри теорії та методики навчання фізики і астрономії Національного педагогічного університету імені М.П.Драгоманова у напрямі наукових досліджень “Зміст, форми, методи і засоби фахової підготовки вчителів” (протокол № 6 від 25.12.2005 р.), тематичного плану наукових досліджень кафедри методики викладання фізико-математичних дисциплін та інформаційних технологій у навчанні Бердянського державного педагогічного університету “Теоретико-методичні засади фахової підготовки вчителів фізики та математики в умовах освітнього інформаційного середовища” (протокол № 1 від 27.08.2010 р.).

Тему дисертаційної роботи затверджено вченою радою Національного педагогічного університету імені М.П.Драгоманова (протокол № 6 від 26 грудня 2012 р.) та узгоджено в Міжвідомчій раді з координації наукових досліджень з педагогічних і психологічних наук в Україні (протокол № 3 від 26 березня 2013 р.).

**Об'єкт дослідження** – процес навчання теоретичної фізики в педагогічних університетах.

**Предмет дослідження** – теоретичні та методичні засади навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики.

**Мета дослідження** – теоретичне обґрунтування і створення методичної системи навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики на засадах компетентнісного підходу та забезпечення науково-педагогічних умов її реалізації в навчальному процесі, спрямованому на досягнення єдності фундаментальної і фахової підготовки.

Відповідно до мети дослідження визначено основні **завдання**:

1. Провести ретроспективний аналіз становлення і розвитку системи фізичної освіти у вищих педагогічних навчальних закладах України з метою визначення теоретико-змістових засад фахової підготовки майбутніх учителів фізики та уточнення основних закономірностей і тенденцій її розвитку.

2. Вивчити стан розв'язання проблеми дослідження в методичній та психолого-педагогічній літературі з метою підвищення ефективності навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики.

3. Теоретично обґрунтувати концептуальні засади модернізації курсу теоретичної фізики в умовах реалізації компетентнісних стандартів сучасної фізичної освіти та розробити методичну систему навчання дисципліни “Теоретична фізика”, орієнтовану на формування фундаментальних знань і фахової компетентності майбутніх учителів фізики на основі принципу цілісності.

4. Розробити модульну програму навчальної дисципліни “Теоретична фізика” для педагогічних університетів, в якій на основі структурування елементів знань визначити й конкретизувати зміст спеціалізовано-професійних складових фахової компетентності майбутніх учителів фізики, що характеризуватимуть рівень їх фундаментальної підготовки.

5. Розробити та впровадити в процес підготовки майбутніх учителів фізики навчально-методичний комплекс із дисципліни “Теоретична фізика” (на прикладі курсу “Термодинаміка і статистична фізика”), що включає: модульну програму, навчально-методичні посібники для вивчення теоретичного матеріалу, практикум розв'язування задач, творчі завдання до самостійної та індивідуальної роботи, засоби діагностики рівня навчальних досягнень студентів.

6. Теоретично обґрунтувати концептуальні положення щодо формування й розвитку наукового світогляду майбутніх учителів фізики у навчанні теоретичної фізики як провідного компоненту їх фахової підготовки.

7. Експериментально перевірити достовірність теоретико-методичних засад та ефективність функціонування розробленої методичної системи навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики.

Для досягнення поставленої мети та вирішення завдань було використано **теоретичні та емпіричні методи дослідження:**

– *аналіз* філософської, психолого-педагогічної та методичної літератури, архівних джерел, державних стандартів освіти, освітньо-кваліфікаційних характеристик та освітньо-професійних програм педагогічних спеціальностей, навчальних планів і програм, підручників, навчальних посібників і монографій, нормативно-правової документації – з метою виявлення стану, проблем та шляхів удосконалення фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики; уточнення понятійного апарату дослідження, обґрунтування висновків; *синтез* – з метою визначення найбільш доцільної побудови курсу теоретичної фізики в педагогічному університеті на засадах компетентнісного підходу з урахуванням взаємозв'язку принципів фундаментальності та фахової спрямованості навчання; *моделювання* – для побудови методичної системи навчання дисципліни “Теоретична фізика”, орієнтованої на формування фундаментальних знань і фахової компетентності майбутніх учителів фізики;

– *спостереження, анкетування, тестування, бесіди зі студентами і викладачами* з метою виявлення стану, актуальних проблем та напрямів удосконалення фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики; *експертне оцінювання* педагогічної ефективності розробленого навчально-методичного комплексу та запропонованої методичної системи навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики; *педагогічний експеримент* з метою перевірки достовірності концептуальних положень та ефективності функціонування розробленої методичної системи навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики; *методи математичної статистики* – на етапі обробки й аналізу (кількісного та якісного) результатів педагогічного експерименту, обґрунтування та встановлення правомірності загальних висновків дослідження.

**Наукова новизна одержаних результатів дослідження** полягає в тому, що:

– *вперше запропоновано* теоретичні та методичні засади навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики на основі особистісно зорієнтованого, діяльнісного і компетентнісного підходів для досягнення єдності їх фундаментальної і фахової підготовки;

– *вперше* в умовах кредитно-трансферної організації навчального процесу в педагогічному університеті *запропоновано* методичну систему навчання теоретичної фізики, орієнтовану на формування фундаментальних знань і фахової компетентності майбутніх учителів фізики з урахуванням принципу цілісності, що базується на взаємозв'язку науково обґрунтованих компонентів та передбачає реалізацію концептуальних підходів і організаційно-педагогічних умов, за яких забезпечується ефективне досягнення освітніх цілей;

– *вперше запропоновано* теоретичні та методичні засади створення модульної програми навчальної дисципліни “Теоретична фізика” для педагогічних університетів, в якій на основі структурування елементів знань визначено й конкретизовано зміст науково-теоретичної та практично-діяльній складових фахової компетентності студентів для кожного змістового модулю;

– *вперше запропоновано* структуру, критерії та показники сформованості спеціалізовано-професійних складових фахової компетентності майбутніх учителів фізики, що характеризуватимуть рівень їх фундаментальної підготовки за результатами навчання курсу теоретичної фізики;

*удосконалено:*

– структуру і зміст курсу теоретичної фізики для педагогічних університетів шляхом виокремлення інваріантного (теоретичного) ядра та його головних змістових ліній (спеціальної/предметної, світоглядної, методологічної), що забезпечують основу фундаментальних наукових знань і фахової компетентності майбутніх учителів фізики;

– методичні підходи до формування цілісної системи фундаментальних знань майбутніх учителів фізики з урахуванням принципу взаємозв'язку й наступності курсів загальної і теоретичної фізики;

*дістали подальшого розвитку:*

– методичні підходи щодо активізації навчально-пізнавальної діяльності студентів у навчанні теоретичної фізики на основі використання прийомів фахового спрямування;

– методичні підходи щодо розвитку й діагностики рівня сформованості наукового світогляду майбутніх учителів фізики як провідного компоненту їх фахової підготовки засобами навчальної дисципліни “Теоретична фізика”.

**Практичне значення одержаних результатів** визначається тим, що:

– впроваджено в навчально-виховний процес педагогічних університетів методичну систему навчання теоретичної фізики, у процесі реалізації якої забезпечується формування фундаментальних знань і фахової компетентності майбутніх учителів фізики на основі єдності та взаємозв’язку усіх компонентів педагогічного процесу;

– розроблено та впроваджено в процес підготовки майбутніх учителів фізики навчально-методичний комплекс з дисципліни “Теоретична фізика” (на прикладі курсу “Термодинаміка і статистична фізика”), який включає:

- модульну програму навчальної дисципліни “Теоретична фізика” для студентів напряму підготовки Фізика\* (рекомендована Вченою радою Бердянського державного педагогічного університету, протокол № 4 від 27.11.2014 р.);

- навчальний посібник “Основи термодинаміки і статистичної фізики” (рекомендований МОН України, лист № 1/11-6036 від 24.07.2009 р.);

- навчальний посібник “Основи термодинаміки і статистичної фізики. Збірник задач” (рекомендований МОН України, лист №14/18-Г-2381 від 26.12.2007 р.);

- навчальний посібник “Основи термодинаміки і статистичної фізики: збірник тестових завдань” (рекомендований Вченою радою Бердянського державного педагогічного університету, протокол № 10 від 25.02.2016 р.);

– створено засіб комп’ютерного тестування рівня навчальних досягнень студентів з курсу “Термодинаміка і статистична фізика”.

Результати дослідження можуть бути використані в процесі розроблення стандартів вищої освіти, а також удосконалення навчально-методичного забезпечення дисциплін “Загальна фізика” та “Теоретична фізика” в педагогічних університетах.

**Результати дисертаційної роботи впроваджено** в навчальний процес Бердянського державного педагогічного університету (довідка № 57-08/1871 від 28.12.2015 р.), Запорізького національного університету (довідка № 01-15/675 від 30.12.2015 р.), Кам'янець-Подільського національного університету імені І. Огієнка (довідка № 15 від 26.02.2016 р.), Кіровоградського державного педагогічного університету імені В. Винниченка (довідка № 01-н від 20.01.2016 р.), Одеського національного університету імені І. Мечникова (довідка № 06.09-91-2725 від 30.12.2015 р.), Полтавського національного педагогічного університету імені В.Г.Короленка (довідка № 5011/01-55/05 від 25.12.2015 р.).

**Особистий внесок здобувача.** У працях, опублікованих разом із співавторами, здобувачеві належить:

– реалізація загальних теоретико-методичних засад модернізації змісту і структури модульної програми навчальної дисципліни “Теоретична фізика” для педагогічних університетів та визначенні на основі структурування елементів знань змісту науково-теоретичної та практично-діяльнісної складових фахової компетентності студентів для кожного змістового модулю [343];

– підготовка вступу; систематизація та узагальнення наукових підходів до проектування освітньо-кваліфікаційної характеристики сучасного вчителя фізики, що містить комплекс вимог фахового та особистісного спрямування для ефективного здійснення своєї професійної діяльності; формулювання загальних висновків [407];

– ідеї конструювання демонстраційного та лабораторного обладнання, методики його застосування у навчальному процесі; теоретичному обґрунтуванні проблем, аналізі одержаних результатів [129], [167], [278].

Автор був укладачем та здійснив загальне редагування збірників наукових праць [129], [278], [395].

**Апробація результатів дослідження.** Основні положення та результати дослідження доповідались і обговорювались на таких науково-практичних конференціях і семінарах:

– *міжнародних*: “Актуальні проблеми розвитку соціально-економічних систем” (м. Донецьк, 2011 р.); “Актуальні проблеми природничо-математичної освіти в середній і вищій школі” (м. Херсон, 2012 р., 2014 р.); “Efektivni nástroje modernich věd” (Praha, Czech Republic, 2013 р.); “Economics, Healthcare and Education in the modern world” (Opole, Poland, 2013 р.); “Чернігівські методичні читання з фізики” (м. Чернігів, 2013 р., 2014 р.); “Problems and prospects of territories socio-economic development” (Opole, Poland, 2014 р., 2015 р.); “Дидактика фізики як концептуальна основа формування компетентнісних і світоглядних якостей майбутнього фахівця фізико-технологічного профілю” (м. Кам’янець-Подільський, 2015 р.);

– *всеукраїнських*: “Безперервна фізико-математична освіта : проблеми, пошуки, перспективи” (м. Бердянськ, 2007 р., 2009 р.); “Науково-дослідна робота в системі підготовки фахівців-педагогів у природничій та технологічній галузях” (м. Бердянськ, 2011 р., 2013 р.); “Актуальні проблеми підготовки вчителів природничо-наукових дисциплін для сучасної загальноосвітньої школи” (м. Умань, 2012 р.); “Засоби і технології сучасного навчального середовища” (м. Кіровоград, 2011 – 2015 рр.); “Сучасні проблеми та перспективи навчання дисциплін природничо-математичного циклу” (м. Суми, 2013 р.); “Розвиток сучасної природничо-математичної освіти: реалії, проблеми якості, інновації” (м. Запоріжжя, 2013 р.); “XVIII Всеукраїнська наукова конференція молодих істориків науки, техніки і освіти та спеціалістів, присвячена 150-річному ювілею В. І. Вернадського” (м. Київ, 2013 р.); “XIX Всеукраїнська наукова конференція молодих істориків науки, техніки і освіти та спеціалістів, присвячена 95-річному ювілею НАН України” (м. Київ, 2014 р.); “XX Всеукраїнська наукова конференція молодих істориків науки, техніки і освіти та спеціалістів за темою “Наука України як фактор національної безпеки” (м. Київ, 2015 р.); “Науково-дослідна робота в системі підготовки фахівців-педагогів у природничій, технологічній та економічній галузях” (м. Бердянськ, 2015 р.);

– Всеукраїнському семінарі “Актуальні питання методики навчання фізики і астрономії в середній та вищій школах” (м. Київ, 2012 – 2015 рр.).



**Публікації.** Основні результати дослідження опубліковано в 60 наукових та навчально-методичних працях, з яких 51 написано без співавторів. Серед них: дві монографії (одна з них – колективна), 4 навчальних посібники, модульна навчальна програма (у співавторстві), 26 одноосібних статей у фахових виданнях України та 7 статей у періодичних виданнях іноземних держав; 4 статті і 16 тез доповідей у збірниках наукових праць і матеріалах конференцій.

Кандидатську дисертацію “Історія зародження, становлення та розвитку наукових шкіл методики навчання фізики в Україні” захищено у 1997 році. Матеріали кандидатської дисертації в тексті докторської дисертації не використано.

**Структура дисертації.** Дисертація складається із вступу, п’яти розділів, висновків до розділів, загальних висновків, списку використаних джерел (440 найменувань), 9 додатків. Загальний обсяг дисертації – 470 с., з яких 390 с. – основна частина. Робота містить 39 рисунків і 27 таблиць.

## РОЗДІЛ 1

### ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА НАВЧАННЯ ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ В СИСТЕМІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ

#### 1.1. Становлення і розвиток фізичної освіти в педагогічних вищих навчальних закладах України

Кожна наука має свою історію, не є винятком і дидактика фізики вищої педагогічної школи. Як галузь сучасної педагогіки вона має свої внутрішні закони й закономірності, як іноді кажуть, свою внутрішню логіку розвитку. Саме виявлення та усвідомлення останніх виступає головним завданням історико-методичної науки, важливою передумовою розуміння сучасної теорії й практики фундаментальної фахової підготовки майбутніх учителів фізики, надійною основою для наукового прогнозування й оцінки перспектив подальшого розвитку цієї галузі знань.

Окремі історіографічні, теоретичні та методологічні питання історії дидактики фізики в Україні досліджували В. Андріанов, П. Атаманчук, О. Бугайов, А. Волошина, М. Головка, С. Гончаренко, А. Касперський, В. Козирський, Г. Кордун, Є. Коршак, А. Лень, В. Мацюк, А. Павленко, М. Розенберг, О. Сергєєв, В. Сергієнко, Н. Сосницька, Є. Сульженко, Н. Форостяна, Ю. Храмов, В. Шендеровський, М. Шут та ін. Безперечною й визначною у цій справі є заслуга професорів О. Бугайова, С. Гончаренка, Є. Коршака, О. Сергєєва та їх учнів. Проведені ними дослідження стимулювали розвиток та сприяли систематизації, узагальненню й переосмисленню історії методики навчання фізики в Україні як наукової дисципліни. У науковий обіг увійшли забуті з різних причин імена вітчизняних учених-фізиків, видатних педагогів, ціла низка нових історико-методичних джерел.

Віддаючи належне зробленому, варто зазначити, що комплексних досліджень з історії розвитку фізичної освіти в педагогічних вищих навчальних закладах України сьогодні вкрай мало. Завдання систематизації й узагальнення наукової спадщини відомих учених, педагогів, наукових товариств і центрів вітчизняної

дидактики фізики вищої педагогічної школи потребує своєї координації, інтенсифікації та вирішення. Важливість останнього зумовлюється не тільки тим, що усвідомлення генезису та еволюції провідних ідей, концепцій і технологій навчання фізики полегшує виявлення внутрішніх закономірностей і тенденцій розвитку сучасної фізичної освіти, але й дозволяє, спираючись на її здобутки, не повторювати помилок, не витратити сил на відкриття вже відомих і перевірених педагогічною практикою істин, підхоплювати внутрішню логіку руху методичної науки, ефективно розв'язувати актуальні проблеми фундаментальної фахової підготовки вчителів фізики на сучасному етапі.

Аналіз історії становлення й розвитку системи фізичної освіти у вищій педагогічній школі України потребує уточнення одного з основних вихідних методологічних орієнтирів – встановлення об'єктивних критеріїв і принципів періодизації. Вивчення численних наукових праць відомих методистів-фізиків (О. Бугайова, Л. Резнікова, О. Пьоришкіна, І. Туришева) свідчить, що в деяких з них здійснено спроби виділити періоди та етапи розвитку дидактики фізики, враховуючи тісний зв'язок останньої з фізикою, педагогікою і психологією, історією дидактики, педагогіки і школи, розвитком суспільства. Фундаментальними в цьому напрямку стали праці професора О. Сергєєва, який у 1991 р. вперше запропонував цілісну періодизацію історії розвитку вітчизняної методики навчання фізики в загальноосвітній школі як наукової дисципліни на основі науково-обґрунтованих критеріїв [310]. Стосовно історії дидактики фізики вітчизняної вищої педагогічної школи загальноприйнятої точки зору з цього питання на сьогодні не існує. На нашу думку, пропоновану періодизацію не можна взяти цілком за основу (хоча розуміємо, що останні мають й спільні ознаки розвитку), вона потребує певного уточнення з урахуванням специфіки освітньої галузі та результатів останніх історико-методичних досліджень (В. Андріанова, Л. Благодаренко, М. Шута [429]; А. Павленка, М. Головка [267]; В. Сергієнка, А. Касперського [313]; Н. Сосницької [328]). Отже, виділимо такі етапи розвитку системи фізичної освіти у вищій педагогічній школі України та спробуємо їх коротко проаналізувати в контексті фундаментальної фахової підготовки вчителів фізики:

1. Зародження і становлення університетської фізичної освіти в Україні (середина XVII ст. – жовтень 1917 р.).

2. Розвиток фізичної освіти в повоєнні роки та роки педагогічних пошуків (1917 р. – 30-ті роки XX ст.).

3. Генезис та еволюція системи фізичної освіти в педагогічних вишах в умовах науково-технічного прогресу (40 – 80-ті роки XX ст.).

4. Перехід до гуманістичної освітньої парадигми та інноваційні процеси в дидактиці фізики вищої педагогічної школи України (з 90-х років XX ст. і по теперішній час).

Вітчизняна історія фізичної освіти налічує майже 400 років і бере свій початок від заснування Києво-Могилянської колегії (1631 р.; з 1701 р. – академії), що стало закономірним результатом активної просвітницької діяльності перших братських шкіл України: Острозької (1576), Львівської (1585), Кам'янець-Подільської (1596), Київської (1615), Чернігівської (1616), Луцької (1617) та ін. Хоча ці навчальні заклади були духовними й переважно гуманітарними за змістом освіти, в них викладались і основи природничо-математичних наук. Деякі фрагментарні фізичні знання слухачі отримували під час вивчення натуральної філософії. Професора філософії Києво-Могилянської колегії І. Гізеля взагалі вважають першим викладачем власне фізики та елементів астрономії. Його справу успішно продовжили викладачі академії І. Копієвський, Ф. Лопатинський, П. Малиновський, Ф. Прокопович, І. Фальковський, С. Яворський та інші. Багато випускників цих закладів продовжували свою освіту в європейських університетах, ставали організаторами й реорганізаторами вже існуючих шкіл, відігравши тим самим чималу роль у поширенні ідей епохи Відродження та освіти серед українського та інших народів.

Зародження і становлення вітчизняної університетської фізичної освіти пов'язано з відкриттям у 1661 році Львівського університету. Хоча навчальний процес у ньому проводився за програмою єзуїтських шкіл, на відділі філософії вивчали філософську систему Аристотеля, елементи математики, астрономії, біології, метеорології. Починаючи з середини XVIII ст. студенти університету отримали можливість “працювати” в астрономічній обсерваторії та фізико-

математичному кабінеті, який містив чудове для того часу обладнання: “сферу Коперника”, телескоп, повітряні насоси, електричну машину, барометр [102, с.50].

Масштабні процеси розбудови системи народної освіти відповідно до західних взірців започаткував Петро I, який не без успіху намагався поставити науку й освіту на службу практичним потребам армії, флоту, виробництва, державного управління. Були створені перші світські державні школи, сформувалася (хоча й неповністю) система освіти, з’явилися перші друкарні, створено Академію наук. Пройшло чимало часу, перш ніж фізика відокремилася із загально-філософської системи, хоча перші спроби її викладання як самостійного предмета здійснювалися в перших проектах шкільної освіти Ф. Прокоповича, Ф. Салтикова, В. Татіщева. Виняткову роль у становленні вищої педагогічної освіти і зокрема методики навчання фізики зіграв М. Ломоносов, за безпосередньої участю якого було видано “Вольфганську експериментальну фізику” та “Вольфганську теоретичну фізику” (перші перекладні підручники фізики в Російській імперії), відкрито Московський університет (1755 р.) та першу в Європі хімічну лабораторію. Завдання підготовки вітчизняних наукових і педагогічних кадрів було поставлене одним з головних.

Розвиток торгівлі і промисловості у XVIII ст. зумовив зростаючу потребу підготовки фахівців різного профілю, у тому числі й педагогічного. В останній чверті XVIII ст. було проведено реформу освіти (1786), у результаті якої створено нову за структурою систему з чотирьох типів навчальних закладів: парафіяльні й повітові училища, гімназії та університети. Важливим було те, що в деяких з них фізика почала вивчатися як окремий навчальний предмет. Останнє зумовило появу перших оригінальних підручників фізики (П. Гіляровського, М. Головіна, М. Двигубського, Е. Ленца, М. Павлова, Д. Перевошикова, М. Сперанського, П. Страхова, М. Щеглова та ін.), які містили цінні методичні рекомендації та були переважно узагальненням авторами власного педагогічного досвіду.

У середині XIX ст. в Росії функціонувало сім університетів (окрім Львівського і Московського, Казанський (1805), Харківський (1805), Петербурзький (1819), Київський (1834) та Новоросійський (Одеський) (1865); близько 550 середніх навчальних закладів, в яких навчалось понад 60 тис. учнів, що свідчило про значне

піднесення освіти порівняно з XVIII ст., а отже, і зростаючу потребу в педагогічних кадрах. На початку XIX ст. було створено Міністерство народної освіти (1802), шість навчальних округів, з яких спочатку один, а згодом три на українських землях. Уклалася чітка освітня система – початкова освіта підпорядковувалася середній (гімназійній), середня – університетам, а останні – навчальним округам.

Із початком XIX ст. історія фізичної науки й освіти в Україні загалом, і педагогічної зокрема, тісно пов'язана з університетами, які протягом тривалого часу визначали напрями діяльності всіх навчальних закладів у власному освітньому просторі. В імперську добу вони були не лише освітніми установами, а й науковими, просвітницькими центрами. Підготовка вчителів, у тому числі й фізики, для середніх навчальних закладів передбачалась статутами всіх університетів першої половини XIX ст. і вважалась завданням “величезної державної ваги”. Однак після подій 1860 року і майже до кінця XIX ст. усі спеціальні педагогічні заклади в Росії було закрито, а підготовку вчителів в університетах було віддано волі випадку.

Аналіз архівних документів та історико-педагогічних праць свідчить, що розвиток фізичної освіти в Україні другої половини XIX ст. проходив непростим шляхом, у постійній боротьбі з реакційною політикою Міністерства народної освіти, головним чином завдяки плідній діяльності вчених Київського університету Св. Володимира, який у цей період став одним з провідних центрів передової науково-методичної думки на теренах Російської імперії. З перших років існування вищого навчального закладу фізика викладалася на двох факультетах – філософському (що мав два відділення: історико-філологічне і фізико-математичне) та медичному. Першим її лектором був В. Чехович, геолог за освітою, який займав посаду професора на кафедрі фізики до 1846 р. Курс фізики університету не набагато різнився з гімназичним: викладання проводилося за радіальним принципом, мало здебільшого формально-словесний характер, не підкріплювалося дослідами, мало пов'язувалося з практичними потребами, культивувався так званий “крейдовий” метод навчання. Не вистачало кваліфікованих викладачів. Становище мало змінилося після переходу з Казанського до Київського університету проф. Е. Кнорра,

який завідував кафедрою фізики протягом 1846–1858 рр. Він читав експериментальну фізику та фізичну географію, був ініціатором створення в університеті метеорологічної обсерваторії. Викладання фізики дещо поліпшилося після переїзду до Києва вихованця Петербурзького університету проф. М. Тализіна, який завідував кафедрою фізики з 1859 по 1865 рр. Крім експериментальної фізики та фізичної географії, він читав спеціальні курси: механічну теорію тепла, теорію електрики і магнетизму, оптику [157, с. 97].

Виражених колективних рис наукова і педагогічна робота з фізики набула в Київському університеті з приїздом проф. М. Авенаріуса (1825 – 1890 рр.), який завідував кафедрою з 1865 по 1890 рр. Творчий доробок цього видатного педагога і вченого світового рівня становить справжню національну гордість України (близько 50 наукових праць, що стосуються термоелектричних і критичних явищ, електротехніки, метеорології, повітроплавання). У 1865 р. в Київському університеті проф. М. Авенаріус організував першу в Україні лабораторію експериментальної фізики, яка поступово перетворилася на один з провідних науково-методичних центрів. До його складу в різний час входило близько 50 викладачів університету та вчителів Києва: Г. Де-Метц, К. Жук, В. Зайончевський, Й. Косоногов, О. Надеждін, С. Слесаревський, О. Страус, Г. Суслов, М. Шіллер, О. Яницький та ін. Незважаючи на малоприспосоване приміщення та мізерні кошти, учені київської лабораторії впродовж 1865 – 90 рр. розробили оригінальну методику дослідження критичного стану речовини, яка забезпечила високу точність результатів і витримала перевірку протягом багатьох десятиріч [157, с. 99].

Поряд зі значними науковими дослідженнями проф. М. Авенаріус активно займався також і педагогічною діяльністю, читав лекції з експериментальної фізики та спеціальні навчальні курси як елементи курсу теоретичної фізики. У 1869 р. він був ініціатором організації (разом М. Хандріковим і М. Шіллером) Товариства дослідників природи, члени якого у вечірні години читали в аудиторіях університету публічні лекції з актуальних питань фізики та методики її викладання. Учений вважав, що крім фундаментальної майбутнім учителям фізики потрібна ще й фахова (методична) і спеціальна експериментальна підготовка. З цією метою в 1875 р. він

запровадив у навчальний процес фізичний лабораторний практикум, уперше в історії Київського університету. Успіхи творчого колективу київських учених значною мірою були зумовлені суттєвими змінами соціально-економічного укладу життя після реформ 1860 року та загальним підйомом суспільно-педагогічної думки, зокрема: прийняття нового університетського статуту, створення на базі університетів фізичних кабінетів і лабораторій, організація учительських інститутів та відкриття на їх базі педагогічних курсів; проведення перших в Росії педагогічних з'їздів Київського навчального округу з питань удосконалення фізичної освіти (1861, 1862, 1867, 1871), прийняття перших державних програм з фізики для реальних і класичних гімназій (1868), поява перших педагогічних журналів, видання оригінальних підручників з фізики (В. Бооля, І. Ковальського, К. Краєвича, М. Любимова, О. Малініна, Ф. Петрушевського та ін.).

Науково-методичні традиції, закладені М. Авенаріусом, зберігалися й розвивалися його учнями і продовжувачами справи: М. Шіллером, Й. Косоноговим, Г. Де-Метцом та ін. З 1890 по 1903 р. керівництво кафедрою фізики Київського університету перейшло до М. Шіллера (1848 – 1910 рр.), учня О. Столетова. Він став *першим викладачем теоретичної фізики в Україні*, очоливши відповідну кафедру університету в 1876 р. Проф. М. Шіллер успішно займався дослідженнями майже в усіх напрямках тогочасної науки. Серед них: теоретичне обґрунтування другого закону термодинаміки, електромагнітна теорія Максвелла та її дослідна перевірка, властивості та рівняння стану реального газу, залежність тиску насиченої пари рідини від форми меніску (закон Томсона-Шіллера), виступав проти “енергетизму” – філософського вчення, яке відкидало атомістику та розглядало енергію як єдину першооснову фізики.

На старших курсах він читав вступ до математичної фізики, термодинаміку, теорію пружності, електрику і магнетизм, оптику. З курсу теоретичної фізики М. Шіллер опублікував ряд підручників і навчальних посібників, зокрема “Основи фізики” (теоретична механіка), “Теорія потенціальної функції”, “Елементи вчення про електрику і магнетизм”. У 1890 р. М. Шіллер (разом з Г. Де-Метцем і Й. Косоноговим) був ініціатором створення в університеті фізико-математичного



товариства (близько 350 осіб) та незмінним його головою протягом 14 років, постійно виступаючи на засіданнях з науковими доповідями. Основними завданнями товариства були: розвиток і поширення фізико-математичних наук, підвищення якості їх викладання у вищих і середніх навчальних закладах, залучення вчителів шкіл до науково-методичних досліджень.

У 1903 р. у зв'язку з призначенням проф. М. Шіллера на посаду ректора Харківського технологічного інституту керівництво фізичною лабораторією та кафедрою теоретичної фізики перейшло до Й. Косоногова (1866 – 1922 рр.), видатного вітчизняного вченого і педагога першої чверті ХХ ст. Працюючи в Київському університеті понад 30 років професор Й. Косоногов користувався заслуженою повагою серед наукової і педагогічної громадськості. Під його керівництвом розпочали свою наукову діяльність такі відомі в майбутньому фізики, як Ч. Бялобжецький, О. Гольдман, С. Каляндик, В. Лінник, П. Тартаковський та ін.

Наукові інтереси проф. Й. Косоногова були пов'язані з атмосферною електрикою і земним магнетизмом, фізикою діелектриків, властивостями електромагнітних коливань, дослідженням електролізу за допомогою ультрамікроскопу, метеорологією, фізичною географією. Учений багато зробив для поліпшення викладання курсу теоретичної фізики. За його участі цей курс набув цілісності, стрункості, поповнився новими розділами (кінетична теорія газів, теорія електронів і випромінювання). Лекції супроводжувалися добре поставленими демонстраціями. У механічній, тепловій, електричній та оптичній лабораторіях університету студенти проходили фізичний практикум.

Діяльність проф. Й. Косоногова визначається великою науковою і педагогічною активністю. До головних її результатів можна віднести: 1) організацію з власної ініціативи методичних семінарів з фізики (1904), на яких було вперше закладено ідею проведення педагогічної практики (одним з учасників семінарів був О. Бабенко – майбутній завідувач кафедри методики фізики КДПІ ім. О.М.Горького); 2) створення в 1906 р. при педагогічному музеї Києва зразкового фізичного кабінету (разом Г. Де-Метцом, П. Зіловим і С. Слесаревським) – єдиного на той час в Україні, в якому проводили впродовж 1907-1917 рр. курси підвищення кваліфікації вчителів фізики

Київського навчального округу; 3) підготовку навчальних програм і підручників з фізики для середніх і вищих шкіл: “Концентричний підручник з фізики для середніх учбових закладів” (перший в Росії), “Основи фізики”, “Початкова фізика. Курс першого ступеня”, “Бесіди з фізики”, “Теорія світла”, “Методика фізики (конспекти лекцій)” та ін.; 4) активну участь в організації канікулярних курсів підвищення кваліфікації вчителів середніх шкіл Києва (1907 – 1908 рр.), тимчасових педагогічних і вищих жіночих курсів (1909 – 1912 рр.); 5) редагування разом з проф. П.Зіловим і Г.Де-Метцом науково-методичного журналу “Физическое обозрение” (1900 – 1917 рр.); 6) керівництво метеорологічною обсерваторією, організацію радіологічної лабораторії університету; 7) Й. Косоногов – один із засновників фізико-математичного, фізико-хімічного, фізико-медичного та інших наукових товариств Києва [310, с. 56].

На початку 20-х років фізична лабораторія Київського університету, яку очолював Й. Косоногов, була чи не єдиною з наукових структур, придатних для проведення досліджень з фізики. Учений задумав створити на її базі фізичний інститут на кшталт передових західноєвропейських наукових закладів. Утім, через скрутні умови тих років до реалізації задуму справа не дійшла. Фізичний інститут у Києві було створено лише в 1929 р., першим директором якого став його учень О. Гольдман. Сьогодні Інститут фізики – один із найстаріших науково-дослідних інститутів країни, з якого засновано Інститут металофізики, Інститут фізики напівпровідників, Інститут ядерних досліджень, Інститут теоретичної фізики. “Від рівня розвитку науки, зокрема фізики, залежить потенціал та престиж будь-якої держави у світовому співтоваристві” – на цьому наголошував ще 100 років тому видатний учений і педагог, академік УАН Й. Косоногов.

Наприкінці XIX ст. активну науково-педагогічну діяльність проводив Г. Де-Метц (1861 – 1947 рр.). Працюючи на посаді професора кафедри фізики Київського політехнічного інституту, він продовжував роботу і в університеті (з 1913 р. на посаді декану фізико-математичного факультету). Окрім наукових досліджень у галузі теплових явищ і радіоактивності, багато часу і творчих зусиль він віддавав науково-педагогічній роботі у фізико-математичному товаристві, на курсах підвищення кваліфікації вчителів, у зразковому фізичному кабінеті тощо.

У періодиці, на з'їздах і публічних засіданнях він наголошував на необхідності підвищення рівня фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики, збільшенні навчальних годин на вивчення експериментальної і теоретичної фізики, висловлювався про незадовільний стан середньої фізичної освіти, виступав за концентричну побудову навчального курсу, впровадження експериментального методу навчання, необхідність реалізації у навчанні принципів науковості, наочності й наступності. Так, зокрема, на 3-му Київському з'їзді викладачів природничих наук (1904 р.) у доповіді “Про узгодження викладання фізики в гімназії та університеті” Г. Де-Метц наголошував на тому, що “навчальний матеріал шкільного курсу фізики повинен розглядатися в університеті на більш високому рівні із застосуванням сучасного математичного апарату, створювати можливість для вивчення студентами більш складних наукових питань з обов'язковою наступною систематизацією та узагальненням здобутих знань” [103, с. 49].

Майже 200 наукових праць Г. Де-Метца в галузі фізики та методики її викладання надруковано в російських і закордонних журналах, головними з яких є видання в 1913 р. разом з С. Слесаревським спеціалізованого збірника “Собрание лабораторных упражнений” (деякі з них входять до навчальних програм з фізики сучасних ЗОШ і педагогічних університетів), першого вітчизняного підручника “Вступ до теоретичної фізики” (1923 р.), в якому було систематизовано всі здобутки цієї галузі фізичної науки на той час, та монографії “Общая методика преподавания физики” (1929 р.), що являла собою енциклопедію методичних знань не тільки вітчизняної, але й зарубіжної методики фізики. Плідна науково-педагогічна та організаційна діяльність Г. Де-Метца і С. Слесаревського відіграла значну роль у розвитку вітчизняної методичної думки з фізики, підвищенні рівня середньої і вищої фізичної освіти та сприяла створенню першої методичної школи, що й донині визначає напрями удосконалення навчально-виховного процесу з фізики в педагогічних університетах України.

Окрім Київського активну науково-педагогічну діяльність проводили також учені Харківського, Новоросійського (Одеського), Львівського та Чернівецького

університетів, Глухівського і Ніжинського вчительських інститутів, Харківського технологічного, Київського і Львівського політехнічних інститутів, де в різні роки працювали такі відомі фізики й педагоги, як О. Белявський, С. Лорія, Т. Осиповський, М. Остроградський, М. Пільчиков, І. Пулюй, Д. Рожанський, В. Рубінович, М. Смолуховський, М. Умов, Ф. Шведов та ін. Спектр проведених ними досліджень охоплював майже всі напрямки тогочасної науки: теоретична механіка, теорія коливань, гідродинаміка, статистична фізика, електродинаміка, земний магнетизм, електричний розряд в газах, електро- і радіотехніка, хвильова оптика, флюоресценція, теплове й рентгенівське випромінювання, радіоактивність, дифракція електронів, вакуумна техніка, просторова локалізація і рух енергії, теорія відносності, атомна і ядерна фізика та ін.

До головних здобутків зазначених науково-методичних центрів можна віднести: видання першого на теренах Росії методичного журналу “Вестник опытной физики и элементарной математики” (Є. Шпачинський, В. Циммерман, В. Каган; 1886-1917 рр.), в якому друкувалися статті з актуальних методичних питань підготовки вчителів фізики і математики; організація у Львові Наукового товариства імені Т. Шевченка (Д. Пільчиков, О. Огоновський, К. Сушкевич; 1892 р.); видання журналу “Физик-любитель”, що являв собою на той час енциклопедію системи навчального фізичного експерименту (К. Чернишов, В. Рюмін; 1904-1917 рр.); видання першої в Росії “Методики фізики” (Ф. Шведов, 1894 р.); тісна співпраця з педагогами київського університету з питань удосконалення навчально-виховного процесу з фізики у середніх і вищих навчальних закладах. Отже, вивчення архівних матеріалів і науково-методичних джерел свідчить, що стан університетської фізичної освіти в Україні (і зокрема системи фахової підготовки вчителів фізики) у дореволюційний період поступово, хоча й з великими труднощами, покращувався завдяки кропіткій і цілеспрямованій діяльності видатних учених, викладачів, учителів-новаторів, головним чином як результат координації досліджень Київської методичної школи, зародження й становлення якої безпосередньо пов'язано з організацією на базі вітчизняного університету лабораторії експериментальної фізики.

Події 1917 р. змінили не тільки соціальний лад, але й поставили на порядок денний створення нової вітчизняної школи з новими педагогічними кадрами. Другий етап у розвитку вітчизняної системи педагогічної фізичної освіти не має подібних за насиченістю подіями, глибиною та історичним значенням революційних перетворень. У 20-х роках ХХ ст. фахова підготовка вчителя відбувалася в руслі державної політики українізації, яка дедалі більше набувала заідеологізованого характеру: в освіті поступово утверджувалися класова свідомість, ідеологія робітничого класу, методологія більшовицької партії. У цей час розроблялись “Положення та основні принципи єдиної трудової школи”, визначалися принципово нові структура і зміст освіти, форми, методи і засоби навчання й виховання молоді, запроваджувалися перші навчальні плани і програми радянської середньої та вищої школи, у тому числі з фізики; проходила напружена організаційна і пояснювальна робота: проводились різноманітні наради та з’їзди вчителів і викладачів ВНЗ з актуальних освітніх питань, було створено “Спілку вчителів-інтернаціоналістів”, виникли нові типи навчальних закладів (фабрично-заводські школи, робфаки, дослідно-показові заклади), видавалось багато навчально-методичної літератури та спеціалізованих педагогічних журналів (у 20-ті роки їх налічувалось близько сотні).

У процесі розбудови вітчизняної вищої педагогічної школи цього періоду відповідно до потреб народного господарства й державного будівництва, індустріалізації країни було накопичено багатий і цінний досвід, який незмінно викликав інтерес істориків, педагогів, учителів-практиків. Спираючись на численну педагогічну та методичну літературу з цього періоду назвемо лише основні події і факти, які сприяли, на наш погляд, подальшому розвитку системи фізичної освіти у вітчизняній вищій педагогічній школі.

1. Розширення мережі педагогічних вишів та пошук нових форм університетської освіти: реорганізація старих університетів спочатку в державні (1918), потім в Інститути народної освіти (1921), Інститути професійної освіти (1930), а згодом у класичні університети (1932); відкриття університетів у Кам’янці-Подільському, Катеринославі (Дніпропетровську) і Сімферополі; відповідна

підготовча робота в Житомирі, Миколаєві, Ніжині, Полтаві та Чернігові. Після приєднання західно-українських земель до системи вищої освіти ввійшли Львівський і Чернівецький університети. За короткий термін університети стають провідними науковими та освітніми центрами України; на їх базі з'являються учительські інститути, до функціонуючих факультетів додаються нові, відкриваються вечірні та заочні відділення. Таким чином, можна констатувати, що тільки у передвоєнні роки в Україні складається цілісна система вищої педагогічної освіти.

2. Діяльність науково-методичної секції ГУСа Наркомпроса УРСР з розробки навчальних програм з фізики для середньої (1919, 1921, 1926, 1929, 1931, 1934 рр.) та вищої шкіл (1921–22, 1932–33 рр.). Характерними особливостями останніх стало запровадження ідей дальтон-плану, поділ навчального матеріалу за комплексними темами, широке впровадження активних методів і колективних/бригадних форм навчання, застосування елементів диференційованого навчання фізики. У 1927–1930 рр. навчальні плани педагогічних ВНЗ замість “робочих” і “орієнтовних” складають як обов’язкові на чотири роки (з 1938 р. для університетів затверджують уніфіковані навчальні плани з такими елементами: загальнотеоретичний і спеціальний цикли підготовки, педагогічна практика, курси за вибором). Розгортається дискусія навколо того, що вважати головним освітнім завданням педагогічних інститутів - наукову (фундаментальну) чи педагогічну складову, щодо доцільності психолого-педагогічного компоненту фахової підготовки вчителів фізики, пріоритетності лабораторно-семінарських занять порівняно з лекціями, посилення самостійної роботи студентів. Згідно навчального плану 1934 р. спеціальна фахова підготовка вчителів фізики в педагогічних інститутах передбачала обов’язкове окреме вивчення курсів експериментальної і теоретичної фізики, що складала разом 22% від загальної кількості годин. До змісту останнього входили кінетична теорія матерії і термодинаміка, теорія електромагнітного поля, елементи квантової фізики (теоретична механіка вивчалася окремо). Лекційні години складала 36% від загальної кількості годин дисципліни, разом з практичними заняттями все більшу питому вагу набувають семінари й колоквіуми, де студенти самостійно опрацьовували та обговорювали навчальний матеріал згідно пропонованого викладачем переліку запитань або тем.

3. Видання з 1934 р. спеціалізованого науково-методичного журналу “Математика и физика в школе” (з 1937 р. окремо “Физика в школе”), який знаменував собою подальший важливий крок на шляху інтенсивного розвитку методичної думки, поширення передового педагогічного досвіду у справі підготовки вчителів фізики і математики. Практика навчання фізики почала узагальнюватися, а її теорія розроблятися у ряді педагогічних і науково-дослідних інститутів.

4. Організація у 30-40-х роках у більшості університетів і педагогічних інститутів України спеціалізованих кафедр теоретичної фізики, основним напрямком діяльності яких окрім дослідження актуальних наукових питань стає підвищення рівня та якості фундаментальної фахової підготовки майбутніх учителів фізики. Основну увагу звернено методиці формування у студентів фундаментальних фізичних понять, забезпеченню системності й міцності знань, підвищенню рівня математичної підготовки, відповідності методики викладання курсу теоретичної фізики сучасному рівню й методології фізичної науки. Як результат проведених науково-методичних пошуків, у цей час виходять оригінальні вітчизняні підручники з теоретичної фізики К. Бедрега, А. Желеховського, Л. Манакіна, С. Пекара, Л. Розенкевича та ін.

5. Підвищенню якості фахової підготовки майбутніх учителів фізики сприяло створення методичних кабінетів та обласних інститутів удосконалення кваліфікації вчителів, а також упровадження курсу методики фізики як навчальної дисципліни в учительських та педагогічних інститутах республіки (уперше цей курс почав читати з 1922 р. проф. Г. Де-Метц на факультеті професійної освіти КІНО). Важливого значення мало також відкриття на базі Київського інституту народної освіти імені М.П.Драгоманова перших вітчизняних спеціалізованих кафедр: фізики (проф. Г.Де-Метц, 1932 р.) і методики навчання фізики (проф. О. Бабенко, 1953 р.), які згодом стали основними осередками творчої науково-методичної діяльності з фізики провідних учених-методистів і вчителів України. З 1953 року на методичній кафедрі діє аспірантура, а з 1988 р. – докторантура за спеціальністю 13.00.02 – теорія і методика навчання (фізика).

6. Організація та проведення з ініціативи Наркомоса УРСР у березні-квітні 1934 р. у Харкові першого Всеукраїнського з'їзду вчителів фізики середніх шкіл (понад 400 учасників), чим було покладено початок періодичних республіканських педагогічних зібрань з актуальних питань теорії і методики навчання фізики. Окрім пленарних засідань на з'їзді працювали секції (за класами – з VII по X), де оголошувались доповіді методистів Українського науково-дослідного інституту педагогіки (А. Карлова, Л. Леущенко, Р. Пономарьов, М. Розенберг) щодо основних принципів викладання фізики в даному класі та співповіді вчителів з досвіду викладання окремих тем. На з'їзді було також організовано виставку оригінальних приладів, виготовлених учителями й учнями шкіл України (близько 500); матеріали з'їзду опубліковано (загалом з друку вийшло шість випусків).

7. У 30-ті роки плідну науково-педагогічну діяльність проводить професор Київського педінституту О. Бабенко, перебуваючи спочатку на посаді завідувача кафедри загальної фізики, а згодом – методики викладання фізики. Йому належить близько 40 наукових праць з різних питань методики викладання фізики у школі та ВНЗ, серед яких фундаментальними є “Нариси з методики викладання фізики” у 4-х частинах (1955–1959) та “Методика викладання коливальних і хвильових процесів у середній школі” (1958). Разом із проф. С. Слесаревським в педінституті було відкрито кабінет методики фізики, де майбутні вчителі мали можливість набувати свій перший педагогічний досвід. У передвоєнні роки та післявоєнний час проф. О. Бабенко очолював Київську школу методики фізики, розвиток якої проходив у тісній співпраці з російськими вченими-методистами (Д. Галаніним, П. Знаменським, І. Соколовим, О. Цінгером, О. Хвольсоном та ін.)

8. У 30-ті роки розгортається діяльність відділу методики фізики та астрономії Науково-дослідного інституту педагогіки УРСР, який з часом стає великим методичним центром дидактичних досліджень та поширення передового педагогічного досвіду в республіці. Багато професорів Київського педінституту одночасно працюють його науковими співпрацівниками. Особливого розмаху ця робота набуває у 50-ті і 60-ті роки під керівництвом проф. О. Бабенка і доц. М. Розенберга. Серед основних напрямків роботи: розробка загальних і



конкретних питань шкільного і вузівського курсів фізики, підготовка стабільних підручників, покращення обладнання фізичних кабінетів, поширення передового педагогічного досвіду, підготовка науково-педагогічних кадрів у галузі методики навчання фізики.

Із закінченням Великої вітчизняної війни розпочався новий етап розвитку фізичної освіти у вітчизняній вищій педагогічній школі; відродження промисловості та народного господарства країни потребувало кваліфікованих фахівців різного профілю. Зростанню кількості середніх навчальних закладів, які було відкрито майже у кожному населеному пункті країни, та збільшенню в них числа учнівської молоді сприяло запровадження у 1949 р. загальної обов'язкової семирічної освіти. Потреба в підготовці педагогічних кадрів постійно зростала.

Дослідження істориків та педагогів свідчать, що у другій половині ХХ ст. система підготовки вчителів в Україні починає стрімко розвиватися. Мережа педагогічних вишів зростає набагато швидше, ніж у попередні роки. Серед основних конструктивних тенденцій удосконалення форм і змісту вищої педагогічної освіти можна виділити: відкриття педагогічних факультетів у класичних університетах та реорганізація старих учительських інститутів у педагогічні, розширення в останніх освітніх спеціальностей і профілів, удосконалення структури навчальних планів і програм, збільшення частки психолого-педагогічних і методичних дисциплін, зростання ролі самостійної роботи студентів, широке застосування нових засобів наочності (діапроектор, епіпроектор, кодоскоп, філомоскоп). З 1952 р. в країні було введено загальну десятирічну освіту.

Значущість фізики як в системі наук, так і в шкільній практиці суттєво підвищилася; у зв'язку з політехнізацією школи та введенням обов'язкового фізичного практикуму у 8-10 класах (1954 р.) посилюється політехнічна складова підготовки вчителів фізики, запроваджується вивчення основ виробництва шляхом виділення з курсу загальної фізики основ машинознавства, теплотехніки, електрорадіотехніки з обов'язковою роботою у навчальних майстернях; затверджується п'ятирічний термін підготовки вчителів фізики і математики за окремими навчальними планами (1956 р.). Курс теоретичної фізики модернізується та

розширюється шляхом поповнення новими розділами (основи релятивістської електродинаміки, загальної теорії відносності, елементи теорії квантових переходів, збурень, розсіяння; теорії флуктуацій, фазових переходів та ін.); широкого розмаху з роками набуває видання відповідної навчально-методичної літератури як вітчизняних, так і зарубіжних авторів. Серед них: російськомовні підручники А. Ансельма, І. Базарова, А. Василевського і В. Мултановського, О. Давидова, І. Кваснікова, В. Когана, Л. Ландау і Е. Ліфшица, В. Левича, М. Леонтовича, І. Мещерського, І. Савельєва, А. Соколова, Я. Терлецького, В. Фока, Я. Френкеля та ін.; підручники вітчизняних авторів: М. Боголюбова, В. Глаубермана, В. Кобилянського, О. Ляпунова, В. Ніщовича, А. Самойловича, О. Ситенко, В. Сугакова, А. Федорченка (перший повний україномовний курс теоретичної фізики), К. Толпиго, І. Юхновського та ін., а також переклади таких іншомовних видань, як “Берклєєвський курс фізики”, “Фейманівські лекції з фізики”, праці з теоретичної фізики Н. Бора, В. Гейзенберга, Дж. Гіббса, П. Дірака, А. Зоммерфельда, Г. Іоса, А. Ісіхари, Р. Кубо, М. Планка, А. Райфа, Е. Фермі, Ч. Кіттеля, Е. Шредінгера та ін.

Варто зазначити, що впродовж 60–70-х рр. система підготовки педагогічних кадрів в Україні стабілізувалася. Учителів фізики готували університети та педагогічні інститути за єдиним навчальним планом Міністерства вищої і середньої спеціальної освіти СРСР. Проте кількість педагогічних працівників зростала повільніше, ніж контингент учнів: в Україні не вистачало вчителів не тільки в сільській місцевості, але й містах. У 60-х роках мережа державних університетів розширюється шляхом реорганізації великих педагогічних інститутів: Донецький (1965) і Симферопольський (1972). Загалом у 1975 р. підготовка педагогів з вищою освітою в Україні проводилася на базі вісьмох університетів (97 тис. студентів) та 33 педагогічних інститутів (121 тис. студентів) [215]. Суттєвому підвищенню рівня фахової освіти вчителів фізики сприяло створення системи довузівської підготовки на основі організації відповідних факультетів і юнацьких шкіл, проведення олімпіад з природничих наук, виставок дитячої технічної творчості. Сукупність заходів щодо профорієнтації молоді дала можливість зберегти високий конкурс серед вступників на педагогічні

спеціальності, у тому числі й фізики. Престижність учительської професії дедалі зростала, як і кількість заяв абітурієнтів на денну форму навчання.

У 70 – 80-х роках ХХ ст. до розробки актуальних питань методичної науки залучено значний колектив науковців, викладачів і вчителів-практиків. У цей час у методиці фізики наступив етап теоретичного аналізу й синтезу, зведення в систему накопиченого емпіричного матеріалу за одночасної поглибленої розробки конкретних методичних проблем. Основними напрямками наукових пошуків стали: удосконалення змісту і структури шкільного та вузівського курсів фізики, підвищення їх наукового рівня, розробка загальних і конкретних питань методики навчання фізики, удосконалення організаційних форм, методів і засобів навчання, системи навчального фізичного експерименту, узагальнення передового педагогічного досвіду на науковій основі, створення фундаментальних методичних праць. Становленню технологічного підходу у навчанні фізики загальноосвітньої і вищої педагогічної шкіл сприяла послідовна реалізація ідей розвивального, програмованого, диференційованого та проблемного навчання. У цей період інтенсивно розвиваються ідеї генералізації навчального матеріалу шкільного і вузівського курсів фізики навколо фундаментальних фізичних теорій, циклічності навчального процесу та системно-діяльнісного підходу; реалізації у навчанні фізики міжпредметних зв'язків, формування наукового світогляду й стилю мислення та інтеграції знань майбутніх фахівців.

Дослідження з цих напрямків проводились викладачами кафедр фізики та методики її викладання педінститутів, працівниками кабінетів фізики в інститутах підвищення кваліфікації вчителів, учителями-новаторами. Усю науково-дослідну роботу координувала кафедра методики викладання фізики Київського педагогічного інституту ім. О.М.Горького (під керівництвом Б. Миргородського і Є. Коршака) та сектор фізики Науково-дослідного інституту педагогіки УРСР (М. Розенберг, С. Гончаренко, О. Бугайов). Плідна робота творчих колективів педагогів на їх базі сприяла становленню на початку 80-х перших вітчизняних методичних центрів з фізики – у Запоріжжі, Одесі, Полтаві, Сімферополі, Харкові, Херсоні, Чернігові та Чернівцях.

Успішний розвиток вітчизняної системи фізичної освіти цього періоду тісно пов'язаний з іменами таких відомих учених-методистів як О. Бугайов (концептуальні засади шкільної фізичної освіти, профільного навчання; створення навчально-методичних комплексів з фізики на інтеграційній основі), Г. Бушок (методична система навчання курсу загальної фізики), С. Гончаренко (світоглядні та методологічні питання фізичної освіти), І. Івах (методика розв'язування фізичних задач різного типу), В. Ільченко (інтеграція змісту шкільної природничо-наукової освіти), Л. Калапуша (моделювання у навчанні фізики), Б. Миргородський (удосконалення системи навчального фізичного експерименту), В. Савченко (реалізація ідей гуманізації та гуманітаризації у навчанні фізики), О. Сергєєв (історія методики навчання фізики як наукова дисципліна), І. Тичина (модульно-рейтингова система навчання теоретичної фізики) та ін.

Значний внесок у розвиток вітчизняної методичної думки цього періоду зробив проф. Є. Коршак (завідувач кафедри методики фізики Національного педагогічного університету ім. М.П.Драгоманова, 1980-2006 рр.). Серед головних напрямків роботи видатного вченого-методиста можна назвати: впровадження напівпровідникової техніки в систему навчального фізичного експерименту, проведення навчальних телевізійних передач з фізики (близько 150 телеуроків), організація Всеукраїнського семінару “Актуальні питання навчання фізики в середній і вищій школі” (з 1983 р.), організація та проведення Всеукраїнських фізичних олімпіад юних фізиків, заснування спеціалізованого фахового журналу “Фізика та астрономія в школі” (1996), підготовка серії шкільних підручників з фізики та навчально-методичних посібників для студентів і вчителів, керівництво дисертаційними роботами (близько 50 аспірантів) та ін. Тисячі підготовлених Є. Коршаком учителів сьогодні передають учням зацікавленість фізикою не тільки в Україні, але й у багатьох куточках світу. Успішний розвиток вітчизняної методичної думки з фізики цього періоду проходив у тісній співпраці з російськими вченими-методистами (В. Буровим, Б. Зворикіним, В. Извозчиковим, С. Каменецьким, Л. Рєзніковим, В. Мултановським, В. Ореховим, О. Пьоришкіним, В. Разумовським, П. Римкевичем, І. Туришевим, А. Усовою та ін.).

Наприкінці 80-х – на початку 90-х років ХХ ст. наступив принципово новий період розвитку фізичної освіти у вищій педагогічній школі, зумовлений радикальними змінами у політичній і соціально-економічній сферах не тільки України, але й більшості європейських держав. Розпад соціалістичного табору, зародження ринкової економіки, відмова від старого устрою та створення нового, демократичного суспільства, збереження національних традицій, подолання недоліків фізичної освіти радянської доби (заідеологізованість та ізольованість від світового досвіду, валовий і технократичний підхід у підготовці педагогічних кадрів, орієнтація на “середнього студента”), розширення й вдосконалення системи університетської фізичної освіти – основні чинники, що впливали на формування суспільного замовлення підготовки вчителів фізики у 90-х роках ХХ ст.

Новий етап розвитку фізичної освіти у вищих педагогічних навчальних закладах України характеризується інтенсивними та цілеспрямованими пошуками принципово нового в теорії і практиці навчання, в управлінні навчально-виховним процесом. Зміна освітньої парадигми в напрямку виховання творчої особистості, розвитку її інтелектуальних і творчих здібностей призвели до становлення альтернативних форм загальної середньої освіти (гімназій, коледжів, ліцеїв), де інновації пронизують усі структурні компоненти системи. Головною ж метою перебудови вищої педагогічної школи стало забезпечення високої якості підготовки фахівців, формування творчої особистості вчителя з високим рівнем культури, широким науковим світоглядом, соціальною відповідальністю. Однак порівняно низький соціальний статус учителя, падіння престижу та невисокий рівень оплати педагогічної праці спричинив наприкінці ХХ ст. зниження вступних конкурсів на педагогічні спеціальності. Хоч ще зберігається попередня структура системи фізичної освіти у вищій педагогічній школі, зміст навчальних планів і програм підготовки вчителів фізики поступово оновлювався. У державні документи закладалися ідеї гуманізації, гуманітаризації, демократизації. Значно поліпшувалася суспільно-гуманітарна підготовка вчителів фізики (більшою мірою за рахунок спеціальних фахових дисциплін природничо-математичного циклу), унаслідок чого наприкінці 90-х років намітилася тривожна тенденція до скорочення

кількості годин на їх вивчення (табл. 1.1; рис. 1.1) [246]. Це привело до зниження якості фундаментальної фахової підготовки вчителів фізики, що мало негативний вплив на рівень викладання дисципліни в загальноосвітній школі та кількість абітурієнтів на відповідні спеціальності педагогічних університетів.

Таблиця 1.1

**Результати аналізу навчальних планів підготовки вчителів фізики  
в педагогічних ВНЗ України (1921/22 – 2013/2014 н.р.)**

Навчальний рік	Загальна кількість годин	Фахові дисципліни		Загальна фізика		Теоретична фізика	
		год.	%	год.	%	год.	%
1921/22	325	76	23	30	9	8	2
1934/35	4060	1900	47	660	16	250	6
1944/45	4274	1485	35	525	12	505	12
1946/47	3430	1644	48	606	18	443	13
1956/57	4556	2290	50	636	14	484	11
1964/65	3670	1530	42	700	19	460	13
1978/79	4757	1919	40	775	16	510	11
1985/86	4820	1878	39	700	15	460	10
1990/91	4539	1843	41	693	15	436	10
1995/96	4618	1295	28	656	14	408	9
2003/04	7506	3002	40	1323	17	756	10
2013/14	8640	3628	42	1584	18	864	10

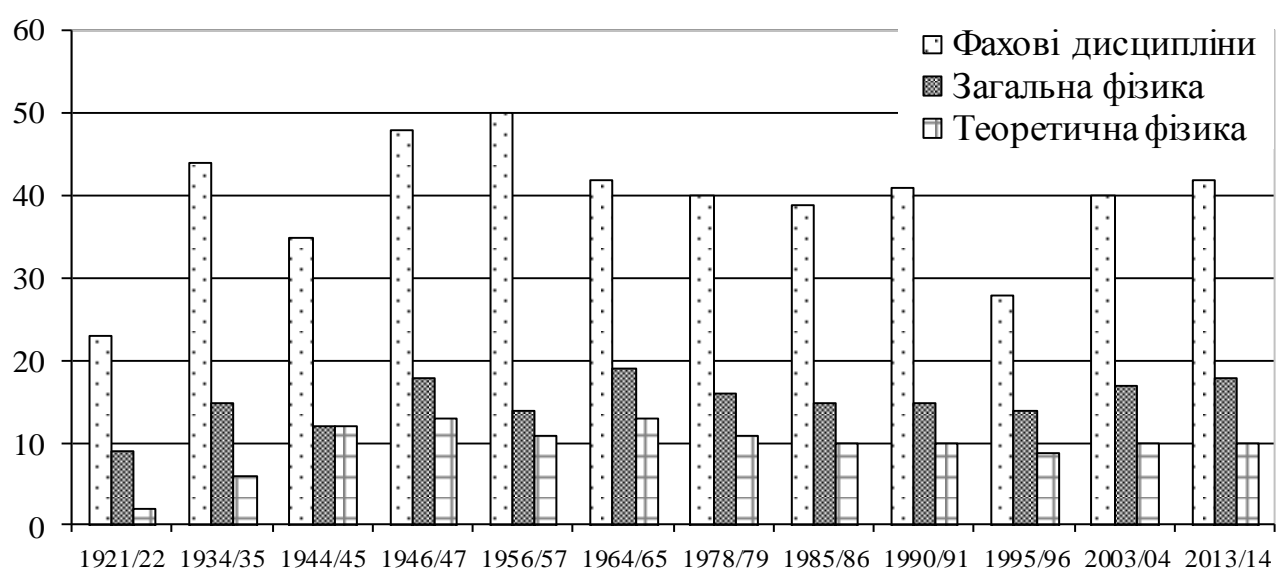


Рис. 1.1. Динаміка зміни частки навчальних годин на вивчення теоретичної фізики в системі фахової підготовки вчителя фізики (%)

З 1994 року вища педагогічна освіта України фактично стає ступеневою, коли було затверджено освітні стандарти першого покоління (ОПП підготовки бакалаврів), в яких окремі характеристики фахової підготовки викладено в процесуальній формі. Після уточнення Переліку напрямів і спеціальностей вищої освіти у 1998 р. розпочалося створення галузевих стандартів вищої освіти, які остаточно було затверджено протягом 2002-2005 рр. Початок ХХІ ст. став періодом активного реформування освітньої системи України, що зумовлено глобальними соціально-економічними та науково-технічними перетвореннями, а також європейським напрямом розвитку держави. У травні 2005 р. Україна приєдналася до Болонської декларації та долучилася до створення єдиного європейського освітнього простору. Реалізація основної концептуальної ідеї сучасних освітніх реформ “освіта впродовж життя”, що прийшла на зміну традиційному принципу “освіта на все життя”, зумовила модернізацію вітчизняної системи фізичної освіти на основі принципів демократизації, відкритості, фундаменталізації, неперервності, варіативності, особистісно зорієнтованого та компетентнісного підходів, запровадження двоступеневої системи вищої освіти (бакалавр, магістр) та кредитно-модульної (трансферної) системи організації навчально-виховного процесу (ECTS).

У методиці навчання фізики почався новий період, зумовлений розв’язанням принципово нових проблем, пов’язаних з: розробкою концепції і стандартів середньої та вищої педагогічної фізичної освіти; інтенсифікацією, диференціацією та індивідуалізацією процесу навчання; інтеграцією елементів змісту освіти; впровадженням інноваційних технологій навчання; створенням індустрії сучасних інформаційних засобів навчання, розробкою нового покоління національних підручників, системним моніторингом рівня навчальних досягнень учнів/студентів, систематизацією та узагальненням передового педагогічного досвіду, підвищенням якості фахової підготовки вчителів фізики тощо.

До розв’язання зазначених проблем сьогодні підключені творчі колективи вітчизняних наукових шкіл і центрів методики навчання фізики майже всіх регіонів України (на базі 19 класичних і 17 педагогічних університетів). Головним і незмінним координатором науково-методичних досліджень з фізики залишається НПУ імені

М.П. Драгоманова, який нині є флагманом системи фізичної освіти у вищій педагогічній школі України. У цей період в галузі методичної (дидактичної) інноватики плідні дослідження проводять П. Атаманчук, Г. Атанов, Л. Благодаренко, О. Бугайов, Б. Будний, С. Величко, С. Гончаренко, І. Горбачук, Г. Грищенко, В. Ільченко, Л. Калапуша, А. Касперський, Є. Коршак, О. Ляшенко, М. Мартинюк, А. Павленко, Ю. Пасічник, В. Савченко, М. Садовий, О. Сергєєв, В. Сергієнко, В. Сиротюк, Б. Сусь, В. Тищук, М. Шут та ін. Проведені ними наукові дослідження дозволили встановити типи й структуру, обґрунтувати технологію розробки та освоєння інновацій, шляхи їх оптимального поєднання з традиційними методами навчання; розробити концептуальні засади профільного навчання фізики, Державного стандарту базової та повної загальної середньої освіти (фізичний компонент освітньої галузі “Природознавство”), галузевого стандарту вищої освіти за напрямком Фізика\*, концепцію інформатизації та створення засобів навчання нового покоління; підготувати серію вітчизняної навчально-методичної літератури з фізики для загальноосвітньої і вищої педагогічної шкіл тощо.

Таким чином, проведений ретроспективний аналіз показав, що вітчизняна система фізичної освіти у вищій педагогічній школі є національним надбанням, що формується під впливом багатьох чинників протягом останніх чотирьох століть і генетично пов’язана з національною ментальністю. Це самостійна освітня галузь, яка розвивалася разом з країною, як у дзеркалі відображаючи всі її успіхи й невдачі, справляючи, у свою чергу, істотний вплив на подальший соціально-економічний і культурний розвиток країни. На етапах суттєвих соціально-політичних змін реформувалася й освіта, зокрема фізична, виявляючи спільні з нею тенденції та власні специфічні закономірності. Найголовнішими з них можна вважати: а) нерозривний зв’язок з соціально-економічним, науково-технічним і культурним розвитком суспільства; б) збереження національних традицій у підготовці майбутніх учителів фізики, засвоєння кращих досягнень вітчизняної методичної думки і педагогічної практики; в) пошуки нових шляхів удосконалення системи фахової підготовки вчителів фізики відповідно до сучасних освітніх реалій.

Проведений аналіз становлення й розвитку системи фізичної освіти у вищих педагогічних навчальних закладах України полягав не тільки у висвітленні



важливих подій і фактів про те, що було досягнуто методичною наукою у той чи інший період у справі поліпшення рівня та якості фундаментальної фахової підготовки майбутніх учителів фізики, але й у розкритті того, як і завдяки чому були досягнуто її успіхи. Лише такий підхід сприяє усвідомленню внутрішньої логіки її розвитку, створює надійну основу для наукового узагальнення, встановлення закономірностей і тенденцій її розвитку на сучасному етапі, про що мова піде нижче. У підсумку зазначимо, що відновлення історичної спадщини вітчизняної фізичної науки та методики її викладання у вищій педагогічній школі, вивчення праць і життєвого шляху її найвидатніших представників, запровадження відповідних матеріалів у практику підготовки майбутніх учителів фізики – цікава, корисна, гідна й почесна робота з відтворення сторінок національної історії фізики, методики навчання фізики та виховання молоді.

## **1.2. Тенденції розвитку фізичної освіти у вищій педагогічній школі України (початок XXI століття)**

Реформування вищої педагогічної освіти в Україні є частиною процесів оновлення освітніх систем, що відбуваються останні двадцять років у європейських країнах і пов'язані з ідеями людиноцентризму та демократизації, визнанням значимості знань як рушія суспільного добробуту й прогресу, поглибленням інтеграційних зв'язків та створенням єдиного освітнього простору. Ці зміни стосуються нових освітніх стандартів, моделей і методичних систем підготовки фахівців, що базуються на основі особистісно зорієнтованого, діяльнісного і компетентнісного підходів, запровадженні освітніх інновацій, нових інформаційних технологій навчання, системного моніторингу якості навчального процесу.

Сучасне суспільство має фундаментальну освітню потребу у формуванні особистості, здатної до самонавчання й самовдосконалення впродовж життя; особистості, яка б легко адаптувалася до швидкозмінних соціально-економічних та інформаційно-технологічних умов, мала широкий науковий світогляд, високий рівень культури та фахову компетентність. “Навчитися одержувати знання, працювати, жити

разом, навчитися жити (існувати)” є системою концептуальних ідей, що визначають сьогодні ідеологію реформування всієї освітньої галузі. Визначальна роль у реалізації зазначених положень належить саме вищій педагогічній школі як певному соціальному інституту, що здійснює комплексну підготовку майбутніх учителів в інтересах особистості, суспільства й держави. Від рівня фахової компетентності сучасного вчителя залежить якість підготовки молоді, якій жити й працювати в інформаційному суспільстві, створювати економіку знань, набувати конкурентних переваг.

Сьогодні ми маємо чітко окреслену законодавчу базу вищої педагогічної освіти: Закони України “Про освіту”, “Про вищу освіту” та “Національну доктрину розвитку освіти України у XXI столітті”, в яких відображено стратегію оновлення цілей, змісту і технологій фахової підготовки майбутніх учителів на основі реалізації прогресивних концепцій, інноваційних освітніх ідей. Зусиллями провідних учених України (О. Алексюка, В. Андрущенко, І. Беха, М. Бурди, С. Гончаренка, М. Євтуха, І. Зязюна, В. Кременя, В. Лугового, О. Ляшенка, В. Мадзігона, О. Савченко, О. Сухомлинської, М. Шута, М. Ярмаченка та ін.) теоретично обґрунтовано й розроблено концептуальні положення, що сприяють реформуванню всіх ланок педагогічної освіти, утвердженню принципів демократизації, гуманізації та фундаменталізації, відродженню національних освітніх традицій і цінностей.

Цілком слушним, на наш погляд, є висновок І. Зязюна про те, що Україна кінця XX – початку XXI ст. стала свідком становлення нової освітньої парадигми. Так зокрема, позитивні тенденції у становленні державності в Україні, розвиток демократичних засад привели до зміни ідеологічної і філософської парадигм: від тоталітарної – до демократичної, від безособистісної – до особистісно зорієнтованої, від унітарної – до плюралістичної; від адаптивної – до такої, що розвивається, від знаннєвої – до діяльнісної, компетентнісної [252]. Аналізуючи проблему підвищення рівня та якості фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики в контексті сучасної парадигми освіти, ми зосередили увагу на розв’язанні важливого та одночасно надскладного завдання: узагальнити результати науково-методичних досліджень, що висвітлюють тенденції розвитку системи фізичної освіти у вищій педагогічній школі України початку XXI століття. Вважаємо, що виявлення провідних

напрямів розвитку останньої в контексті нашого дослідження сприятиме більш чіткому й адекватному усвідомленню характерних ознак освітньо-кваліфікаційної характеристики сучасного вчителя фізики – однієї з головних складових державного стандарту вищої освіти, що визначає специфіку організації навчально-виховного процесу в педагогічному університеті, у тому числі стратегію побудови методичної системи навчання спеціальних фахових дисциплін, зокрема курсу теоретичної фізики.

Огляд сучасних концепцій фізичної освіти свідчить, що вони стосуються різних аспектів: цілепокладання, структури, змісту і технологій навчання, комп'ютеризації, удосконалення навчального фізичного експерименту, підвищенню мотивації та пізнавальної активності студентів, розвитку навичок самоосвіти; фундаменталізації, гуманізації й гуманітаризації, неперервності й наступності, стандартизації і моніторингу та ін. Варто зазначити, що цілеспрямоване вивчення спектру сучасних науково-методичних досліджень з метою виявлення пріоритетних і стратегічних шляхів розвитку системи фізичної освіти у вищій педагогічній школі сприятиме формуванню науково обґрунтованої державної освітньої політики, спрямованої на її зміцнення й вдосконалення на основі національних традицій та міжнародного досвіду. Невипадково, в основних напрямках досліджень у галузі педагогічних і психологічних наук в Україні наголошується на важливості теоретико-методологічного обґрунтування закономірностей і тенденцій трансформації сучасної вищої освіти, її організації, функціонування та розвитку. Отже, системний аналіз та узагальнення численних науково-методичних джерел [1], [10], [15], [24], [42], [56], [90], [148], [170], [184], [190], [204], [248], [249], [250], [280], [289] дозволив визначити такі тенденції розвитку фізичної освіти у вищій педагогічній школі України:

1. Подальший розвиток і модернізація вітчизняної фізичної освіти в контексті світових глобалізаційних процесів та поглиблення *інтеграції національних освітніх систем у міжнародному освітньому просторі*; визнання освіти пріоритетною сферою соціально-економічного, духовного і культурного розвитку держави; орієнтація на її випереджальний характер в умовах становлення інформаційного суспільства, високого динамізму життя, посилення конкурентоспроможності й мобільності сучасних фахівців.

2. *Демократизація фізичної освіти* (доступність і відкритість для кожного громадянина усіх ступенів і форм освіти відповідно до його інтересів, потреб і пізнавальних можливостей; рівність умов для всебічного розвитку та реалізації його особистісних якостей, інтелектуальних і творчих здібностей).

3. Реалізація *безперервності й наступності фізичної освіти* як основного системоутворювального принципу, що зумовлює цілісність та єдність системи фахової підготовки майбутніх педагогів за рахунок гнучкості й варіативності освітніх програм; узгодженості між цілями, змістом і технологіями навчання на всіх освітніх рівнях і ступенях. Цей принцип передбачає реалізацію концептуальної ідеї "освіта впродовж життя", тобто формування системи знань, умінь і якостей особистості, що забезпечать їй в подальшому можливість самоосвіти й самовдосконалення, орієнтації у колі соціальних і фахових проблем, досягнення вищих щаблів у професії.

4. *Гуманізація фізичної освіти*, що передбачає реалізацію у навчанні гуманістичного потенціалу фізичної науки, особистісно зорієнтований характер освітнього процесу, "олюднення" знань відповідно до концептуальної ідеї "людина є мірилом усіх речей". Орієнтація освітньої системи на всебічний розвиток особистості як найвищої цінності суспільства з неповторним суб'єктним досвідом, органічного поєднання вимог державного освітнього стандарту з інтересами та можливостями студентів; у відпрацюванні навчальних технологій, що забезпечують затребуваність їх особистого досвіду та розвиток творчих здібностей, зорієнтованість на самопізнання й самовдосконалення. Цей принцип аж ніяк не ставить під сумнів значення фахових знань, умінь і навичок, але визначає їх роль як засобів/інструментів самореалізації особистості в процесі оволодіння майбутньою професією, виховання нового стилю мислення, що спирається на цілісне природничо-наукове сприйняття світу.

5. *Гуманітаризація фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики* шляхом розкриття загальнокультурного й виховного потенціалу наукового знання, формування системи гуманістичних цінностей особистості, здатної до гармонічного співіснування з природою, суспільством і самим собою. Посилення у фаховій підготовці вчителів фізики світоглядного, філософського й культурологічного аспектів, а також інтегративних тенденцій як результат зближення сучасної

природничо-наукової та гуманітарної сфер людської культури, що забезпечують розвивальний і випереджальний характер усієї системи фізичної освіти.

6. Посилення *інтеграції принципів фундаментальності та фахової спрямованості* в підготовці майбутніх учителів фізики. Фундаменталізація як основа якості сучасної освіти передбачає не тільки поглиблене засвоєння студентом навчального матеріалу, що складає інваріантне (теоретичне) ядро фізичної науки, але й формування цілісних, системних, методологічно важливих знань про природу та процес її пізнання; перехід від традиційних, дисциплінарно-орієнтованих, інформаційно-репродуктивних до діяльнісних, особистісно зорієнтованих, пошуково-креативних схем навчання. Процес фундаменталізації освіти, заснований на інтеграції наукового знання, надає необхідну інваріантність підготовці майбутнього вчителя фізики. Важливим стає оволодіння ним фундаментальними цінностями науки, культури, професії в процесі навчання, тобто всім тим, що забезпечуватиме нову якість пізнання, мислення, нову якість освіченості особистості.

7. *Стандартизація змісту фізичної освіти* на засадах кредитно-модульного і компетентнісного підходів шляхом запровадження освітньо-професійних програм підготовки фахівців певного кваліфікаційного рівня (бакалавр, магістр). Орієнтація освітньої системи на реалізацію вимог державного стандарту вищої освіти – набору обов'язкових навчальних дисциплін у межах чітко визначеного обсягу годин/кредитів та особистісних результатів, сформульованих у процесуальній формі.

8. *Посилення принципу генералізації змісту спеціальних фахових дисциплін* (передусім загальної і теоретичної фізики), удосконалення їх логічної структури навколо фундаментальних фізичних ідей, принципів, теорій, взаємодій, що не тільки відповідатиме принципам єдності наукового знання, фундаменталізації освіти, рівню та методології сучасної науки, але й формуванню наукового світогляду й стилю мислення – стрижневому елементу структури особистості майбутніх учителів фізики, основи їх фахової компетентності. Синтез наукових знань з фундаментальних фізичних теорій в єдину фізичну картину світу розглядається не тільки як заключний етап їх підготовки в педагогічному університеті, але й як стратегічна лінія, головний освітній орієнтир у навчанні цих дисциплін.

9. *Множинність і варіативність* шляхів досягнення суспільно погоджених цілей фізичної освіти. Цей принцип забезпечує диференціацію та індивідуалізацію процесу розвитку й саморозвитку особистості майбутнього вчителя фізики залежно від його творчих здібностей і пізнавальних потреб за рахунок створення умов для самостійного та відповідального вибору ним варіативного компоненту змісту освіти, методів, форм і засобів навчання, індивідуального освітнього маршруту.

10. *Інтенсифікація процесу навчання* спеціальних фахових дисциплін у підготовці майбутніх учителів фізики на основі систематизації, узагальнення та поширення передового вітчизняного й зарубіжного педагогічного досвіду, раціонального поєднання традиційних та інноваційних навчальних технологій (розвивального, програмованого, диференційованого, проблемного, контекстного, модульного, інтерактивного, ігрового навчання). Інтеграційні процеси в освітній сфері європейських країн, активним учасником яких є Україна, зумовлюють системну трансформацію фізичної освіти на основі впровадження *модульної (кредитно-трансферної) технології навчання фізики (ECTS)*, що забезпечує гнучкість і мобільність навчання студентів, пристосування до їх індивідуальних особливостей шляхом спеціально підібраних, логічно завершених, відносно самостійних та функціонально зорієнтованих навчальних модулів (залікових кредитів) дисципліни, об'єднаних спільною метою та стратегією реалізації на основі системного поєднання різних форм, методів і засобів навчання, а також неперервного моніторингу якості навчальних досягнень студентів.

11. *Інформатизація фізичної освіти*, широке застосування нових інформаційних технологій навчання, що реалізують візуалізацію, інтерактивність і режим мультимедіа шляхом створення специфічних кібернетичних середовищ на базі сучасних комп'ютерів і телекомунікаційних мереж. Використання на їх основі програмно-педагогічних засобів різноманітного дидактичного призначення (демонстраційні, імітаційні, моделюючі, тренувальні, діагностичні, контролюючі, тестові, ігрові) сприяє інтенсифікації, диференціації та індивідуалізації освітнього процесу, підвищенню його ефективності й результативності, формуванню

інформаційної культури студентів. Широке впровадження дистанційних форм навчання фізики, які реалізують принципи відкритої безперервної освіти, вільного доступу студентів до освітніх ресурсів і послуг, забезпечують вибір індивідуальної траєкторії навчання, сприяють їх самореалізації та самовдосконаленню впродовж життя.

12. *Удосконалення системи навчального фізичного експерименту* шляхом наближення навчальних експериментальних досліджень до наукового рівня, що сприятиме оволодінню майбутніми педагогами методологією і методами наукового пізнання. Широке використання досягнень експериментальної наукової техніки безпосередньо в навчальному процесі педагогічного університету та модернізація засобів навчання на основі нових інформаційних технологій (комп'ютерне імітаційне моделювання, віртуальний експеримент, засоби мультимедіа тощо). Розробка й використання в навчально-виховному процесі нового та удосконалення вже існуючого обладнання, що має важливе пізнавальне, загальноосвітнє і політехнічне значення у підготовці майбутніх учителів фізики та сприяє підвищенню рівня їх експериментальної фахової підготовки.

13. *Удосконалення системи навчально-методичного забезпечення* викладання спеціальних фахових дисциплін у підготовці майбутніх учителів фізики, розробка навчально-методичних комплексів, різноманітних дидактичних засобів навчання й контролю, альтернативних підручників і навчальних посібників, об'єднаних спільністю базового змісту, які різнитимуться методичними концепціями, глибиною викладу, варіативним компонентом змісту відповідно принципам інтеграції наукового знання та сучасної природничо-наукової освіти.

14. *Системний і неперервний моніторинг якості освітніх результатів студентів з фізики*, що передбачає встановлення їх відповідності нормативним вимогам (державному стандарту вищої освіти, навчальній програмі), соціальним та особистісним очікуванням. Цей принцип передбачає розробку й запровадження інструментів і механізмів оцінювання таких аспектів: якості освітньої системи, якості освітнього процесу та якості особистості як результату діяльності освітньої системи (за показниками його освіченості, культури, фахової компетентності).

Отримання й системний аналіз відповідних результатів є основою керування та прийняття управлінських рішень у просуванні сучасних освітніх реформ щодо підвищення рівня та якості фахової підготовки майбутніх учителів фізики.

15. *Посилення ролі та значення в розвитку сучасної дидактики фізики вищої педагогічної школи України інноваційної діяльності методичних шкіл та провідних науково-методичних центрів.* Історія свідчить, що процес становлення і розвитку останніх в основному й зумовив еволюцію та досягнення вітчизняної дидактики фізики як наукової дисципліни. Сьогодні в Україні плідно функціонують чотири наукові школи методики навчання фізики – Київська (з кінця 90-х років XIX ст.), Всеукраїнська (з 70-х років XX ст.), Кам'янець-Подільська і Кіровоградська (з 90-х років XX ст.), основними напрямками досліджень яких відповідно є:

- розробка стандартів фізичної освіти, концептуальні засади реалізації особистісно зорієнтованого, діяльнісного і компетентісного підходів у навчанні фізики, удосконалення методики навчального фізичного експерименту, використання педагогічних програмних засобів різноманітного дидактичного призначення, системна підготовка навчально-методичної літератури з фізики для загальноосвітньої і вищої педагогічної школи (М. Шут, Л. Благодаренко, А. Касперський, В. Сергієнко, В. Сиротюк, Б. Сусь та ін.);

- розробка концепції і державних стандартів фізичної освіти, варіативних методичних систем навчального фізичного експерименту, інтегрованих курсів фізики та астрономії, науково-методичне забезпечення диференціації навчання фізики, моніторинг рівня та якості навчальних досягнень учнів/студентів з фізики, дослідження та введення в шкільний освітній простір історії вітчизняної фізики та астрономії (О. Ляшенко, Д. Костюкевич, Л. Закота, М. Головка та ін.);

- теоретичне обґрунтування і розробка дидактичної системи управління навчально-пізнавальною діяльністю учнів/студентів у навчанні фізики, підвищення якості експериментальної підготовки майбутніх учителів фізики, впровадження компетентісного та проблемно-модульного підходів у навчанні фізики (П. Атаманчук, В. Мендерецький, А. Кух та ін.);



– удосконалення системи навчального фізичного експерименту, у тому числі й засобами сучасних інформаційних технологій, методологія дидактики фізики, осучаснення змісту та вдосконалення структури шкільного і вузівського курсів фізики (С. Величко, М. Садовий, І. Сальник, В. Вовкотруб та ін.).

До розв'язання актуальних проблем дидактики фізики вищої педагогічної школи сьогодні підключені творчі колективи провідних науково-методичних центрів України: Бердянського (І. Богданов, Н. Сосницька), Вінницького (В. Заболотний), Запорізького (О. Іваницький, А. Павленко), Криворізького (О. Коновал), Рівненського (В. Тищук), Сумського (І. Мороз), Тернопільського (Б. Будний), Уманського (М. Мартинюк), Херсонського (В. Шарко), Чернігівського (В. Савченко).

### **1.3. Освітньо-кваліфікаційна характеристика сучасного вчителя фізики як об'єкт педагогічного проектування**

Майбутнє будь-якої держави та людської цивілізації в цілому визначається тим, яка система освіти в ній упроваджена. У сучасних умовах світових глобалізаційних процесів, європейської інтеграції освітніх систем, інформатизації всіх сфер суспільного життя, зміни технологій, зростання конкуренції у різноманітних її формах цей тезис набуває особливого значення. Сучасне суспільство має фундаментальну освітню потребу у формуванні всебічно розвиненої особистості, здатної не лише використовувати здобуті знання у своїй професійній діяльності, а й постійно їх поповнювати. Саме тому всі розвинені країни світу останнім часом здійснюють реформування освітніх систем з метою підвищення інтелектуального, духовного та економічного потенціалу нації, підготовки висококваліфікованих спеціалістів на ринку праці, формування творчої особистості [248]. Особливого змісту і значення ця тенденція набуває в сучасних умовах модернізації вітчизняної системи вищої педагогічної, і зокрема фізичної, освіти на інтеграційній основі та впровадження принципів Болонської декларації. Як відомо, одним з її базових положень є забезпечення належного рівня та якості підготовки майбутніх педагогів відповідно до *освітньо-кваліфікаційної характеристики* як невід'ємної та головної нормативної

складової державного стандарту вищої освіти. Остання передбачає комплекс суспільно визнаних вимог фахового та особистісного спрямування, що характеризують інтегровану здатність учителя якісно здійснювати свою професійну діяльність.

Сфера діяльності вчителя фізики – загальноосвітня школа – базова ланка в системі загальної фізичної освіти, через яку проходить кожна молода людина – майбутній громадянин нашої країни. Тому вона повинна давати не тільки необхідні знання, уміння і навички, але й різнобічно розвивати й виховувати молодь, виявляти та вдосконалювати їх пізнавальні інтереси, інтелектуальні й творчі здібності, формувати науковий світогляд, життєві цінності й установки, сприяти становленню цілісної особистості. Загальновідомо, тільки той учитель може сформувати особистісні та професійні якості своїх учнів, якими володіє сам. Але яким кваліфікаційним вимогам повинен відповідати майбутній педагог, сукупність яких критеріїв і показників дає системне уявлення про рівень та якість його фахової підготовки, за якими діагностичними процедурами їх можна виявити ?

Варто зазначити, що, незважаючи на наявність значного аналітичного матеріалу в сучасній психолого-педагогічній і науково-методичній літературі дотепер чітких загальноприйнятих критеріїв оцінки рівня та якості фахової діяльності педагогів не існує. В одних випадках акцентують увагу на змісті його діяльності, її формах, методах і засобах, що дозволяють ефективно реалізовувати освітні завдання, в інших – на процесі формування його особистісних і фахових якостей. У результаті говорять або про те, що знає чи вміє вчитель, або про істотні особистісні якості та професійні риси. Очевидно, що найбільш вірним є підхід, за якого предмет аналізу – професійна діяльність учителя – розглядається як цілісне й багатокomпонентне явище. Педагог – не тільки професія, сутність якої у трансляції наукових знань і цінностей, але й висока місія виховання й розвитку особистості, затвердження людини в людині. Будь-яка за формою діяльність учителя – складна за своїм змістом праця, що вимагає від людини високих моральних якостей, чітко вираженої фахової спрямованості, міцних знань і стійких інтересів, знання законів психології дитини, теорії і практики навчання й виховання. Усі ці якості поєднуються і функціонують у складному структурному цілому, що характеризує особистість учителя.

Педагогічна діяльність як складна динамічна система має свою специфічну структуру, що являє собою не просту сукупність властивостей і характеристик, а єдине ціле, логічним центром і основою якого є мотиваційна сфера, що визначає її суспільну, професійно-педагогічну і пізнавальну спрямованість. Функцій, які має виконувати вчитель, вихователь, класний керівник, досить багато. Якими ж знаннями, вміннями, особистісними якостями вони мають для цього володіти? Відповідь на це питання дає освітньо-кваліфікаційна характеристика вчителя. Однак проста сукупність відповідних знань, умінь і навичок, про які говорилося раніше, явно недостатньо. На думку психологів, багато залежить також і від природних передумов, задатків особистості (які можуть трансформуватися у ті чи інші здібності), від психологічної готовності особистості, її прагнення (бажання) добре виконувати ці функції. Багато фахових і особистісних якостей виховується, формується тільки в результаті тривалої роботи над собою; головне в самовихованні – терпіння, самоконтроль і своєчасна корекція власної поведінки. Так, зокрема, Я. Коменський у роботі “Велика дидактика” спробував визначити основні вимоги до “універсального вчителя”: “а) кожен сам повинен бути таким, яким повинен робити інших; б) кожен повинен володіти мистецтвом робити інших саме такими; в) бути прихильником своєї справи, тобто вміти й хотіти передавати іншим власний досвід і знання” [153, с.17].

А. Макаренко одним з найважливіших вимог підготовки вчителя-вихователя вважав педагогічну майстерність. У вступному слові до “Книги для батьків” він писав: “Педагогічна майстерність – це знання особливостей педагогічного процесу, вміння його проектувати та приводити у рух... Оволодіння педагогічною майстерністю доступно кожному педагогу за умови цілеспрямованої роботи над собою. Вона формується на основі практичного досвіду, джерелом якого є осмислена педагогічна діяльність. Педагогічна майстерність – це сплав особистісних і професійних якостей. Учитель-майстер вигідно відрізняється від звичайного вчителя насамперед знанням психології дітей і вмілим конструюванням педагогічного процесу... Уміння виховувати – це таке ж мистецтво, як добре грати на скрипці або роялі, добре писати картини, бути гарним фрезерувальником або токарем” [153, с.19].

Знання психології дітей, їх ціннісно-мотиваційної сфери стає провідним у діяльності тих учителів, які уважно сприймають реакцію учнів на свої дії. Невипадково В. Сухомлинський писав: “Не забувайте, що ґрунт, на якому будується ваша педагогічна майстерність, – у самій дитині, у її відношенні до знань і до вас, учителя. Це – бажання вчитися, натхнення, готовність до подолання труднощів. Дбайливо збагачуйте цей ґрунт, без нього немає школи, без нього немає розвитку й виховання... Кожний, хто обирає цю найпочеснішу й найважчу професію повинен розуміти та усвідомлювати її місію, адже здавна відомо, що є дві найдорожчі на Землі людини – це мати, бо вона дає дитині життя, і вчитель, що осяває її, ніби Сонце, добрим, розумним, вічним” [341, с. 45].

Аналіз психолого-педагогічних і методичних джерел свідчить, що предметом фундаментальних досліджень були переважно окремі аспекти фахової підготовки майбутніх учителів. При цьому одним із загальноприйнятих визначальних чинників, безпосередньо пов'язаних з якістю їх підготовки, є розробка, теоретичне обґрунтування та реалізація у практиці педагогічного університету оптимальних умов щодо фахового зростання й самоствердження цілісної особистості майбутнього вчителя відповідно до його *освітньо-кваліфікаційної характеристики (професіограми)*. Існують різні тлумачення цього поняття, однак, на нашу думку, найточнішим є визначення Л. Спіріна: “Професіограма загально-педагогічна – ідеальна абстрактна модель особистості вчителя, яка комплексно узагальнює (інтегрує) її найсуттєвіші якості, необхідні для ефективного здійснення професійної діяльності, тобто для розв’язання освітньо-виховних завдань у будь-якій педагогічній системі (освітньому закладі)” [330, с. 11]. Іншими словами, *освітньо-кваліфікаційна характеристика (ОКХ) сучасного вчителя* як головна складова державного стандарту вищої освіти (у нашому випадку за напрямом підготовки Фізика\*) є своєрідним еталоном, що містить сукупність науково обґрунтованих вимог до його загально-педагогічних і спеціальних знань, умінь, навичок та особистісних якостей. Як суспільно визнаний і нормативно закріплений освітній документ вона визначає не тільки стратегію побудови й реалізації навчально-виховного процесу в педагогічному університеті, орієнтованого на формування цілісної особистості майбутнього

педагога, його всебічний інтелектуальний і творчих розвиток, але й слугує своєрідною формою системного моніторингу рівня та якості його фахової підготовки.

Сучасна педагогічна наука продовжує пошук ефективних та оптимальних шляхів цілеспрямованої і поетапної підготовки майбутніх учителів відповідно до чинних кваліфікаційних вимог з використанням різних технологій і передового педагогічного досвіду. Зокрема, у працях Б. Андрієвського, М. Євтуха, І. Зязюна, О. Киричука, В. Лугового, О. Ляшенка, В. Погребняка, О. Савченко, В. Шинкарука, М. Шкіля, М. Ярмаченка та інших ґрунтовно досліджуються питання підвищення мотивації та фахового спрямування навчально-виховного процесу в сучасному педагогічному виші, методологічні й дидактичні аспекти удосконалення системи підготовки педагогічних кадрів. На основі системного підходу до моделі сучасного педагога визначено найважливіші характеристики в структурі його особистості та фаховій діяльності, виявлено загальні шляхи їх формування у студентів педагогічних університетів. Перші варіанти професіограм учителів фізики, математики, біології, історії та іноземних мов були запропоновані у 70-х роках ХХ ст. [69], які містили такі елементи: 1) цілі й завдання викладання дисципліни в загальноосвітній школі; 2) загально-педагогічні функції вчителя; 3) коротка кваліфікаційна характеристика (сукупність знань, умінь і навичок молодого вчителя – випускника педагогічного вишу); 4) умови та шляхи, що забезпечують професійно-педагогічну спрямованість змісту й організації навчально-виховного процесу ВНЗ. Так, зокрема, особливістю запропонованої професіограми вчителя фізики стало виявлення й розкриття змісту його основних загально-педагогічних функцій (*інформаційної, розвивальної, орієнтаційної, мобілізаційної, конструктивної, комунікативної, організаційної, дослідницької*) та визначення переліку кваліфікаційних вимог на рівні знань, умінь і навичок (*природничо-наукові, методичні, організаційні*) [69, с.15]. В умовах сучасного розвитку фізичної освіти цей перелік, безумовно, потребує оновлення й уточнення. Тому різні аспекти фахової підготовки вчителя фізики, у тому числі розробка та оновлення його освітньо-кваліфікаційної характеристики (ОКХ) як невід’ємної складової державного стандарту вищої освіти, постійно перебуває в полі зору

вітчизняних учених-методистів (П. Атаманчука, Л. Благодаренко, О. Ляшенка, М. Мартинюка, М. Садового, В. Сергієнка, В. Сиротюка, М. Шута та ін.). Загальноприйнятим у розробці ОКХ вчителя фізики, а отже й змісту його фахової підготовки, стало дотримання таких принципів: 1) *фундаментальності* (наукової обґрунтованості, системності та високої якості спеціальної/предметної, психолого-педагогічної, соціогуманітарної та загальнокультурної підготовки); 2) *універсальності* (повноти набору дисциплін навчального плану, що забезпечують підготовку в єдності спеціальної фахової та гуманітарної складових); 3) *інтегрованості* (міждисциплінарного зв'язку дисциплін, зорієнтованого на формування цілісної наукової картини світу на основі взаємодоповнення змісту та єдності навчальних цілей і вимог); 4) *варіативності* (гнучкого та органічного поєднання нормативних і варіативних дисциплін навчального плану); 5) *практичної спрямованості* педагогічної освіти; б) *наступності* (забезпечення безперервності професійно-педагогічної освіти, що передбачає єдність концептуальних підходів на всіх освітніх рівнях).

Останнім часом в Україні захищено значну кількість дисертацій докторського рівня, присвячених удосконаленню різних аспектів фахової підготовки майбутніх учителів фізики (І. Богданов, О. Іваницький, В. Заболотний, О. Коновал, О. Мартинюк, В. Мендерецький, І. Мороз, І. Сальник, В. Сергієнко, В. Шарко). Вивчення результатів проведених наукових досліджень дозволяє зробити висновок: системний аналіз фахової діяльності вчителя фізики, сутності й характеру взаємозв'язків її змістового, процесуального та особистісного компонентів є актуальним і доволі складним завданням, оскільки остання являє собою єдність багатьох чинників і властивостей. При цьому рівень базової фундаментальної підготовки серед них є визначальним, оскільки визначатиме якість реалізації всіх інших загально-педагогічних функцій, а отже й якість освітнього процесу. Як було зазначено вище, розробка ОКХ вчителя передбачає створення науково обґрунтованої системи його підготовки в педагогічному університеті, визначення оптимальних умов формування професійно важливих якостей особистості. Тому особливу увагу в ній приділяють структурному аналізу діяльності вчителя,

розкриттю змісту його основних функцій, знань, умінь і навичок, особистісних якостей, що дозволяє ефективно вирішувати професійні завдання.

Аналіз державних нормативних освітніх документів дозволяє констатувати, що однією з ефективних стратегій підвищення якості фахової підготовки майбутнього вчителя та подальшого досягнення ним високого рівня професіоналізму за сучасних освітніх умов є впровадження *компетентного підходу* [101], [104], [172], [203], [209], [284]. І. Зязюн стверджує, що останній передбачає застосування принципово нової методології до організації змістовної і процесуальної сторін вищої освіти. Його особливість полягає у створенні нової моделі освіти, яка, ґрунтуючись на кінцевих результатах навчання, регулює саморозвиток і самовиховання студентів, викладачів, всієї системи вищої освіти [252]. Центральними у ньому є поняття “компетенція” і “компетентність”. Узагальнюючи результати наукових досліджень стосовно сутності зазначених понять (В. Андрущенко, К. Баханов, Л. Ващенко, С. Гончаренко, М. Євтух, Е. Зеєр, І. Зимня, І. Зязюн, О. Локшина, В. Луговий, О. Ляшенко, А. Маркова, О. Овчарук, О. Пометун, С. Раков, О. Савченко, Г. Селевко, О. Хуторський), під *компетенцією* розуміємо суспільно визначений наперед заданий комплекс вимог до професійної підготовки фахівця (знання, уміння, навички, ставлення), необхідний для його ефективної діяльності у відповідній сфері. Сукупність особистісних якостей людини, що характеризує готовність кваліфіковано здійснювати професійну діяльність на основі набутих у процесі навчання знань, умінь, навичок, досвіду, цінностей і ставлень виступає її *компетентністю*.

Компетентність – освітній орієнтир і результат процесу навчання, вже здобута якість (сукупність якостей) особистості, що визначається системою фахових знань і наявним досвідом відповідної діяльності. У цьому сенсі компетентність – володіння компетенцією (або сукупністю компетенцій). Від традиційного знаннєвого підходу компетентнісний різниться суттєво, він значно ширший і складніший, оскільки має діяльнісний та особистісний характер, акцентуючи увагу на якості кінцевих освітніх результатів. Реалізація компетентнісного підходу дозволяє перейти від традиційних вимог до змісту освіти у вигляді дидактичних навчальних одиниць, що визначаються на

початковому етапі педагогічного процесу з орієнтацією на “середнього студента” до стандартизації освітніх умов та особистісних результатів. Отже, в основу підготовки сучасного вчителя фізики слід покласти освітньо-кваліфікаційну характеристику, в якій сукупність його найважливіших якостей має бути сформульована в контексті компетентнісного підходу.

Аналіз наукових джерел свідчить про достатньо широкий спектр поглядів вітчизняних і зарубіжних учених не тільки на зміст і структуру головних складових фахової компетентності вчителя, але й їх окремих елементів, що зумовлено відмінностями вихідних концептуальних підходів: діяльнісного, особистісного, системно-структурного, цілепокладання та ін. Однак найпоширенішим є розуміння останньої як системної єдності *ключових (надпредметних), базових (галузевих, загальнопредметних) і спеціальних (функціональних, предметних) компетенцій*.

*Ключовими* вважають універсальні, визначені Радою Європи, компетенції, необхідні для життєдіяльності людини в сучасному суспільстві та пов’язані з її успіхом у професійній діяльності. Під *базовими* розуміють компетенції, що відображають специфіку певної професійної галузі (у нашому випадку педагогічної). *Спеціальні* компетенції відображають набір функцій, характерних для певного робочого місця або є сукупністю характеристик конкретної діяльності в межах конкретного предмета (у нашому випадку дисципліни “Теоретична фізика”). Відповідно до системного підходу кожна з наведених компетенцій є цілісною, упорядкованою, динамічною системою, що складається з окремих компонентів/підсистем, зокрема: ключові (соціальна, загальнокультурна, інформаційно-комунікативна, самоосвітня, здоров’язбережувальна); базові (гностична, організаційна, проектувально-конструктивна, рефлексивна); спеціальні (предметна, експериментальна, методична).

Розробка сучасних стандартів вищої освіти України, що відповідають ідеології компетентнісного підходу, триває, але в практиці педагогічних вишів поширеним є таке групування компетенцій в структурі фахової компетентності вчителя фізики (які в цілому збігаються з наведеними вище, але є конкретнішими



і тому підлягають більш детальному контролю): соціально-особистісні, загальнонаукові, інструментальні, загально- та спеціалізовано-професійні. Зміст останніх складають такі елементи:

- *соціально-особистісні*: розуміння місії педагога в сучасному суспільстві; володіння культурою мислення, спілкування та поведінки, встановлення суб'єкт-суб'єктних відносин; дотримання норм здорового способу життя; уміння результативно вчитися як найважливіша особистісна і соціальна цінність; активна позиція в усіх видах навчально-пізнавальної діяльності; готовність до самовираження й самовдосконалення;

- *загальнонаукові*: базові знання основ фундаментальних (природничих) наук та методології наукового пізнання; базові математичні знання в обсязі, необхідному для проведення математичного аналізу й моделювання фізичних явищ і процесів, у тому числі й засобами сучасних інформаційно-комунікаційних технологій; базові знання основ філософії, психології, педагогіки, світової історії та історії України, економіки й права;

- *інструментальні*: розуміння сутності і значення інформації у розвитку сучасного суспільства; знання основних методів і засобів отримання, збереження й переробки інформації; сформованість мовної культури, професійна комунікація; навички роботи з інформаційно-комунікаційними засобами; діяльнісно-практичний підхід у виконанні фахових завдань; сформованість експериментальних і дослідницьких навичок;

- *загально- та спеціалізовано-професійні*: усвідомлення суті наукових фактів, фундаментальних ідей, основних понять, принципів і законів сучасної фізики; фізичної і природничо-наукової картин світу та їх еволюції, внеску відомих вітчизняних і зарубіжних учених у ту чи іншу галузь фізики і техніки; сформованість наукового світогляду та відповідного стилю мислення, володіння діалектико-матеріалістичним підходом до тлумачення фізичних явищ і процесів; сформованість загальних методів та алгоритмів розв'язування фізичних задач; сформованість експериментальних умінь і навичок; базові знання теорії і методики навчання фізики, усвідомлення освітніх і соціальних стратегій навчання

фізики, володіння педагогічними та інформаційно-комунікаційними технологіями для розв'язання завдань професійної діяльності, розроблення навчально-методичного забезпечення, аналізу та узагальнення педагогічного досвіду.

Наведені вище компоненти кваліфікаційної характеристики вчителя є визначальними при плануванні та організації навчально-виховного процесу підготовки вчителів фізики в педагогічному університеті. Згідно навчального плану останні повинні формуватися в процесі вивчення студентами дисциплін циклів гуманітарної і соціально-економічної, природничо-наукової, професійної та практичної підготовки, а також проходження ними педагогічної практики в школі. Формування зазначених вище фахових і особистісних якостей майбутніх учителів фізики здійснюють системно й поетапно, з використанням усього дидактичного арсеналу (методів, організаційних форм і засобів навчання) та поступовим підвищенням рівня їх самостійності й творчості. Зазначимо, що складові фахової компетентності є рівноцінними й взаємопов'язаними самостійними елементами, які сукупно забезпечують надсистемний ефект – готовність і здатність студентів розв'язувати різного роду навчально-пізнавальні проблеми адекватними засобами фізики, що досягається шляхом набуття ними відповідного досвіду.

Як бачимо, фахова компетентність учителя фізики є складною системою, що містить у собі багато чинників, серед яких є й особистісні якості, які важко піддаються діагностуванню та потребують тривалих спостережень за його педагогічною діяльністю. З огляду на це виникла потреба в розробці критеріїв останньої як необхідних і достатніх засобів/ознак, що дозволяють оцінити рівень сформованості її основних складових. Зрозуміло, що критерій не може бути єдиним, оскільки не існує такої основи, яка б водночас охоплювала внутрішні і зовнішні прояви такого багатоструктурного й динамічного утворення яким є фахова компетентність учителя фізики з її специфічними особливостями. Варто зазначити, що процес формування її структурних складових реалізується через *квазіпрофесійну діяльність* майбутнього вчителя фізики – професійну за характером, але навчальну за змістом. Види такої діяльності різноманітні та пов'язані з формуванням усієї сукупності зазначених компетенцій. На нашу думку, найбільш доцільним у виборі

діагностичних критеріїв фахової компетентності вчителя фізики є відповідність її основним складовим, які на практиці цілісно реалізуються у вигляді таких компонентів: *мотиваційно-ціннісного, когнітивного, операційно-діяльнісного, рефлексивного*. Зміст цих критеріїв нами визначено на основі уявлень про особливості й структуру навчально-пізнавальної діяльності студентів з урахуванням сучасного компетентнісно-контекстного формату навчання спеціальних фахових дисциплін (загальної і теоретичної фізики) в педагогічному університеті. Відповідно до зазначених критеріїв показниками компонентів фахової компетентності студентів нами обрано (звичайно, що в рамках курсу теоретичної фізики ці показники наповнюються більш конкретним змістом, див. п. 5.2):

- *мотиваційно-ціннісний компонент:*
  - стійка позитивна навчальна мотивація, інтелектуальна активність, фахова і гуманістична спрямованість особистості, що спонукають її на досягнення високих освітніх результатів та самоствердження у майбутній професійній діяльності;
  - ціннісне відношення до наукових знань та процесу їх здобуття;
  - розуміння сутності складових фахової компетентності вчителя фізики, що характеризують рівень його фундаментальної підготовки, як провідної фахової цінності;
- *когнітивний компонент:*
  - загально-інтелектуальний рівень розвитку особистості;
  - об'єм, усвідомленість і системність предметних, світоглядних і методологічних знань;
  - логічне й діалектичне мислення;
  - наявність системи знань про способи діяльності, самоорганізації та фахового самовдосконалення;
- *операційно-діяльнісний компонент:*
  - загально-навчальні вміння й навички щодо застосування знань у розв'язанні проблемних та евристичних завдань курсу адекватними засобами фізики;
  - досвід самостійної навчально-пізнавальної творчої діяльності та комунікації;

- культура і виразність мови, володіння понятійним і математичним апаратом сучасної фізики;

- *рефлексивний:*

- самопізнання й адекватна самооцінка фахових умінь, навичок та особистісних якостей;

- прояв вольових зусиль, відповідальності й наполегливості в подоланні навчально-пізнавальних труднощів, усуненні недоліків фахової підготовки;

- прагнення до самоосвіти, саморозвитку й самовдосконалення.

Зазначимо, що за сучасних умов стрімкого розвитку науки і техніки отриманні знання й уміння швидко застарівають, тому кожен фахівець зобов'язаний постійно або періодично вчитися. Знань ніколи не буває багато: їх або немає, або буває недостатньо. Тому прагнення до знань, наполегливість і працьовитість – важливі, якщо не головні, показники кваліфікаційної характеристики сучасного вчителя фізики. Цю якість він зобов'язаний формувати й у своїх учнів. Важливо пам'ятати, що сучасний учень (студент) прагне спілкуватися з таким педагогом, який має високий рівень культури, ставиться до них з повагою, розуміє їхні почуття, є відкритим до їхніх думок. Водночас він повинен бути уважним співрозмовником, компетентним фахівцем, впевненим у своїх силах, вимогливим до себе і до студентів. Важливими є також його фізичне та психічне здоров'я, професійна працьовитість та самовіддача. Авторитет педагога, як і авторитет представника будь-якої іншої професії, завойовують наполегливою працею. Саме завойовують, оскільки авторитет – це сукупність позитивних якостей. Справа в тому, що не лише переваги забезпечують авторитет педагога, а їх особливе поєднання й міра. Якщо для інших професій звичним є вираз “науковий авторитет” або “визнаний авторитет у своїй галузі” тощо, то у педагога може бути тільки *авторитет особистості*.

Професійне становлення майбутнього вчителя фізики передбачає інтелектуальну та емоційну гнучкість, формування готовності до сприймання новітніх ідей фізики XXI сторіччя. Це неможливо без значного запасу загальноосвітніх і спеціальних фундаментальних знань, без широкого наукового світогляду, опанування загальнолюдських і національних духовних цінностей, на

що, безумовно, має бути спрямований освітній простір педагогічного університету. Таким чином, перед вищою педагогічною школою постають взаємопов'язані проблеми, вирішення яких забезпечить успіх майбутнього професійного становлення її випускників.

Протягом останніх десяти років дисертантом здійснювався системний підхід до організації, проведення й контролю педагогічної практики бакалаврів і магістрів-фізиків Бердянського державного педагогічного університету (у зв'язку з чим було підготовлено навчально-методичні матеріали [409]). Спеціально організовані бесіди зі студентами на підсумкових конференціях з метою з'ясування значущості для них окремих професійних функцій дозволили систематизувати й узагальнити в контексті дослідження важливу інформацію та зробити певні висновки:

1). Основним фаховим завданням сучасного вчителя фізики є озброєння учнів системними знаннями основ базової науки, тобто головною стає його фундаментальна предметна підготовка. Успішність застосування вчителем тих чи інших форм, методів і засобів навчання залежить від того, яким є рівень його фахової компетентності, наскільки успішно він реалізує освітні, розвивальні та виховні можливості своєї дисципліни. Отже, озброєння майбутніх педагогів глибокими та міцними знаннями означає передусім посилення їх фундаментальної підготовки, що має включати в себе не тільки суто предметний, але й обов'язково світоглядний і методологічний компоненти.

2). Система фахової підготовки майбутнього вчителя фізики повинна забезпечувати знання та глибоке розуміння освітніх завдань сучасної загальноосвітньої школи, оволодіння студентами ефективними педагогічними технологіями. У зв'язку з цим у науково-методичній підготовці вчителя особливе значення має система спецкурсів, спецпрактикумів, спецсемінірів, підготовка курсових і дипломних робіт. Вони розкривають наукові інтереси й творчі здібності студентів, дають можливість долучатися до актуальних наукових проблем, досліджувати методичні аспекти викладання предмету, здобувати досвід самостійної творчої діяльності. Заслуговує на увагу створення зразкових фізичних

кабінетів у педагогічних університетах. Завдяки цьому майбутній педагог матиме уявлення про те, яким повинен бути шкільний кабінет, яке в ньому має бути встановлено обладнання, які дидактичні матеріали і технічні засоби навчання він повинен містити. Системна й цілеспрямована робота студентів у зразковому фізичному кабінеті, безумовно, сприятиме успішному виконанню ними професійних завдань у школі.

3). Специфіка підготовки майбутніх учителів фізики вимагає реалізації у навчанні загальної і теоретичної фізики особистісно зорієнтованого підходу, єдності принципів фундаментальності та фахової спрямованості, більш тісного міжпредметного зв'язку психолого-педагогічних і методичних дисциплін, їх раціонального й оптимального поєднання у навчальному плані ВНЗ. Відповідно до вимог державного стандарту вищої освіти останнє може бути досягнуто такими шляхами: а) збагачення змістового і процесуального компонентів психолого-педагогічних дисциплін з урахуванням профілю факультету, специфіки майбутнього фаху студентів; б) закріплення, поглиблення і розширення психолого-педагогічних знань студентів у процесі вивчення методичних дисциплін на основі єдності трактування основних понять, таких, як: сутність процесу навчання й виховання, основні ланки процесу навчання, нормативні функції дидактичних принципів, методи та форми навчання, розвиток мислення і творчих здібностей учнів, контроль та оцінка знань, класифікація уроків та їх структура тощо; в) забезпечення єдності вимог до організації самостійної роботи студентів та системність відповідного педагогічного контролю.

4). Формування наукового світогляду і стилю мислення студентів, високих моральних якостей, працьовитості й відповідальності вимагає більш чіткої координації планів виховання із загальним навчальним планом педагогічного університету. Формування у майбутніх учителів фізики системних предметних і методологічних знань, глибоких світоглядних переконань – одне з найважливіших завдань їх фахової підготовки, запорука подальшої успішної роботи в школі.

5). Важливим аспектом підготовки майбутніх педагогів є ознайомлення з освітньо-кваліфікаційною характеристикою сучасного вчителя фізики, її

основними компонентами та шляхами набуття, що сприятиме їх цілеспрямованому і поетапному фаховому зростанню, розумінню спеціальної/предметної компетентності як провідної професійної цінності, усвідомленню необхідності постійної самоосвіти й самовдосконалення. На нашу думку, відповідна інформація має бути усвідомлена студентами вже у першому семестрі під час вивчення курсу “Вступ до спеціальності фізика”.

Наведені вище матеріали не вичерпують усіх питань освітньо-кваліфікаційної характеристики сучасного вчителя фізики. Ряд аспектів потребують подальших комплексних наукових досліджень, зокрема: уточнення компонентного складу фахової компетентності вчителя, розробка засобів діагностики та системи оцінювання результатів її формування за всіма складовими кваліфікаційної характеристики. Таким чином, процес підготовки висококваліфікованого вчителя фізики вимагає удосконалення й корекції всієї системи фахової підготовки з урахуванням сучасних освітніх тенденцій – фундаментальності, стандартизації, інформатизації, безперервності й наступності, відкритості й варіативності, особистісно зорієнтованого, діяльнісного і компетентнісного підходів. У рамках навчальної дисципліни “Теоретична фізика” останнє має реалізовуватися в усіх елементах навчально-виховного процесу (цільовому, змістовно-процесуальному, контрольню-діагностичному), від фрагмента окремого навчального заняття до цілісного курсу.

#### **1.4. Курс теоретичної фізики в системі особистісно зорієнтованої підготовки майбутніх учителів фізики**

Загальні концептуальні засади організації вітчизняної професійної освіти, стратегічні цілі й завдання вищої педагогічної освіти, вимоги до структури підготовки вчителів фізики, освітніх програм, нормативи та обсяг навчального навантаження відображені у Національній доктрині розвитку освіти України [248], Законі України “Про вищу освіту” від 01.07.2014 [140], галузевому стандарті вищої освіти “Фізика” [94].

Підготовку майбутніх учителів фізики в педагогічному університеті забезпечують 22 дисципліни, що входять до нормативної частини навчального плану. Перелік та обсяг цих дисциплін регламентується освітньо-професійними програмами, схваленими на засіданні комісії з напрямку 6.040203 Фізика\* Науково-методичної ради МОН України. Освітньо-професійна програма структурована за циклами підготовки (табл. 1.2, рис. 1.2): 1) гуманітарної та соціально-економічної; 2) природничо-математичної; 3) професійної та практичної.

Таблиця 1.2

**Розподіл навчальних годин/кредитів за циклами підготовки бакалаврів  
напряму Фізика\* (навчальний план 2013/2014 н.р.)**

<i>Цикли підготовки (термін навчання 4 роки)</i>	<i>Кількість навчальних годин/кредитів</i>	<i>Відсоток від загального обсягу годин</i>
<b>Нормативна частина</b>		
Цикл гуманітарної та соціально-економічної підготовки	576 / 16	6,67
Цикл природничо-математичної підготовки	3168 / 88	36,67
Цикл професійної та практичної підготовки	2394 / 66,5	27,71
<i>Всього за нормативною частиною</i>	<i>6138 / 170,5</i>	<i>71,05</i>
<b>Варіативна частина</b>		
Цикл гуманітарної і соціально-економічної підготовки	288 / 8	3,33
Цикл природничо-математичної підготовки	180 / 9	2,08
Цикл професійної та практичної підготовки	1278 / 35,5	14,79
<i>Всього за варіативною частиною</i>	<i>1746 / 48,5</i>	<i>20,2</i>
Педагогічна практика	324 / 9	3,75
Курсові роботи, державна атестація та ін.	432 / 12	5,0
<b>Загалом</b>	<b>8640 / 240</b>	<b>100</b>

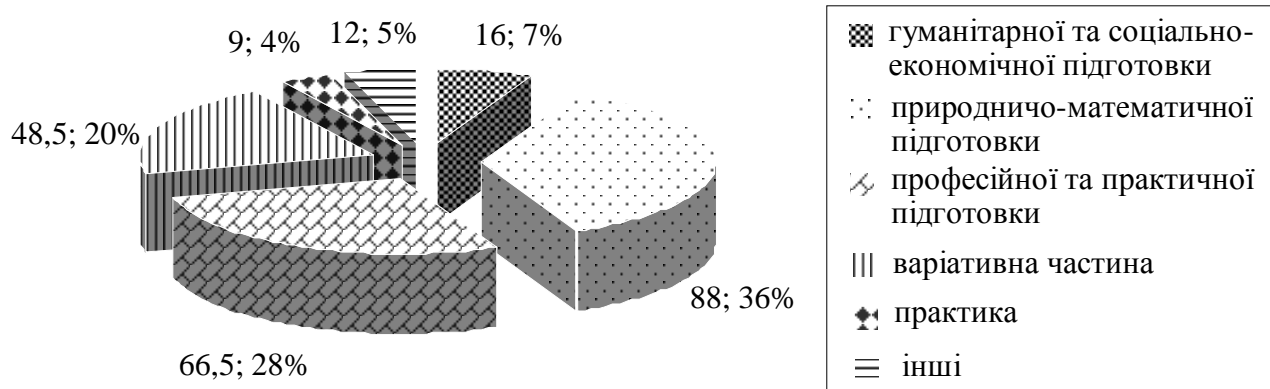


Рис. 1.2. Розподіл навчальних кредитів (%) за циклами професійної підготовки майбутніх учителів фізики (навчальний план 2013/2014 н.р.)



Дисципліни першого циклу забезпечують загальнокультурну та соціально-економічну підготовку майбутніх педагогів, що сприятиме їх успішній соціалізації, формуванню системи загальнолюдських і національних цінностей. Дисципліни другого циклу забезпечують базову фундаментальну підготовку для наступного оволодіння ними змістом практично всіх фахових дисциплін, а також реалізують світоглядну функцію – здобуття знань, необхідних для розуміння природничо-наукової картини світу. Дисципліни психолого-педагогічної частини третього циклу надають майбутньому вчителю фізики систему знань, необхідну для ефективного здійснення професійної діяльності; дисципліни науково-предметної частини цього циклу забезпечують ґрунтовну фундаментальну підготовку студентів та сприяють набуттю ними фахової компетентності. Педагогічна практика передбачає здобуття майбутніми вчителями фізики початкового досвіду самостійної трудової діяльності в умовах, максимально наближених до роботи за фахом; розвиток професійно значущих якостей особистості, зміцнення інтересу до роботи за майбутньою спеціальністю, підготовку матеріалів для виконання кваліфікаційної роботи.

У розрахунку годин навчального плану 2013-14 н.р. виходили з того, що навчальний тиждень студента становить 36 годин (1 кредит), включаючи всі види аудиторної та позааудиторної (самостійної) навчальної роботи. При цьому остання складає від 1/3 до 1/2 загального обсягу годин, відведеного для вивчення конкретної дисципліни. Проведений аналіз навчальних планів педагогічних університетів показав, що за останнє десятиріччя питома вага зазначених циклів у підготовці майбутніх учителів фізики змінилася (обсяг кредиту при цьому зменшився з 54 до 36 год.). Порівняно з планами 2003-04 н.р. зменшилась з 11 до 5 кількість нормативних дисциплін циклу гуманітарної та соціально-економічної підготовки (за рахунок перенесення останніх до інших циклів та варіативної частини); відповідно скорочена з 25% до 9,4% частка навчальних годин на їх вивчення (з 1296 до 576 год.). Кількість дисциплін циклів природничо-математичної та професійної і практичної підготовки збільшилася на одну, при цьому відбулося збільшення й навчальних годин: для другого циклу – з 42,7% до 51,6% (з 2214 до 3168 год.), для третього – з 32,3% до 39% (з 1674 до 2394 год.).

Зазначені зміни у навчальному плані є цілком закономірними з огляду на інтеграцію національної вищої педагогічної освіти в європейський освітній простір. Аналіз освітньої професійної програми підготовки бакалаврів напряму 6.040203 Фізика\* (табл. 1.3, рис. 1.3) свідчить, що пріоритетне значення належить спеціальним фаховим дисциплінам, при цьому спостерігається певний баланс між циклами природничо-математичної і професійної та практичної підготовки.

Таблиця 1.3

**Розподіл годин між дисциплінами нормативної частини навчального плану підготовки бакалаврів напряму Фізика\* (2013/2014 н.р.)**

<i>№ з/п</i>	<i>Навчальні дисципліни</i>	<i>Кількість навчальних годин/кредитів</i>	<i>Відсоток від загального обсягу годин</i>
<b>Цикл гуманітарної та соціально-економічної підготовки</b>			
1.	Історія України	108 / 3	1,76
2.	Українська мова (за професійним спрямуванням)	108 / 3	1,76
3.	Філософія	108 / 3	1,76
4.	Іноземна мова	180 / 5	2,93
5.	Історія української культури	72 / 2	1,17
	<b>Всього за циклом</b>	<b>576 / 16</b>	<b>9,38</b>
<b>Цикл природничо-математичної підготовки</b>			
6.	Математичний аналіз	540 / 15	8,8
7.	Аналітична геометрія та лінійна алгебра	234 / 6,5	3,81
8.	Основи векторного і тензорного аналізу	90 / 2,5	1,47
9.	Диференціальні та інтегральні рівняння	180 / 5	2,93
10.	Теорія ймовірностей і математична статистика	126 / 3,5	2,05
11.	Загальна фізика	1584 / 44	25,81
12.	Інформатика	360 / 10	5,87
13.	Основи екології	54 / 1,5	0,88
	<b>Всього за циклом</b>	<b>3168 / 88</b>	<b>51,62</b>
<b>Цикл професійної та практичної підготовки</b>			
14.	Вікова фізіологія і гігієна	72 / 2	1,17
15.	Психологія	270 / 7,5	4,4
16.	Педагогіка	216 / 6	3,52
17.	Історія педагогіки	108 / 3	1,76
18.	Методика навчання фізики	432 / 12	7,04
19.	Теоретична фізика	864 / 24	14,08
20.	Математичні методи фізики	144 / 4	2,35
21.	Астрономія	216 / 6	3,52
22.	Безпека життєдіяльності	72 / 2	1,17
	<b>Всього за циклом</b>	<b>2394 / 66,5</b>	<b>39</b>
	<b>Загалом</b>	<b>6138 / 170,5</b>	<b>100</b>



Рис. 1.3. Розподіл навчальних годин (%) між дисциплінами в підготовці майбутніх учителів фізики (навчальний план 2013/2014 рр.)

Аналіз навчальних годин на вивчення теоретичної фізики в педагогічних університетах за навчальними планами 1990 – 2014 рр. дозволяє констатувати позитивну тенденцію – збільшення як загальної кількості годин, так і годин на самостійну роботу студентів (рис. 1.4). Перша свідчить про визнання ролі та значення цього курсу в системі фахової підготовки майбутніх учителів фізики в контексті фундаменталізації сучасної фізичної освіти, інша є закономірним результатом трансформації національної системи вищої педагогічної освіти, зумовленої її інтеграцією в європейський освітній простір.

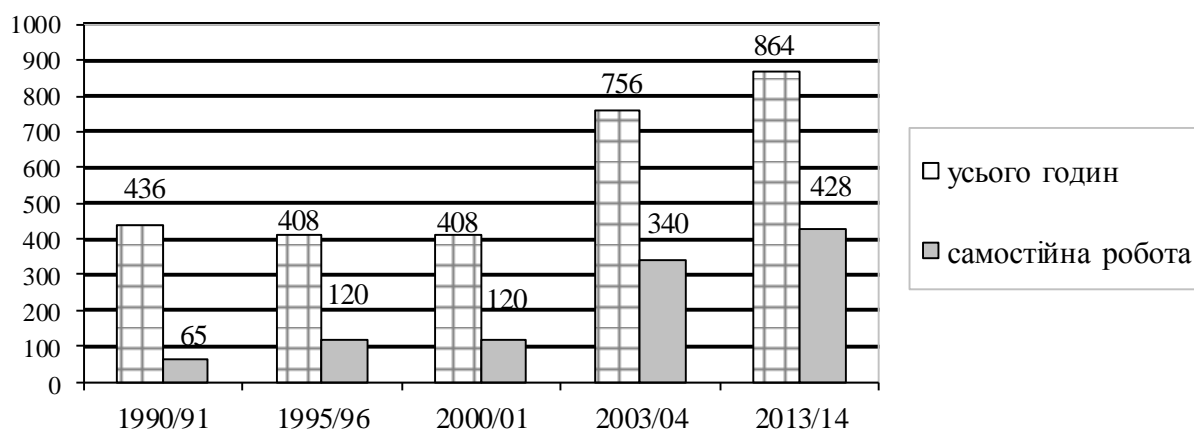


Рис. 1.4. Динаміка зміни навчальних годин на вивчення теоретичної фізики в підготовці майбутніх учителів фізики (за роками)

Згідно навчального плану нормативна дисципліна “Теоретична фізика” є складовою циклу професійної та практичної підготовки бакалаврів напряму 6.040203 Фізика\*. Разом з іншими спеціальними фаховими дисциплінами (передусім, загальною фізикою та методикою навчання фізики) вона є невід’ємним елементом єдиної системи фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики та базою для наступного вивчення ряду нормативних дисциплін і курсів за вибором (рис. 1.5). Цей курс ставить своїми головним завданням всебічний розвиток особистості студента та набуття ним фахової компетентності, що передбачає формування найповніших і цілісних уявлень про сучасну фізичну картину світу та її еволюцію на основі засвоєння змісту фундаментальних фізичних теорій, оволодіння методами наукового пізнання й досвідом самостійної продуктивної діяльності, розвиток пізнавального інтересу, інтелектуальних і творчих здібностей, виховання фахово спрямованих якостей особистості.

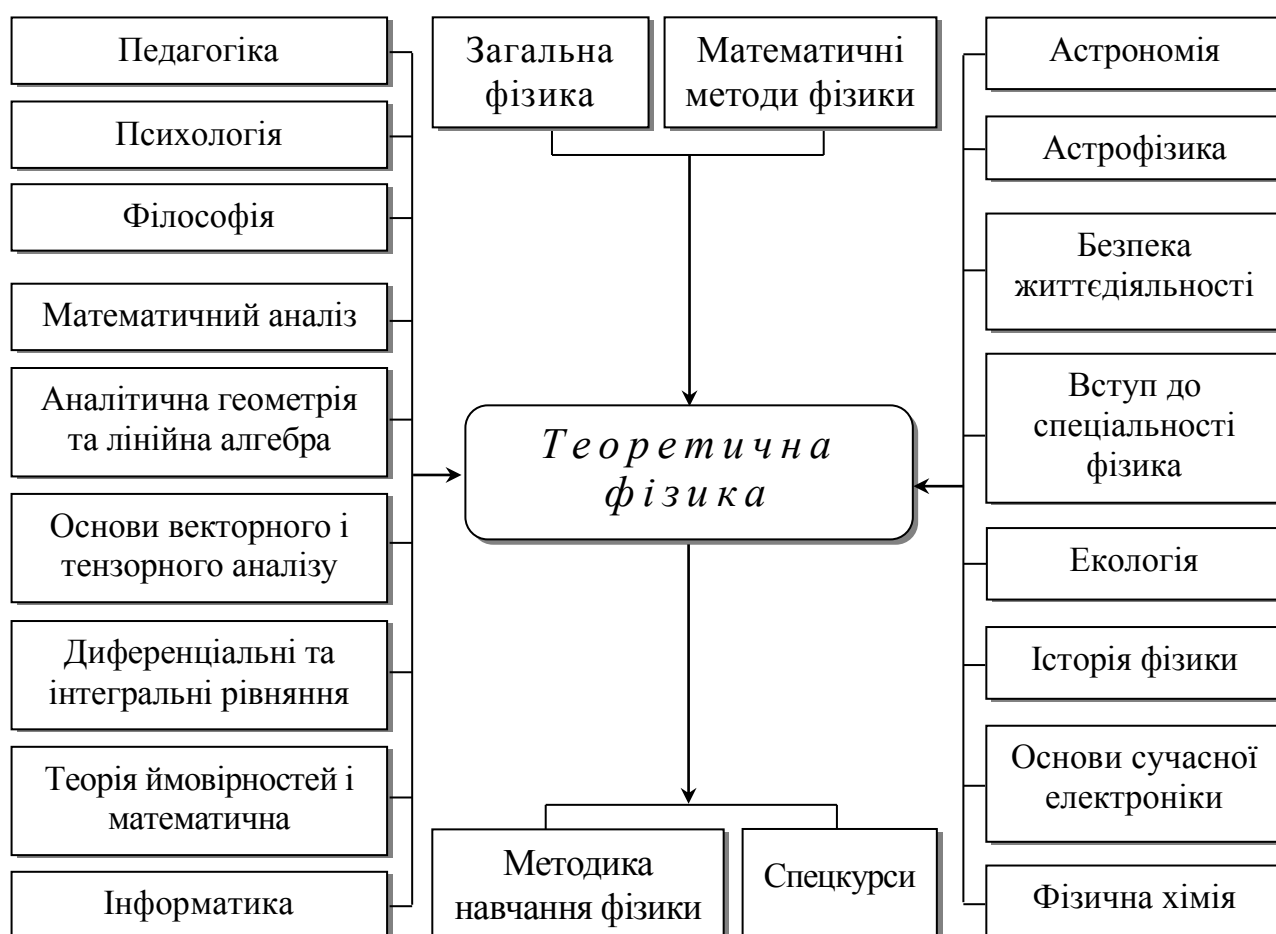


Рис. 1.5. Міждисциплінарні зв'язки курсу теоретичної фізики в системі фахової підготовки майбутніх учителів фізики

Курс теоретичної фізики завершує фундаментальну підготовку майбутніх учителів фізики в педагогічному університеті, відіграючи особливу роль у їх фаховому становленні, оскільки він не тільки розвиває їх інтелектуальні й творчі здібності, але й розширює науковий і культурний світогляд, озброює концептуально й методологічно. Головна особливість вивчення теоретичної фізики в педагогічному університеті полягає в тому, що студенти повинні оволодіти системою вмінь і навичок, способів діяльності, які б давали їм можливість ефективно передавати знання учням, виховувати у них допитливість, формувати пізнавальний інтерес, особистісні якості, ціннісне відношення до знань і процесу їх здобуття. У зв'язку з цим навчання курсу теоретичної фізики в системі фахової підготовки майбутнього вчителя фізики має перетворитися на процес самореалізації й самовдосконалення особистості та одночасно у дієвий і ефективний чинник її збагачення фундаментальними знаннями. Безумовно, розвиток особистості майбутнього вчителя не є альтернативою міцному засвоєнню фундаментальних наукових знань, навпаки, останні розглядаються як невід'ємна складова його фахової підготовки та особистісного зростання.

Реалізація стратегічних завдань навчальної дисципліни “Теоретична фізика” передбачає врахування пізнавальних можливостей та інтересів студентів, рівня їх підготовленості, розвиток інтелектуальних і творчих здібностей на основі діяльнісного та особистісно зорієнтованого підходів, що базуються на принципах педагогічної суб'єкт-суб'єктної взаємодії й співробітництва, індивідуалізації та диференціації навчально-пізнавальних завдань. Варто зазначити, що підготовка майбутніх учителів фізики має передбачати виконання подвійного завдання: реалізація особистісно зорієнтованого підходу, що стимулюватиме їх особистісне й фахове зростання, та забезпечення готовності до здійснення такого підходу в навчанні школярів. Тому курс теоретичної фізики повинен стати не тільки своєрідною “творчою лабораторією вченого”, полігоном для застосування різних методів і засобів активізації самостійної роботи студентів, їх фахового вдосконалення, але й являти собою зразок реалізації у навчанні провідних ідей сучасної фізичної освіти (демократизації, гуманізації, фундаменталізації).

Багато суперечностей сучасної системи фізичної освіти у вітчизняній вищій педагогічній школі пов'язані з тим, що за цілями, які сьогодні науково обґрунтовані, соціально значимі та нормативно закріплені, кожний ВНЗ повинен стати “школою особистісно зорієнтованого розвиваючого навчання майбутніх фахівців”, але реальний досвід свідчить про домінування традиційного знанневого підходу. Безумовно, важко змінити сформовану роками потокову технологію фахової підготовки вчителів фізики, привести її у відповідність не тільки до сучасних освітніх тенденцій, але й індивідуальних потреб і здібностей студентів.

Становлення особистісно зорієнтованої парадигми сучасної освіти, зумовленої входженням України у світовий освітній простір, супроводжується якісними змінами в педагогічній теорії та практиці, про що свідчить широкий спектр наукових публікацій. Результати аналізу сучасних підходів до визначення сутності особистісно зорієнтованого навчання (ОЗН) дозволяють назвати провідними такі: *філософський* (Б. Ананьєв, В. Андрущенко, Є. Бондаревська, С. Гончаренко, В. Кремень, В. Луговий та ін.); *психологічний* (Г. Балл, І. Бех, О. Бодальов, Є. Ільїн, Г. Костюк та ін.); *педагогічний* (Ш. Амонашвілі, М. Гриньова, І. Зимня, І. Зязюн, В. Рибалка, О. Савченко, В. Серіков, В. Сластьонін, О. Сухомлинська, О. Хуторський, М. Чобітько, І. Якиманська та ін.).

Концептуальні засади становлення ОЗН у сучасній фізичній освіті інтенсивно досліджують П. Атаманчук, Л. Благодаренко, О. Іваницький, О. Ляшенко, В. Сергієнко, В. Сиротюк, В. Шарко, М. Шут та ін. Враховуючи складність і багатогранність зазначеної проблеми, більшість учених під особистісно зорієнтованим підходом найчастіше розуміють “методологічну спрямованість навчально-виховного процесу на особистість студента, що дозволяє, спираючись на його пізнавальні можливості, суб'єктний досвід, природні здібності і творчий потенціал, забезпечувати процеси професійного саморозвитку, самореалізації й самоствердження” [173, с. 48]. Тому за своєю сутністю процес навчання повинен породжувати не лише інтелектуальні зміни, але й особистісні новоутворення, тобто створювати умови, за яких *навчання переходило б у самонавчання, виховання у самовиховання, а особистість із стану розвитку у фазу творчого*

*саморозвитку*. Важливим аспектом такого навчання є своєчасне надання психолого-педагогічної допомоги в становленні індивідуальності студента, його життєвому самовизначенні і самореалізації (детальніше це питання в рамках курсу теоретичної фізики розглянуто в підрозділі 2.3). Теоретичний аналіз проблеми дозволив узагальнити уявлення щодо сутності традиційної та особистісно зорієнтованої моделей загальної фізичної освіти (табл. 1.4).

Таблиця 1.4

**Порівняння традиційної та особистісно зорієнтованої моделей загальної фізичної освіти**

<i>Традиційна предметно зорієнтована модель загальної фізичної освіти</i>	<i>Особистісно зорієнтована модель загальної фізичної освіти</i>
унітарність, уніфікованість загальної мети; визначення освітніх завдань з урахуванням суспільних потреб; орієнтація на “середнього” студента;	демократизм, варіативність і гнучкість освітніх цілей; індивідуальний підхід до студента як цілісної особистості та найвищої соціальної цінності з неповторним суб’єктним досвідом;
трансляція й відтворення “готових” знань (знанневий підхід у навчанні), суб’єкт-об’єктна взаємодія;	творча співпраця із здобуття та застосування знань (діяльнісний підхід), суб’єкт-суб’єктна взаємодія;
пояснювальна-ілюстративна функція, репродуктивно-відтворювальна форма навчання;	пошуково-креативна функція, продуктивно-інтерактивна форма навчання з опорою на суб’єктний досвід;
пріоритет навчання над розвитком особистості; орієнтація на кінцевий освітній результат – оволодіння сукупністю знань, умінь і навичок.	створення максимально сприятливих умов для самопізнання, самореалізації, самовдосконалення особистості та її професійного зростання.

Загальні питання організації ОЗН у психолого-педагогічній літературі розроблені досить ґрунтовно [7], [47], [55], [276], [315], [439], а от конкретизація цих положень на рівні окремих дисциплін досліджена значно менше. Тому проблема підвищення рівня фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики засобами навчальної дисципліни “Теоретична фізика” на основі особистісно зорієнтованого, діяльнісного і компетентнісного підходів є актуальною в сучасній дидактиці фізики вищої педагогічної школи. Спираючись на результати наукових досліджень та ключові положення державних нормативних освітніх документів

[42], [140], [141], [248], [250], пропонуємо основні концептуальні засади, які, на нашу думку, повинні складати основу особистісно зорієнтованого підходу до навчання курсу теоретичної фізики в педагогічному університеті.

1. Методологічна переорієнтація стратегічної мети навчання з інформаційних аспектів на всебічний розвиток особистості майбутнього вчителя фізики засобами навчальної дисципліни. З пасивного споживача знань студент має перетворитися на активного їх творця, оскільки справді фундаментальним є саме особистісне знання.

2. Гуманітаризація фундаментальної підготовки студентів через розкриття загальнокультурного потенціалу наукового знання, формування системи гуманістичних цінностей, національно-патріотичне виховання, розуміння сутності базових складових фахової компетентності вчителя фізики, що характеризують рівень його фундаментальної підготовки, як провідної фахової цінності.

3. Набуття студентами досвіду самостійної пізнавальної діяльності у розв'язанні навчальних завдань курсу з урахуванням природних здібностей і творчого потенціалу, що забезпечуватиме процеси самореалізації й фахового самоствердження.

Повноцінне функціонування особистісно зорієнтованої системи навчання теоретичної фізики в педагогічному університеті можливе лише у разі дотримання цілої низки загально-дидактичних принципів та організаційно-педагогічних умов. Нижче зупинимося лише на основних з них, оскільки, виокремлюючи їх з-поміж інших, розуміємо, що без відповідної мотивації та активізації власних сил студента й викладача в жодному разі становлення всебічно розвиненої особистості майбутнього педагога, компетентного фахівця не відбудеться. Основними принципами особистісно зорієнтованого навчання теоретичної фізики в педагогічному університеті, на нашу думку, мають стати:

1) *принцип суб'єктності* (навчально-виховний процес повинен стати сферою самоствердження особистості майбутнього педагога, що передбачає своєчасне виявлення його суб'єктного досвіду як вирішального чинника формування особистості та послідовне й системне збагачення його науковим змістом);



2) *принцип індивідуальності* (не пристосування мети і змісту навчання до окремого студента, а пристосування форм, методів, прийомів і засобів педагогічного впливу до індивідуальних особливостей з метою найповнішого розкриття творчих здібностей, досягнення запланованих освітніх результатів);

3) *принцип суб'єкт-суб'єктних взаємовідносин* (гуманістичний характер педагогічної взаємодії; забезпечення активності та самореалізації суб'єктів педагогічного процесу в атмосфері творчої співпраці як рівноправних учасників);

4) *принцип свідомості й творчої активності* (максимальна активізація навчально-пізнавальної діяльності студента, орієнтація на зону його найближчого розвитку, проблемний підхід до навчання, широке використання інноваційних технологій, що додають діяльності особистісну значущість);

5) *принцип системності й послідовності фундаментальної підготовки* (безперервність і цілісність фізичної освіти, взаємозв'язок і наступність змісту курсів загальної і теоретичної фізики, наявність наскрізних навчальних програм дисциплін, баланс фундаментального й прикладного компонентів, реалізація міжпредметних зв'язків з курсом методики навчання фізики);

6) *принцип варіативності* (створення умов для самостійного прийняття рішень, надання студентам необхідного простору, свободи у виборі рівня та шляхів опанування змісту навчальної дисципліни, але не нижче мінімального, що відповідають їх пізнавальним можливостям і творчим здібностям);

7) *принцип освітньої рефлексії* (закладання у майбутнього педагога механізмів самопізнання, самореалізації, самоосвіти й самовдосконалення; забезпечення контролю та оцінки не тільки кінцевого результату, але й процесу його досягнення, тобто особливостей розвитку особистісних якостей студента, що зумовлює органічний зв'язок у навчанні спеціальних/предметних знань з методологічними й світоглядними рефлексивними знаннями, суб'єктним досвідом студента).

Варто зазначити, що відношення між педагогом і студентами в силу різниці віку, досвіду, соціальних ролей ніколи не можуть бути абсолютно рівними. Рівність обов'язково повинна виявлятися у вираженні викладачем поваги, щирості й відкритості по відношенню до студентів. Така суб'єктність відношень сприяє

розвитку особистості майбутнього педагога, його рефлексивних навичок і саморегуляції, утвердження почуття власної гідності, відповідальності, терпимості. Особистісний підхід у навчанні теоретичної фізики може здійснювати лише той педагог, який усвідомлює себе особистістю, вміє бачити індивідуальні здібності студента, зрозуміти його та будувати діалог у формі обміну досвідом, почуттями, інтелектуальними, моральними, емоційними і соціальними цінностями. Лише такий підхід є запорукою реалізації студентом у своїй майбутній фаховій діяльності принципів особистісно зорієнтованого навчання.

Як свідчить власний педагогічний досвід, реалізація у навчанні особистісно зорієнтованого підходу сприяє суттєвому поліпшенню освітніх результатів. Так, зокрема, у процесі реалізації першого етапу педагогічного експерименту за участю близько 150 учнів випускних фізико-математичних класів ЗОШ № 2 м. Бердянська Запорізької області, дисертантом встановлено, що забезпечення індивідуального підходу, системності, наступності й безперервності фізичної освіти значно підвищує якість їх навчальних досягнень. Упродовж усіх років роботи учні фізико-математичного класу приймали активну участь у міських і районних олімпіадах з фізики, неодмінно займаючи призові місця (у 2003 – 2006 рр. були їх переможцями та приймали участь в обласній олімпіаді з фізики), підтверджуючи високий рівень особистісних навчальних досягнень. Близько 75% випускників цих класів стали згодом студентами вітчизняних вишів, зокрема 50% – студентами фізико-математичного факультету Бердянського державного педагогічного університету. Зазначимо, що всі випускники цих класів під час навчання в університеті відзначалися високим рівнем знань з фізики, якістю виконання кваліфікаційних робіт і, нарешті, позитивними характеристиками з місць працевлаштування (деякі з них при цьому продовжили навчання в аспірантурі).

Таким чином, методологічний аналіз питання про місце, роль і значення курсу теоретичної фізики у підготовці майбутніх учителів фізики дає право зазначити, що для якісного виконання його завдань необхідно: 1) привести у відповідність концептуальні засади навчання дисципліни сучасним вимогам нормативних освітніх документів МОН України; 2) оновити навчальну програму курсу з урахуванням

принципів фундаментальності й фахової спрямованості, рівня сучасних наукових досягнень, що сприятиме системному та міцному засвоєнню студентами інваріантного (теоретичного) ядра фізичної науки, набуттю ними фахової компетентності; 3) визначити основні вимоги (критерії) щодо комплексної перевірки складових фахової компетентності студентів в рамках кожного змістового модулю дисципліни у формі: “студенти знають/розуміють” (зміст наукових фактів, понять, величин, моделей, принципів і законів як складових фундаментальних фізичних теорій), “студенти вміють/застосовують” (пояснити, зображати й аналізувати, моделювати, визначати, розв’язувати, робити висновки філософського характеру та ін.); 4) удосконалити процесуальну складову навчання на основі широкого застосування поряд з традиційними й сучасних інноваційних технологій навчання, що забезпечуватиме індивідуальний підхід до студентів, розвиток їх інтелектуальних і творчих здібностей; 5) поглибити і конкретизувати міжпредметні зв’язки курсів загальної і теоретичної фізики з метою формування у студентів цілісних, системних, методологічно важливих знань про сучасну фізичну картину світу як невід’ємної складової наукового світогляду – основи їх фахової компетентності; 6) розробити концепцію і модель методичної системи навчання теоретичної фізики в педагогічному університеті, орієнтованої на підвищення якості фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики та досягнення прогнозованих освітніх результатів відповідно до вимог державного галузевого стандарту вищої освіти.

У підсумку зазначимо, що основне завдання курсу теоретичної фізики полягає в залученні студентів у процес наукового пізнання, переведенні відповідних навчальних матеріалів на рівень їх особистісного досвіду, формуванні ціннісного відношення до знань через розкриття сутності наукових фактів, понять, принципів, законів і теорій з урахуванням їх пізнавальних інтересів, переконань і здібностей. Усі складові процесу навчання теоретичної фізики мають працювати на студента, сприяти його самоосвіті, самореалізації та фаховому зростанню. Важливими при цьому є не тільки рівень отриманих знань, скільки стиль мислення, культура мови та дії тих, хто навчаються, що повинно бути об’єктом постійної уваги з боку викладача навчального курсу.

Досягнення прогнозованих освітніх результатів в рамках навчальної дисципліни “Теоретична фізика” відповідно до вимог державного стандарту вищої освіти цілком і повністю залежатиме від того, наскільки освітнє середовище педагогічного університету сприятиме фаховому та особистісному зростанню майбутнього вчителя фізики. Поточні освітні завдання він повинен розв’язувати шляхом систематичного самостійного опрацювання наукових і навчально-методичних джерел, за допомогою Інтернету, консультацій з викладачами, додаткової роботи у бібліотеках, участі в роботі наукового гуртка, студентських наукових конференцій, творчих конкурсах тощо. По суті студент повинен здійснити проект власної діяльності, що загалом й буде формувати його як особистість. Такий підхід до підготовки майбутнього вчителя фізики, на нашу думку, відповідатиме принципам Болонської декларації до організації навчально-виховного процесу та, безумовно, буде найперспективнішим вкладом у його майбутнє.

### **1.5. Методика навчання теоретичної фізики як предмет теоретичних досліджень**

Провідні ідеї, погляди, засади, теорії, на основі синтезу яких вибудовується і вдосконалюється сучасна концепція фізичної освіти, зароджені, розроблені та впроваджені у результаті науково-пошукової діяльності як вітчизняних (П. Атаманчук, Л. Благодаренко, О. Бугайов, С. Величко, С. Гончаренко, О. Іваницький, А. Касперський, О. Коновал, Є. Коршак, О. Ляшенко, М. Мартинюк, І. Мороз, А. Павленко, В. Савченко, М. Садовий, О. Сергєєв, В. Сергієнко, В. Сиротюк, Н. Сосницька, В. Шарко, М. Шут та ін.), так і зарубіжних (Г. Голін, Ю. Дік, В. Ізвозчиков, С. Каменецький, В. Мултановський, А. Пінський, Д. Пеннер, Н. Пуришева, О.Пьоришкін, В. Разумовський, П. Самойленко, А. Усова та ін.) учених. Серед вітчизняних наукових досліджень, присвячених актуальним проблемам навчання фізики у ВНЗ та різним аспектам фахової підготовки майбутніх учителів фізики, можна віднести роботи за такими напрямками:

– теорія і практика формування змісту фізичної освіти; проблеми стандартизації, фундаменталізації та підвищення її якості (П. Атаманчук [25], Л. Благодаренко [46], О. Бугайов [61], С. Гончаренко [109], Є. Коршак [179], О. Ляшенко [208], М. Мартинюк [220], А. Павленко [269], Ю. Пасічник [272], В. Савченко [299], О. Сергєєв [311], В. Сергієнко [314], В. Сиротюк [318], Н. Сосницька [328], М. Шут [431] та ін.);

– формування фундаментальних (Б. Будний [62], О. Коновал [175], І. Мороз [237], М. Садовий [301], І. Тичина [347]) і фізико-технічних знань майбутніх фахівців (І. Богданов [50], А. Касперський [161], Г. Шишкін [384]);

– удосконалення системи навчального фізичного експерименту, у тому числі й засобами сучасних інформаційних технологій (С. Величко [81], В. Вовкотруб [91], В. Заболотний [137], О. Мартинюк [219], В. Мендерецький [229], Ю. Оришин [265], В. Тищук [348]);

– поліаспектність фахової підготовки вчителя фізики, проблеми міжпредметної інтеграції, раціонального поєднання класичних та інноваційних технологій навчання (Г. Бушок [70], О. Іваницький [150], В. Ільченко [154], Б. Кремінський [186], Т. Попова [285], В. Сагарда [300], Є. Смирнова-Трибульська [323], Н. Стучинська [333], В. Шарко [378]).

Широкий спектр, глибина і системність проведених досліджень є відображенням закономірного процесу періодичного оновлення та безперервного вдосконалення змісту і методики навчання фізики в педагогічному університеті. Разом з тим слід зазначити, що на відміну від досліджень у галузі теорії та методики навчання фізики в загальноосвітній школі з проблем дидактики фізики вищої педагогічної школи маємо меншу кількість наукових праць, зокрема докторського рівня. Серед них шість робіт присвячено удосконаленню теорії та методики навчання загальної фізики в педагогічних університетах (Г. Бушок, Т. Гордієнко, О. Мартинюк, Ю. Оришин, В. Сергієнко), вищих технічних військових закладах (Б. Сусь) і дві – методики навчання окремих розділів курсу теоретичної фізики (О. Коновал – “Теоретичні і методичні засади вивчення електродинаміки як релятивістської теорії у ВПНЗ”; І. Мороз – “Теоретико-методичні засади інтегрованого навчання термодинаміки і

статистичної фізики в педагогічних університетах”). У зв’язку з цим контекст нашого дослідження зумовив системний аналіз наукових результатів останніх двох робіт.

*Докторська дисертація О. Коновала* присвячена теоретичному обґрунтуванню основних положень класичної та релятивістської електродинаміки на засадах спеціальної теорії відносності (СТВ) [175]. На основі детального аналізу наукових першоджерел та відповідної навчально-методичної літератури розроблено принципово нову концепцію навчання відповідного розділу курсу теоретичної фізики, що максимально наближує методику її викладання до рівня сучасної науки. Відповідно до принципу фундаменталізації освіти, органічного зв’язку методики навчання дисципліни з методологією базисної науки О. Коновал послідовно розглянув багато питань електромагнетизму, за допомогою тільки двох незалежних положень: фундаментального принципу відносності і закону Кулона. Пропонований автором підхід усуває недоліки традиційної методики викладання електродинаміки, що формує помилкові уявлення студентів ніби СТВ не має відношення до реальних електродинамічних процесів, а її ефекти виявляються виключно тільки для тіл і систем відліку, швидкість руху яких є близькою до швидкості світла у вакуумі.

Результати наукового дослідження О. Коновала переконливо доводять, що класична електродинаміка є за своєю суттю релятивістською, а нехтування під час її вивчення такою фундаментальною фізичною теорією як СТВ є порушенням одного з провідних дидактичних принципів – принципу науковості, оскільки не відповідає фізичній реальності, є помилковою з методологічної і методичної точок зору. Так, під час формування фундаментального наукового поняття “електромагнітне поле” в існуючій навчально-методичній літературі спочатку вивчаються електро- та магнітостатичні поля і вважається, що лише під час вивчення явища електромагнітної індукції виявляється їх взаємозв’язок. Такий методичний підхід, на думку автора, призводить до стійких і невірних уявлень студентів про електричне й магнітне поля як окремих сутностей (видів матерії).

Єдність електромагнітного поля та умовність його поділу на окремі складові достатньо повно (з використанням нескладного математичного апарату) можуть бути описані на прикладі зарядженої частинки, що рухається прямолінійно й

рівномірно з довільною за величиною швидкістю. Найповніші уявлення студентів про єдине електромагнітне поле можна сформулювати на основі обґрунтування формул перетворення компонент тензора поля при переході від однієї системи відліку до іншої (автором запропоновано шість оригінальних варіантів, що доводять фундаментальне твердження: “електричне й магнітне поля – це “проекції” тензора електромагнітного поля на довільну систему відліку... Електрика і магнетизм – дві різні сторони однієї і тієї ж сутності”). О. Коновал доводить, що значну частину питань електродинаміки (процес зарядки-розрядки конденсатора, тепло Джоуля-Ленца, струм зміщення як джерело магнітного поля в околі провідника зі струмом, магнітна взаємодія, взаємозв’язок між змінними в часі електричним і магнітним полями, вивчення властивостей поля випромінювання, коваріантність рівнянь Максвелла відносно перетворень Лоренца та ін.) можна розглядати як наслідок формул перетворення компонент тензора електромагнітного поля.

Автор доводить, що для коректного опису електромагнітних явищ необхідно обов’язкове врахування релятивістських ефектів, навіть якщо вони й нескінченно малі. Так, зокрема, на основі послідовного аналізу моделі взаємодії двох заряджених частинок, що рухаються з постійною швидкістю, з урахуванням принципів СТВ, дедуктивного та проблемного підходів автором обґрунтовано “релятивістський” характер: сил Ампера і Лоренца; класичного закону Біо-Савара-Лапласа та закону електромагнітної індукції. Автором обґрунтовано, що закон електромагнітної індукції у формі  $rot \vec{E} = -\left(\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}\right)$  є наслідком принципів відносності й суперпозиції та закону Кулона, а його узагальнений вигляд  $\left(rot \vec{E} = -\frac{d\vec{B}}{dt}\right)$  дозволяє описати всі фізичні явища, які в традиційній методиці інтерпретуються на основі уявлень про подвійну природу ЕРС індукції.

З метою ознайомлення студентів з експериментами, які проводилися для підтвердження чи спростування висновків релятивістської електродинаміки, О. Коновалом детально у методичних цілях описані досліди Трутона-Нобля,

Вільсона, Рентгена, Роуланда, Ейхенвальда. Крім того, автором розроблено ряд оригінальних задач і навчальних комп'ютерних програм, використання яких під час вивчення питання про відносність поділу єдиного електромагнітного поля на складові сприятиме активізації пізнавальної діяльності студентів, системному опануванню основ як класичної електродинаміки, так і СТВ.

Таким чином, послідовна реалізація запропонованої О. Коновалом методики навчання електродинаміки на засадах теорії відносності дає можливість проілюструвати “дієвість” використання методів наукового пізнання у поясненні переважної більшості електромагнітних явищ і процесів з єдиних позицій, уникаючи “застосування” поширеного, але не завжди виправданого, методичного прийому (“як показують досліди”, “історія науки підтверджує”, “легко показати” та ін.) для повідомлення готових формул і законів фізики. Відповідна перебудова змістового компоненту методики навчання електродинаміки на засадах генералізації знань студентів навколо принципу відносності та поняття єдиного електромагнітного поля є реалізацією характерної тенденції фізичної науки: сформулювати та пояснити всю сукупність фізичних явищ і законів, спираючись на невелике число основних принципів. Результати педагогічного експерименту дисертації підтверджують ефективність розробленої методичної системи навчання електродинаміки у практиці сучасної вищої школи, що зафіксовано показниками навчальних досягнень студентів експериментальних і контрольних груп за визначеними критеріями (мотиваційний, когнітивний, діяльнісний, світоглядний, оцінно-рефлексивний). Отже, можна зазначити, що дисертація О. Коновала являє собою ґрунтовне й цілісне науково-методичне дослідження, в якому розроблено принципово нову концепцію навчання відповідного розділу курсу теоретичної фізики на основі принципів фундаментальності й наочності, дедуктивного, проблемного та задачного підходів. Цілеспрямоване й послідовне застосування її результатів, безумовно, сприятиме формуванню у майбутніх учителів фізики наукового світогляду, цілісних і системних уявлень про методи наукового пізнання, основні положення відповідних фізичних теорій, а отже, підвищенню рівня та якості їх фундаментальної фахової підготовки.



*Докторська дисертація І. Мороз* є комплексним науково-методичним дослідженням, яке присвячене актуальній проблемі сучасної дидактики фізики вищої школи – теоретичному обґрунтуванню, розробці та практичній реалізації методики інтегрованого навчання термодинаміки і статистичної фізики в педагогічних університетах [237]. Актуальність проблеми дослідження зумовлена невідповідністю між: 1) надзвичайно глибоким науковим змістом зазначеного розділу теоретичної фізики у формуванні наукового світогляду і відповідного стилю мислення майбутніх фахівців та формальним вивченням його основ у педагогічних ВНЗ, а відтак і загальноосвітніх навчальних закладах, що не відповідає рівню сучасних наукових вимог; 2) традиційною методикою вивчення курсу “Термодинаміка і статистична фізика”, що формує у студентів помилкове уявлення про незалежність відповідних методів дослідження макроскопічних об’єктів навколишнього світу, тобто, по суті існування різних наукових напрямів, та їх реальним положенням у сучасній фізичній науці, для якого характерним є їх взаємне доповнення і несуперечливість.

Системний аналіз наукових першоджерел, навчально-методичної літератури, узагальнення передового педагогічного досвіду дозволив автору зробити висновок про те, що “у відповідності з новою освітньою концепцією, пов’язаною з ідеями фундаменталізації та інтеграції освіти, удосконалення змісту й структури курсу теоретичної фізики залишається актуальною і багатоплановою проблемою, а процес забезпечення студентів педагогічних ВНЗ сучасними знаннями й новітніми науковими методами відстає від досягнень фізичної науки та світових тенденцій” [237, с. 8]. За результатами наукових пошуків І. Морозом теоретично обґрунтовано й розроблено нову концепцію та методику інтегрованого навчання термодинаміки і статистичної фізики в педагогічних університетах. Оновлення й перебудова змістового компоненту навчальної дисципліни дозволило представити основні поняття і принципи термодинаміки як наслідок основних положень статистичної теорії Гіббса. З методологічної точки зору ця концепція, на думку автора, має незаперечні переваги над традиційною, оскільки її застосування усуває принципові недоліки методики викладання термодинаміки як феноменологічної теорії теплових

явищ (аксіоматичний характер її законів; надмірне узагальнення емпіричних фактів, нехтування внутрішньою будовою макроскопічних систем та неможливість використання знань студентів з курсу загальної фізики про атомно-молекулярну будову речовини), потребує використання значно меншої кількості незалежних припущень, виключає повторення багатьох питань програми навчального курсу, суттєво економить лекційний час, а, отже, більшою мірою відповідає принципу фундаменталізації освіти, суті й методології цього розділу сучасної фізики.

Створення методичної системи навчання термодинаміки на засадах генералізації знань студентів навколо статистичних принципів і законів дало можливість автору розглянути всі розділи статистичної термодинаміки (фазові переходи і критичні явища, статистична теорія ідеальних і неідеальних систем, теорію флуктуацій, теорію нерівноважних систем та ін.) з єдиних позицій, методично поєднаних спільною ідеєю. Це сприяє отриманню студентами систематизованих знань, узагальнених навколо єдиного теоретичного ядра, формуванню наукового світогляду і відповідного стилю мислення. Запропонований підхід, за словами автора, є реалізацією відомої концепції А. Ейнштейна про те, що “фізична наука повинна ґрунтуватись на якомога меншому числі логічно незалежних гіпотез, які б дозволяли встановити причинний взаємозв’язок усього комплексу фізичних процесів” [237, с.15]. Отже, можна зазначити, що дисертація І. Мороза є цілісним і ґрунтовним науково-методичним дослідженням, що системно розв’язує комплекс суперечностей у викладанні відповідного розділу теоретичної фізики в педагогічному університеті та сприяє суттєвому підвищенню якості фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики.

Як відомо, ефективність і результативність навчально-виховного процесу суттєво залежить від дотримання усіх дидактичних вимог щодо його планування, організації та проведення. У зв’язку з цим важливого значення у навчанні теоретичної фізики має врахування міжпредметних інтеграційних зв’язків з психолого-педагогічними та спеціальними фаховими дисциплінами. Міжпредметність при цьому варто розглядати не лише як засіб підвищення якості навчання, але й як загально-педагогічний метод системного й цілісного підходу

до формування наукового світогляду і стилю мислення студентів. Враховуючи актуальність реалізації в системі фундаментальної фахової підготовки майбутніх учителів фізики принципу взаємозв'язку й наступності курсів загальної і теоретичної фізики, особливого значення набуває детальний аналіз результатів науково-методичного дослідження [314].

У докторській дисертації В. Сергієнка проведено комплексне теоретичне узагальнення і показано практичне розв'язання проблеми вдосконалення методики навчання загальної фізики в системі фахової підготовки вчителя фізики в контексті сучасної парадигми вищої освіти. На основі системно-структурного та історико-генетичного підходів запропоновано сучасну концепцію навчання загальної фізики в педагогічному університеті на засадах інтеграції принципів фундаментальності та фахової спрямованості навчання з використанням інноваційних технологій, що сприяють самореалізації і самовдосконаленню майбутніх учителів фізики. Автором розроблено динамічну модель і створено методичну систему навчання загальної фізики, що характеризується наявністю поряд з традиційними і нових технологічних елементів: мультимедійних посібників, засобів автоматизованого педагогічного контролю й дистанційного навчання. Визначено загальні принципи побудови комп'ютерно зорієнтованого навчально-методичного комплексу, орієнтованого на стимулювання саморозвитку студентів у навчанні загальної фізики в умовах переходу до кредитно-модульної (трансферної) системи фахової підготовки вчителів фізики. Значна увага в роботі приділяється питанням взаємозв'язку фізичної і природничо-наукової картин світу як методологічної основи формування системи гуманістичних цінностей та реалізації особистісно зорієнтованого підходу до розвитку творчої особистості майбутнього вчителя фізики. У зв'язку з цим до змісту розробленої автором методичної системи навчання загальної фізики внесено аксіологічний і когнітивний компоненти.

Сукупність отриманих у дисертації наукових результатів дозволяє кваліфікувати її як системне, комплексне та ґрунтовне теоретичне узагальнення автором науково-методичних досліджень вітчизняних і зарубіжних учених, власного педагогічного досвіду із спеціальної фахової підготовки вчителів фізики.

Проведене дослідження сприяє суттєвому підвищенню рівня та якості їх фахової підготовки, що за сучасних освітніх умов є соціально значущою проблемою.

За останні двадцять років в Україні захищено цілу низку кандидатських дисертацій, присвячених проблемам удосконалення фахової підготовки майбутніх учителів фізики та різним аспектам навчання фізики у ВНЗ, зокрема: методичні особливості навчання фізиці на нефізичних спеціальностях педагогічних університетів (І. Богданов, Л. Вовк); актуальні проблеми теорії і методики навчання фізики у будівельних, медичних, технічних ВНЗ (Н. Бурдейна, Л. Збаравська, Ф. Панфілова, В. Пащенко, Л. Сергієнко); шляхи підвищення мотивації, пізнавальної активності й розвиток творчих здібностей студентів у навчанні фізики (П. Горносталь, І. Засядько, Г. Кузьменко, І. Оленюк, І. Палачаніна, Ж. Рудницька, Г. Шишкін); удосконалення організаційних форм, методів і засобів навчання фізики (О. Гур'євська, Л. Кулік, І. Манкусь, Н. Мартинович, С. Меньяйлов, Л. Недбаєвська, І. Солуха, І. Ткаченко, Т. Точиліна, О. Трифонова, І. Філіпенко, О. Цоколенко); запровадження сучасних інформаційних технологій у навчанні фізиці (В. Гриценко, Ю. Дубинянський, Л. Коношевський, О. Красножон, І. Пустиннікова, О. Трофімов, О. Фуштей); реалізація міжпредметних зв'язків та питання інтеграції знань у системі фахової підготовки майбутніх учителів фізики (С. Козеренко, Л. Сидорчук, С. Рибак, С. Ткаченко, Г. Шатковська та ін.); питання історії вітчизняної фізики та методики її навчання як чинник національно-патріотичного виховання майбутніх учителів фізики (М. Головка, А. Волошина, В. Мацюк, Н. Форостяна). Серед зазначених найбільш близькими до теми нашого дослідження є науково-методичні праці О. Гур'євської, І. Солухи і О. Трифонові.

*Кандидатська дисертація О. Гур'євської* присвячена розробці теоретико-методологічних засад методики навчання термодинаміки і статистичної фізики майбутніх учителів фізики в контексті сучасної освітньої парадигми, що ґрунтується на основі системного, особистісно зорієнтованого та діяльнісного підходів [119]. Запропонована у роботі модель методичної системи навчання відповідного розділу теоретичної фізики поєднує в собі модульний принцип

побудови навчальної програми дисципліни, європейську кредитно-трансферну накопичувальну систему, рейтингову систему оцінювання всіх видів навчальної діяльності студентів, традиційні технічні засоби навчання у поєднанні з інноваційним педагогічними технологіями. Розроблена методика навчання термодинаміки і статистичної фізики являє собою системну єдність цільового, змістового і процесуального компонентів та враховує фундаментальні, інтеграційні й технологічні зв'язки в системі фахової підготовки майбутніх учителів фізики.

У кандидатській дисертації *І. Солухи* теоретично обґрунтовано та розроблено методику тестового контролю знань студентів у навчанні фізики (на матеріалі курсу теоретичної фізики) [325]. Тестовий контроль у роботі розглядається як ефективний дидактичний засіб, здатний забезпечити на основі стандартизації змісту навчальної дисципліни не лише об'єктивність та оперативність, надійність і точність відповідної діагностичної процедури, але й підвищення мотивації й пізнавальної активності студентів, рівня відповідальності за результати своєї роботи. На основі оригінального підходу до класифікації фізичних явищ, понять і величин авторкою складено загальний алгоритм процедури відбору змісту і форм тестових завдань різного рівня складності, які впливають на їх валідність (змістовий діапазон варіантів, групи схожих варіантів, ступінь повноти і конкретності варіантів, повне або часткове перекриття варіантів відповіді та ін.). Крім того, у дисертації одержано висновки щодо впливу форми тестового завдання на його складність і валідність, а також виявлено умови ефективного застосування у навчанні фізиці тестових завдань різної форми. Враховуючи загальний характер принципів, закладених в алгоритмі *І. Солухи*, останній може ефективно використовуватися не тільки у навчанні фізики, але й інших дисциплін природничо-наукового спрямування.

*Науково-методичне дослідження О. Трифонові* присвячене розв'язанню проблеми реалізації дидактичних принципів науковості й наочності у навчанні квантової фізики студентами педагогічних університетів за кредитно-модульною системою навчання [352]. У роботі встановлено невідповідність методики викладання навчальної дисципліни рівню сучасних наукових досягнень,

обґрунтовано актуальність і необхідність модернізації й оновлення її змістового та процесуального компонентів. У зв'язку з цим у дисертації розроблено оригінальну методику навчання квантової фізики, що поєднує в собі вивчення фундаментальних наскрізних понять разом з новітньою науковою інформацією (методологічний і світоглядний аспекти понять дуалізму, симетрії, відповідності; співвідношення дискретного й неперервного у науці, класифікація елементарних частинок, реліктове випромінювання, космологія, чорні дірки, темна енергія тощо). Результати наукового дослідження О. Трифонової засвідчили, що використання у практиці сучасної вищої педагогічної школи оновленого навчально-методичного комплексу з квантової фізики в умовах кредитно-модульної системи навчання сприяє підвищенню рівня фундаментальної підготовки та розвитку особистісних якостей майбутніх учителів фізики.

За останні два десятиріччя в країнах ближнього зарубіжжя захищено низку докторських дисертацій, присвячених різним аспектам підвищення якості викладання фізики у закладах вищої професійної освіти, зокрема: І. Агібова [3], А. Айзензон [5], В. Ваганова [71], О. Голубєва [105], І. Гребнев [115], Г. Єрофєєва [132], Р. Казаков [158], В. Коломін [171], В. Ларіонов [198], О. Лешуков [199], А. Малінін [216], І. Мамаєва [217], Л. Масленнікова [221], О. Петрова [275], О. Трофімова [353], А. Червова [371], Н. Шаронова [379] та ін. Однак більшість з них стосується викладання фізики в інженерних (Г. Єрофєєва, В. Ларіонов, І. Мамаєва, Л. Масленнікова), військових вишах (А. Айзензон, А. Червова) та класичних університетах (І. Агібова, В. Ваганова, О. Голубєва, І. Гребнев). У дисертаціях, присвячених проблемам навчання фізики в педагогічних вишах, досліджуються переважно конкретні методичні питання (наприклад, класичної механіки – Р. Казаков; теорії відносності – А. Малінін) або окремі складові загально-професійної підготовки майбутніх учителів фізики (реалізація світоглядного потенціалу спеціальної підготовки майбутніх учителів фізики – О. Лешуков; методична система підготовки з фізики студентів природничо-наукових спеціальностей в умовах рівневої структури вищої професійної освіти – О. Петрова; реалізація методологічного компонента методичної підготовки вчителя фізики – Н. Шаронова).

Досить незначна частина наукових праць присвячена методиці вивчення окремих питань курсу теоретичної фізики (методологічні й дидактичні основи формування фундаментальних наукових понять “речовина” і “поле”, методичні особливості вивчення основних понять квантової механіки, фізики конденсованого стану речовини, моделювання фізичних об’єктів і явищ та ін.). Так, зокрема, *дисертація С.Аль-Таравни* присвячена розробці й теоретичному обґрунтуванню доцільності поєднання традиційних і нестандартних (проблемних) методів навчання теоретичної фізики як ефективного засобу активізації пізнавальної діяльності студентів педагогічних ВНЗ, що сприятиме подоланню формалізму у засвоєнні основних питань навчального курсу, формуванню й розвитку їх наукового світогляду. На думку автора, “фундаментальний характер фізичної освіти та його адекватна методологічна спрямованість можуть бути забезпечені шляхом використання у навчанні теоретичної фізики різноманітних парадоксів, характерних для всього історичного розвитку фізики” [9, с. 7]. При цьому основну увагу в роботі зосереджено системному аналізу студентами фізичних парадоксів під час вивчення переважно класичної електродинаміки, що не знайшли, на думку автора, свого адекватного відображення у навчально-методичній літературі та освітній практиці.

У *дисертації О. Брусник* теоретично обґрунтовано й розроблено методичну систему навчання класичної механіки курсу теоретичної фізики педагогічного університету, що враховує принцип фахової спрямованості та забезпечує ґрунтовну предметну підготовку студентів [58]. На основі системного підходу автором запропонована й реалізована відповідна модель, заснована на використанні варіаційних принципів механіки, канонічного формалізму та елементів сучасного математичного апарату. Змістовий компонент моделі побудований відповідно до структури фундаментальної фізичної теорії (емпірична основа, концептуальне ядро, дедуктивні висновки та світоглядні наслідки) з урахуванням внутрішньо-предметних зв’язків механіки з іншими розділами курсу теоретичної фізики. Результати проведеного теоретико-методичного дослідження доводять, що врахування у навчанні класичної

механіки принципу професійно-педагогічної спрямованості та індивідуальних психологічних особливостей студентів сприяє підвищенню рівня їх фундаментальної підготовки.

Концептуальним засадам розвитку й удосконалення системи сучасної фізичної освіти у вищій педагогічній школі України та різним аспектам підготовки вчителів фізики присвячена велика кількість методичних публікацій, серед них за напрямками:

– проблеми фундаменталізації, стандартизації та якості професійної освіти (С. Гончаренко, Г. Грищенко, О. Ляшенко, В. Нечет, А. Павленко, О. Сергєєв, В. Сергієнко, Г. Шатковська, М. Шут та ін.);

– компетентнісний підхід у становленні майбутнього вчителя фізики, теорія і методика управління пізнавальною діяльністю студентів (П. Атаманчук, Г. Атанов, М. Головка, І. Коробова, А. Кух, О. Ніколаєв, Е. Сірик та ін.);

– поліаспектність фахової підготовки вчителя фізики, реалізація у навчанні інноваційних технологій (В. Баштовий, О. Бузян, Т. Гладун, М. Декарчук, О. Іваницький, В. Ільченко, М. Мартинюк, М. Опачко, Ю. Пасічник, Т. Попова, В. Савченко, О. Семерня, І. Соколова, Н. Сосницька, В. Шарко, Р. Швай та ін.);

– підвищення якості дидактичного забезпечення освітнього процесу, удосконалення системи навчального фізичного експерименту, у тому числі й засобами нових інформаційних технологій (Л. Благодаренко, В. Величко, В. Вовкотруб, В. Заболотний, О. Мартинюк, В. Мендерецький, Л. Мініч, І. Сальник, В. Сиротюк, Т. Точиліна, О. Царенко, О. Цоколенко, В. Чернявський та ін.);

– реалізація міжпредметних зв'язків та питання інтеграції знань майбутніх фахівців (Г. Бібік, І. Богданов, А. Касперський, А. Сільвейстр, Г. Шишкін та ін.);

– методичні особливості вивчення конкретних питань курсів загальної і теоретичної фізики (Ю. Івашина, О. Коновал, М. Кравченко, В. Кульчицький, Т. Лень, С. Максимов, С. Меньяйлов, Н. Мислицька, Ю. Мінаєв, І. Мороз, С. Пастушенко, Н. Подопрігора, О. Руденко, М. Садовий, Т. Січкач, І. Сліпухіна, Б. Сусь, О. Трифонова та ін.).



Системний аналіз монографічних праць, матеріалів періодичних фахових видань, науково-практичних конференцій свідчить, що цілісних і комплексних досліджень з проблем навчання теоретичної фізики в педагогічних університетах сьогодні вкрай мало. У більшості публікацій обговорюються переважно конкретні методичні питання навчального курсу. В якості прикладу можна зазначити кілька робіт, що вийшли останнім часом. Це статті: Ю. Івашина з дослідження механічного руху тіл та їх систем за допомогою загальних теорем динаміки; С. Максимова і С. Меньяйлова стосовно філософського аналізу ентропії як фундаментального наукового поняття; Ю. Мінаєва про методичні особливості вивчення електростатичної теореми Гаусса та деяких інших питань електродинаміки; С. Пастушенка і Т. Лень, присвячених методиці вивчення студентами фундаментальних фізичних понять, законів і теорій як системоутворювальних складових фізичної картини світу [274]; Н. Подопрігори, що стосуються розробки методичної системи навчання математичних методів фізики в педагогічних університетах (обґрунтовується доцільність інтеграції змістово-процесуальних компонентів теоретичної фізики з курсом “Математичні методи фізики”) [281], [282]; М. Чумака і М. Слюсаренка щодо теоретичного обґрунтування й розробки методики навчання електродинаміки курсу теоретичної фізики на основі задачного підходу [376].

Таким чином, системний аналіз науково-методичних джерел дозволяє стверджувати, що проблеми вдосконалення змісту системи фізичної освіти у вищій педагогічній школі України та різні аспекти фахової підготовки майбутніх учителів фізики є об’єктом постійної уваги провідних учених-методистів. Разом з тим слід констатувати, що комплексні дослідження, присвячені оновленню концептуальних теоретико-методичних засад навчання курсу теоретичної фізики в педагогічному університеті з урахуванням сучасних освітніх тенденцій та створенню науково-обґрунтованої методичної системи навчання дисципліни, орієнтованої на всебічний розвиток особистості майбутніх учителів фізики та підвищення рівня їх фундаментальної підготовки, на сьогодні відсутні.

## Висновки до розділу 1

Аналіз теорії та практики навчання теоретичної фізики в системі фахової підготовки майбутніх учителів фізики дозволив зробити такі висновки:

1. З метою визначення теоретико-змістових засад поліпшення якості фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики, усвідомлення історії виникнення та еволюції провідних ідей, концепцій і технологій навчання фізики на основі опрацювання архівних джерел та науково-методичної літератури проведено ретроспективний аналіз становлення й розвитку вітчизняної системи фізичної освіти у вищій педагогічній школі України згідно науково-обґрунтованих критеріїв за визначеними періодами.

У ході дослідження зокрема встановлено, що поліпшення суспільно-гуманітарної підготовки вчителів фізики на новому етапі розвитку університетської фізичної освіти в Україні переважно відбувалося за рахунок спеціальних фахових дисциплін, унаслідок чого наприкінці 90-х років намітилася тривожна тенденція до скорочення кількості годин на їх вивчення. Реалізація основної концептуальної ідеї сучасних освітніх реформ “освіта впродовж життя”, що змінила традиційний принцип “освіта на все життя”, зумовила модернізацію вітчизняної університетської фізичної освіти на основі принципів демократизації, гуманізації й гуманітаризації, фундаменталізації, стандартизації, інформатизації, безперервності і наступності, відкритості і варіативності, особистісно зорієнтованого та компетентнісного підходів, запровадження кредитно-модульної (трансферної) системи організації навчально-виховного процесу (ECTS) та ступеневої системи вищої освіти.

2. На основі проведеного ретроспективного аналізу, систематизації та узагальнення науково-методичних джерел уточнено основні тенденції розвитку фізичної освіти у вищій педагогічній школі України (початок XXI ст.), з’ясовано особливості наукових підходів до проектування освітньо-кваліфікаційної характеристики сучасного вчителя фізики як невід’ємної складової державного стандарту вищої освіти “Фізика”, що визначає стратегію побудови та реалізації системи його фахової підготовки в педагогічному університеті, у тому числі й специфіку організації навчально-виховного процесу з курсу теоретичної фізики.

3. У контексті наукового дослідження проаналізовано освітньо-професійну програму підготовки бакалаврів за напрямом Фізика\*, на основі чого уточнено роль, місце та міждисциплінарні зв'язки навчальної дисципліни “Теоретична фізика” в системі фахової підготовки вчителів фізики. Визначено основні принципи та організаційно-педагогічні умови її особистісно зорієнтованого навчання, що сприятимуть реалізації індивідуального підходу та підвищенню рівня фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики.

4. На основі практичного досвіду роботи в педагогічному університеті та результатів проведених досліджень констатовано недостатній рівень сформованості у студентів фундаментальних знань і умінь їх використання в практичній діяльності, зокрема виявлено: фрагментарний характер та низький рівень системності знань певної частини студентів, сприйняття ними теоретичної фізики як сукупності окремих дисциплін, недостатній рівень знань щодо змісту і структури фундаментальних фізичних теорій як складових сучасної фізичної картини світу, нерозуміння діалектики та єдності емпіричного й теоретичного, логічного та історичного в структурі фізичного знання і пізнання.

Системний аналіз науково-методичних джерел дозволив з'ясувати стан розв'язання проблеми дослідження та засвідчив відсутність комплексних наукових праць, присвячених оновленню й удосконаленню теоретико-методичних засад навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики в сучасних освітніх умовах. Доведено актуальність розробки сучасної науково-обґрунтованої методичної системи навчання теоретичної фізики в педагогічному університеті, яка була б зорієнтована на всебічний розвиток особистості майбутніх учителів фізики та сприяла підвищенню рівня їх фундаментальної підготовки відповідно до вимог державного стандарту вищої освіти.

Основні положення першого розділу дисертації висвітлені автором у публікаціях [391], [392], [396], [407], [410], [411], [415], [422].

## РОЗДІЛ 2

### ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПОБУДОВИ МЕТОДИЧНОЇ СИСТЕМИ НАВЧАННЯ ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ

#### 2.1. Фундаментальна підготовка майбутнього вчителя фізики як основа формування його фахової компетентності

Модернізація сучасної вищої педагогічної освіти України в контексті європейських вимог передбачає, насамперед, підготовку компетентного вчителя, який усвідомлює свою соціальну відповідальність, має високий рівень культури та широкий науковий світогляд, уміє ефективно діяти і досягати нових загальноосвітніх цілей, пов'язаних з формуванням особистості та життєвої компетентності своїх учнів. У сучасних умовах швидкого зростання об'єму наукової інформації, зміни технологій, посилення конкуренції на ринку праці на перший план виходить не тільки те, що знає педагог, але більшою мірою те, що він уміє робити/здійснювати як професіонал. Теоретичні за своєю суттю та енциклопедичні за широтою охоплення знання, які довгий час залишалися головною метою професійної освіти, сьогодні стають засобом навчання, самореалізації і самовдосконалення особистості впродовж життя.

Нова освітня парадигма в Україні розглядає як пріоритет вищої педагогічної освіти орієнтацію на інтереси особистості, становлення її ерудиції, фахової компетентності, розвиток творчих начал і загальної культури. Ця парадигма докорінно змінює підходи та ідеали освітньої системи, ставлячи в центр уваги студента як активного суб'єкта, який здобуває освіту у формі “особистісного знання”. Змінюються не тільки стратегічні цілі, зміст і технології навчання, але й підходи до оцінювання якості фахової, і зокрема фундаментальної, підготовки вчителів. Останнє стає все більш прагматичним: головний акцент у результатах навчання зміщується з традиційного набору знань, умінь і навичок на систему набутих студентами ключових, базових і спеціальних/предметних компетентностей, що відповідають державному стандарту вищої освіти. Отже,

фундаменталізація як основа якості та головна складова нової компетентнісної парадигми вищої педагогічної освіти сьогодні є головним пріоритетом державної освітньої політики та предметом широких науково-методичних досліджень.

Висунуті життям принципово нові освітні завдання вимагають перегляду традиційного підходу до змісту й методики фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики за кваліфікаційними рівнями “бакалавр” і “магістр”. Безумовно, високий професіоналізм не може існувати без глибоких знань фундаментальних фізичних теорій та їх застосування в сучасних технологіях. Однак процес підготовки вчителя фізики за сучасних умов не може бути зорієнтованим лише на засвоєння певної суми знань та формування умінь і навичок щодо їх застосовування у розв’язанні типових практичних завдань. Звичайно, така функція навчально-виховного процесу як передача системи фундаментальних наукових знань залишається, але, окрім неї, сьогодні постають нові завдання: навчити майбутнього педагога самостійно вчитися, опановувати нову інформацію, інноваційні технології навчання, критично мислити, сформувати життєво важливі компетенції, що забезпечуватимуть надалі фахову мобільність та можливість самовдосконалення. Звісно, роль викладача не зменшується, але вона стає іншою за своєю сутністю: з джерела знань він перетворюється на помічника й організатора процесу самоосвіти тих, хто навчається. Діяльність викладача має стимулювати пізнавальну активність студента і допомогти йому визначити власну траєкторію навчання. Безумовно, за таких умов професійна освіта буде найперспективнішим вкладом у майбутнє фахівця.

У зв’язку з компетентнісним підходом у сучасній фізичній освіті виникає необхідність у новому розумінні сутності системи фахової підготовки вчителя фізики, у виявленні оптимальних умов, за яких *усвідомлення фундаментальних наукових знань засобами спеціальних фахових дисциплін буде органічно включено в процес формування його фахової компетентності*. Необхідність реалізації цього стратегічного освітнього завдання зумовило з’ясування сутності базових понять дослідження: компетенція, компетентність, фахова компетентність учителя фізики, фундаменталізація фахової підготовки вчителя фізики.

Системний аналіз наукових джерел свідчить про наявність широкого спектру означень сутності базових понять компетентнісного підходу та їх окремих компонентів (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

### Трактування сутності базових понять компетентнісного підходу

П. Атаманчук	Компетенція – потенціальна міра інтелектуальних, духовно-культурних, світоглядних та креативних можливостей індивіда; компетентність – виявлення цих можливостей через дію: розв’язування проблеми (задачі), креативна діяльність, створення проекту тощо [23, с.13].
В. Байденко	Компетентність – інтегрована характеристика особистісних якостей, результат підготовки випускника вишу для виконання діяльності у певній області [31, с.18].
І. Зимня	Компетенції – деякі внутрішні, потенціальні психологічні новоутворення: знання, уявлення, програми дій, системи цінностей і відношень, які виявляються в компетентностях людини. Остання є складним особистісним утворенням, що містить мотиваційні, інтелектуальні, емоційні та моральні компоненти [171, с.12].
А.Маркова	Професійна компетентність учителя – сукупність чотирьох компонентів (спеціальної/предметної, соціальної, особистісної, індивідуальної). Вона включає професійні знання, уміння, психологічні позиції, установки, особистісні якості, що дозволяють діяти самостійно та відповідально. Компетентність – це зрілість людини у професійній діяльності [171, с.9-10].
Г. Селевко	Компетентність – міра включення особистості у професійну діяльність, що визначається сукупністю знань, умінь, навичок, психологічних особливостей і цінностей; здатність діяти із знанням справи [307, с.21].
В. Сластьонін	Професійна компетентність учителя виявляється в єдності теоретичної і практичної готовності до здійснення педагогічної діяльності та вирішення професійних завдань [171, с.4].
О. Хуторський	Компетенція учня/студента – сукупність взаємопов’язаних якостей особистості (знань, умінь, навичок, способів діяльності), які є відчуженою, наперед заданою соціальною вимогою (нормою) до його освітньої підготовки, необхідної для якісної продуктивної діяльності у певній сфері [367, с.138].

Державний стандарт базової і повної загальної середньої освіти	Компетентність – набута у процесі навчання інтегрована здатність учня, що складається із знань, умінь, досвіду, цінностей і ставлення, що можуть цілісно реалізовуватися на практиці; компетенція – суспільно визнаний рівень знань, умінь, навичок, ставлень у певній сфері діяльності людини [121, с.3].
Національний освітній глосарій: вища освіта	Компетентність – сукупність знань, умінь, цінностей та інших особистісних якостей, яких набув студент після завершення освітньої (навчальної) програми або її окремого компонента [251, с.55].
Тлумачний словник С. Ожегова	Компетенція – коло питань, в яких хто-небудь добре обізнаний; коло чийхось повноважень, прав. Компетентний – знаючий, обізнаний, кваліфікований, авторитетний в якій-небудь галузі, який володіє компетенцією [260, с.369].

Системний аналіз наукової літератури дозволив виявити суттєві ознаки базових понять компетентнісного підходу. Передусім їх необхідно розглядати в процесуальному аспекті (вони характеризуються через діяльність і мають діалектичний характер); їх основні компоненти (мотиваційно-ціннісні, когнітивні, операційно-діяльнісні, рефлексивні) мають певні властивості (варіативність, взаємозалежність, інтегративність, кумулятивність, соціальна та особистісна значущість), реалізуються комплексно та знаходиться у тісному взаємозв'язку з фаховою майстерністю і культурою. Якщо *компетенцію* трактують переважно як наперед задану соціальну вимогу (норму) до підготовки фахівця, що забезпечує його ефективну професійну діяльність, то *компетентність* розглядають як вже сформовану якість, результат освітньої діяльності, особистісне надбання студента.

Незважаючи на різноманітність трактувань поняття “фахова компетентність учителя” переважна більшість дослідників сходиться на тому, що воно є *інтегральною характеристикою, що виявляється в єдності його теоретичної і практичної готовності до здійснення педагогічної діяльності та вирішення професійних завдань на основі фундаментальних знань, досвіду та особистісних якостей*. Професійні завдання вчителя фізики у загальному вигляді можна сформулювати таким чином:

1. Забезпечення розвитку особистості учнів, їх пізнавальних і творчих здібностей засобами фізики як фундаментальної природничої науки на рівні сучасних досягнень, здобутків психолого-педагогічних наук та методики навчання фізики.

2. Володіння сучасними технологіями навчання, що забезпечують досягнення прогнозованих освітніх результатів відповідно до вимог державного стандарту базової та повної загальної середньої освіти з урахуванням специфіки предмету та індивідуальних особливостей учнів.

3. Постійна робота над собою, що сприятиме підвищенню рівня фундаментальної підготовки та фахової майстерності.

Але які знання є фундаментальними? У чому полягає сутність процесу фундаменталізації сучасної педагогічної освіти взагалі й підготовки вчителя фізики зокрема? Чи можна вважати навчальну дисципліну, що базується на фундаментальній науці, фундаментальною? За яких умов здобуті студентами знання можна вважати фундаментальними? Зазначені питання є предметом численних філософських, психолого-педагогічних і методичних досліджень (В. Андрущенко, І. Богданов, С. Гончаренко, М. Євтух, Л. Зоріна, В. Кінельов, В. Кремень, О. Ляшенко, В. Садовничий, О. Сергєєв, В. Сергієнко, В. Матросов, Н. Морзе, А. Павленко, С. Семеряков, А. Субетто, А. Суханов, А. Хуторський, М. Шут та ін.). Так, зокрема О. Голубєва і А. Суханов вважають фундаментальною освіту, яка являє собою процес нелінійної взаємодії людини з інтелектуальним середовищем, що збагачує її внутрішній світ і завдяки цьому визріває для примноження потенціалу самого середовища. Фундаментальні знання визначаються ними як стрижневі, системоутворювальні, методологічно важливі, що стосуються істотних, первинних сутностей явищ і процесів [339, с.18].

На думку О. Сергєєва, фундаменталізація навчання – один із провідних принципів сучасної багаторівневої освіти, який охоплює: освіту “вглиб” (поглиблену фундаментальну наукову підготовку в межах конкретної спеціалізації) та освіту “вшир” (перехід від дисциплінарно-інформаційного підходу до міждисциплінарного знання, що сприятиме єдності гуманітарної та природничо-наукової підготовки фахівців). Процес фундаменталізації, заснований



на інтеграції наукового знання, надає необхідну інваріантність підготовки майбутнього вчителя фізики, забезпечує його професійну мобільність та можливість самовдосконалення особистості [311, с. 6].

Академік С. Гончаренко вважає, що фундаменталізацію освіти слід розглядати як дидактичний принцип та провідний імператив сучасних освітніх реформ [110, с.2]. При цьому остання не зводиться до механічного збільшення обсягів кожної з фундаментальних природничих і гуманітарних дисциплін, а передбачає реалізацію принципово нових цілей, змісту і технологій навчання, що забезпечуватимуть нову якість пізнання, мислення, нову якість освіченості особистості. На думку вченого, критеріями ефективності фундаменталізації навчання є: а) особистісна спрямованість, оскільки справді фундаментальними є лише особистісні знання; б) зорієнтованість навчання на розвиток у студентів системного теоретико-методологічного мислення, що дозволяє досягнути сутнісні основи природних явищ і процесів; в) поетапний розвиток у студентів досвіду самостійної творчої діяльності; г) продуктивність процесів розвитку методологічної, інтелектуальної, креативної та інформаційної культури студентів.

Враховуючи широкий спектр наукових підходів до фундаменталізації освіти, слід конкретизувати зміст її основних положень стосовно фізичної освіти, маючи на увазі їх реалізацію у навчанні теоретичної фізики майбутніх учителів фізики. На нашу думку, остання передусім передбачає *виділення інваріантного (теоретичного) ядра курсу*, який має стати надійною основою для здобуття студентами базових фундаментальних знань та запорукою наступного фахового зростання. Фундаменталізація фізичної освіти включає ще два важливих аспекти, без яких навчальний курс не може бути фундаментальним. Це знання, на основі яких формується *науковий світогляд майбутнього вчителя* (фізична картина світу) і *знання про методологію наукового пізнання*, оскільки і світогляд, і методологія також є інваріантами (на даному рівні розвитку науки) і спираються на те саме ядро фундаментальних наукових знань. Усі три аспекти взаємопов'язані. Якщо перший вирішує більшою мірою освітнє завдання курсу теоретичної фізики, то два інших реалізують в основному його розвиваючу та виховну мету. Можна сказати, що

наявність інваріантного ядра в широкому сенсі (об'єднує всі три аспекти) робить курс теоретичної фізики в педагогічному університеті фундаментальним.

На основі зазначеного, під *фундаменталізацією фізичної освіти ми розуміємо чітку орієнтацію на стрижневі, фундаментальні, методологічно важливі знання (інваріантне ядро) спеціальних фахових дисциплін, що формують науковий світогляд студентів та сприяють набуттю ними потужного арсеналу загальних методів розв'язування різноманітних задач на шляху пізнання природи.* Це, насамперед, методи аналізу і синтезу, індукції і дедукції, моделювання й системного мислення, врахування загального зв'язку природних явищ та універсальності еволюціонізму, математичної постановки та алгоритмізації розв'язання теоретичних завдань; класичного, неklasичного та постнеklasичного типів мислення та ін.

Фізична освіта в педагогічному університеті, як відомо, являє собою єдність двох складових: *фундаментальної та фахової*. Перша являє собою незмінну інваріантну частину, інша – варіативну, що відповідає специфіці майбутнього фаху студентів. У контексті сучасних освітніх тенденцій виникає питання: якою повинна бути фундаментальна складова підготовки вчителів фізики та яким чином можна забезпечити підвищення рівня цієї підготовки? Слід зазначити, що це питання ґрунтовно й системно розглядалося тільки на рівні курсу загальної фізики [171], [314]; що стосується навчальної дисципліни “Теоретична фізика” досліджень на цю тему небагато. Останнім часом в Україні захищено значну кількість докторських дисертацій, присвячених удосконаленню змісту фахової підготовки майбутнього вчителя фізики [50], [137], [150], [175], [219], [229], [237], [265], [314], [378]. Віддаючи належне зробленому, зазначимо, що стан справ у викладанні спеціальних фахових дисциплін взагалі й курсу теоретичної фізики для майбутніх учителів фізики в багатьох аспектах ще не може задовольнити ані педагогів, ані суспільство.

Аналіз стану фізичної освіти в педагогічних університетах України дозволяє констатувати зниження рівня готовності її випускників до розв'язання освітніх завдань курсу фізики загальноосвітньої школи. Матеріали наукових публікацій, досвід колег, власні спостереження свідчать, що знання майже половини студентів

формальні, фрагментарні. Не враховує специфіку майбутнього фаху студентів і навчально-методична література з курсу теоретичної фізики, яка практично нічим не відрізняється від аналогічної для студентів класичних і технічних університетів. Варто зазначити, що процес забезпечення студентів педагогічних університетів фундаментальними знаннями й новітніми експериментальними методами відстає від досягнень базової науки та світових тенденцій, що дозволяє говорити про наявність певних суперечностей між: а) сучасними вимогами державних нормативних освітніх документів України до рівня та якості фахової підготовки вчителів фізики та її реальним станом; б) необхідністю реалізації у навчанні теоретичної фізики особистісно зорієнтованого, діяльнісного і компетентнісного підходів, що сприятиме формуванню цілісної системи фундаментальних знань і фахової компетентності майбутніх учителів фізики, осмисленню й усвідомленню творчого характеру педагогічної діяльності і традиційними підходами до процесу навчання, що не повною мірою забезпечує їх повноцінний фаховий та особистісний розвиток; в) завданням підвищення рівня фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики в умовах сучасного розвитку фізичної освіти в Україні та відсутністю ефективної науково обґрунтованої методичної системи навчання теоретичної фізики, в основу якої покладено принцип єдності фундаментальної і фахової спрямованості навчання та логіку зазначених вище методологічних підходів.

І хоча стратегія наукового обґрунтування, розробки та реалізації нових теоретико-методичних засад навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики в сучасних освітніх умовах видається очевидною, проте версій свого втілення у завершених системних дослідженнях вона не знайшла. Останнє зумовлює актуальність її переосмислення й комплексного розв'язання як на рівні теорії, так і в практичній площині пошуку відповідних умов і технологій.

Курс теоретичної фізики в підготовці майбутніх учителів фізики займає особливе місце. У ньому поглиблюються, систематизуються та узагальнюються знання з основ фундаментальних фізичних теорій, з єдиних позицій аналізуються наукові поняття, принципи і закони, формуються цілісні та найповніші уявлення про сучасну фізичну картину світу, методологію наукового пізнання. Курс

теоретичної фізики, як відомо, відрізняється високим рівнем формалізації та досить складним і специфічним математичним апаратом, що передбачає високий рівень відповідної підготовки студентів. Разом з тим врахування одного з провідних дидактичних принципів педагогіки вищої школи (принципу фахової спрямованості) зумовлює зміщення акцентів у цілях, змісті і технологіях його навчання. Усі складові навчально-виховного процесу дисципліни мають працювати на студента, сприяти набуттю ним фахової компетентності, формуванню професійної культури, навичок самореалізації й самовдосконалення особистості. За умов зменшення аудиторних годин та підвищення ролі самоосвітньої навчальної діяльності студентів зростає потреба у розробці такої методичної системи навчання курсу, що гарантуватиме досягнення прогнозованих освітніх результатів відповідно до вимог державного стандарту вищої освіти.

Принцип фундаменталізації фізичної освіти передбачає проектування та реалізацію змістового і процесуального компонентів навчальної дисципліни “Теоретична фізика” відповідно до методології наукового пізнання. Процес навчання має відповідати логіці розвитку науки, а також тим методам пізнання, які стали в ній вирішальними. У зв’язку з цим основу структурування навчальних матеріалів курсу, на нашу думку, повинен складати принцип: *від логіки розвитку фізичної науки до логіки виникнення окремої фундаментальної теорії, а від неї до логіки вивчення й застосування цієї теорії у поясненні/прогнозуванні нових фізичних явищ і процесів*. Подібне структурування навчального матеріалу прийнято в курсах фізики середньої школи та загальної фізики, тому даний підхід у курсі теоретичної фізики для майбутніх учителів фізики повною мірою відповідатиме не лише принципу фундаментальності, але й фахової спрямованості навчання. Крім того, групування матеріалів дисципліни навколо фундаментальної фізичної теорії як основної дидактичної одиниці її змісту передбачає не тільки засвоєння студентами інваріантного (теоретичного) ядра сучасної фізичної науки, але й формування наукового стилю мислення, оскільки теорія як провідна форма систематизації наукових знань містить “у згорнутому вигляді” основні етапи циклу як наукового, так і навчального пізнання (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

## Співвідношення етапів циклу наукового і навчального пізнання

№ з/п	Етапи циклу наукового пізнання	Етапи циклу навчального пізнання
1.	Накопичення й аналіз наукових фактів на основі спостережень та експерименту, встановлення емпіричних законів; постановка проблеми.	Вивчення й аналіз спеціально відібраних наукових фактів; спостереження і навчальний експеримент, що “підводять” учня/студента до нового явища, поняття, закону.
2.	Абстрагування та формулювання гіпотези з використанням певної модельної форми досліджуваного об’єкту/явища.	<i>Перехід від конкретного до абстрактного:</i> виділення істотних характеристик досліджуваного об’єкту, формулювання гіпотези з використанням його певної модельної форми.
3.	Теоретичне обґрунтування характеристик (властивостей) і механізму функціонування досліджуваного об’єкту/явища; узагальнення та формулювання висновків.	Теоретичне обґрунтування характеристик (властивостей) і механізму функціонування досліджуваного об’єкту/явища; визначення основних понять, принципів, законів; узагальнення та формулювання висновків.
4.	Застосування отриманих знань у конкретних випадках, уточнення меж їх застосування з наступною експериментальною перевіркою (отримання нових фактів).	<i>Перехід від абстрактного до конкретного:</i> застосування отриманих знань у розв’язанні навчальних завдань (пояснення природних явищ, виробничих процесів, розв’язування задач, експеримент та ін.); конкретизація і розвиток знань, уточнення меж їх застосування.

Отже, вивчення студентами особливостей наукового пізнання в межах окремих фундаментальних фізичних теорій (змістових модулів дисципліни) повинно забезпечувати усвідомлення логіки і генезису теоретичного узагальнення знань у вигляді циклічної спіrali: наукові факти → гіпотеза → абстрагування, моделювання → теоретичне обґрунтування → наслідки → експериментальна перевірка → нові факти. При цьому основна увага у навчанні теоретичної фізики має звертатися на концепцію модельності теоретичних знань сучасної науки, а саме: поняття фізичних і математичних моделей реальних об’єктів та явищ навколишнього світу. Зазначене вище дозволяє сформулювати основні вихідні положення щодо побудови та реалізації у практиці педагогічного університету методичної системи навчання теоретичної фізики в контексті фундаменталізації сучасної фізичної освіти:

1). Виявлення у змісті навчальної дисципліни *інваріантного (теоретичного) ядра* та його головних змістових ліній (спеціальної/предметної, світоглядної, методологічної), що забезпечують основу фундаментальних наукових знань і фахової компетентності майбутніх учителів фізики.

2). Забезпечення *фахового спрямування* навчально-виховного процесу, що передбачає органічне поєднання фундаментальної і фахової підготовки студентів на основі глибокого усвідомлення ними змісту шкільної фізики з позицій сучасної теоретичної фізики. Останнє зумовлює необхідність реалізації у навчанні разом з традиційними формами і видами діяльності квазіпрофесійних, проектних, що сприятимуть формуванню професійної культури студентів та отриманню мінімального педагогічного досвіду розв'язання начально-пізнавальних завдань.

3). Реалізація у навчанні *особистісно зорієнтованого і діяльнісного підходів* шляхом запровадження методів і прийомів, що сприятимуть переведенню навчальної інформації з “режиму її отримання” у режим творчої, інноваційної діяльності студентів; формуванню й розширенню їх особистісного пізнавального досвіду, потреби у постійній самоосвіті та самовдосконаленні.

4). Реалізація у навчанні *компетентнісного підходу*, що передбачає створення оптимальних умов, за яких усвідомлення студентами фундаментальних наукових знань буде органічно включено в процес формування їх фахової компетентності. Особливої уваги при цьому заслуговує розробка дидактичного інструментарію для здійснення моніторингу й аналізу рівня сформованості складових фахової компетентності студентів, що характеризують їх фундаментальну підготовку, для кожного змістового модулю дисципліни у формах: “*студенти знають/розуміють*” (зміст фізичних понять і величин; явищ, ефектів, методів, дослідів; законів і закономірностей, моделей, принципів, постулатів, теорем, рівнянь, фізичних констант; будову, принцип дії і галузі застосування найважливіших технічних об'єктів); “*студенти вміють*” (пояснити, зобразити й аналізувати, моделювати, визначати та виводити, розв'язувати).

5). Посилення у навчанні теоретичної фізики *міждисциплінарних зв'язків* з дисциплінами як природничо-наукового, так і гуманітарного циклів, що

забезпечуватимуть цілісність підготовки майбутніх учителів фізики, формування широкого наукового світогляду та системного мислення. Особливого значення передусім має урахування принципу взаємозв'язку і наступності теоретичної фізики з курсом загальної фізики, що виключало б дублювання навчального матеріалу та створювало надійну основу для свідомого й послідовного засвоєння студентами інваріантного ядра сучасної фізичної науки.

б). Забезпечення реалізації у навчанні *принципу генералізації й циклічності*. Групування навчальних матеріалів у межах кожного змістового модулю (розділу) дисципліни навколо фундаментальної фізичної теорії як основної дидактичної одиниці її змісту повинно сприяти систематизації знань студентів, розумінню ними загальної структури теорії, усвідомленню циклічності процесів наукового і навчального пізнання, формуванню наукового стилю мислення. При цьому засвоєння студентами основ фундаментальних фізичних теорій має ряд принципових аспектів: 1) вивчення *класичної механіки* повинно базуватися на використанні варіаційних принципів і канонічного формалізму, розкривати зв'язок законів збереження з властивостями симетрії простору й часу та проводити з більш загальних (релятивістських) позицій (про що йде мова, наприклад, у статті [254]; 2) враховуючи релятивістсько-коваріантний характер *класичної електродинаміки*, її вивчення повинно базуватися на принципах теорії відносності (як це зроблено, наприклад, у навчальних посібниках [174], [175]); 3) вивчення *квантової механіки* має передбачати використання оптичних аналогій і реалізацію єдності статистичного та ймовірнісного підходів у пізнанні закономірностей мікросвіту [428]; 4) вивчення *термодинаміки і статистичної фізики* повинно розкривати взаємозв'язок термодинамічного і статистичного методів дослідження властивостей макросистем та сприяти розумінню студентами глибинного ймовірнісного характеру основних положень термодинаміки на основі статистичних уявлень (як це реалізовано, наприклад, у монографії [237]).

Спираючись на результати проведених нами наукових розвідок, окреслимо загальну структуру фахової компетентності вчителя фізики (рис. 2.1). При цьому враховуємо, що основна увага нашого дослідження приділяється останньому

(спеціалізовано-професійному) блоку, зокрема тим його складовим, які характеризуватимуть рівень фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики за результатами навчання курсу теоретичної фізики.



Рис. 2.1. Структура фахової компетентності вчителя фізики

Основу фахової компетентності вчителя фізики, як відомо, складають фундаментальні наукові знання. Саме останні є запорукою ефективності його професійної діяльності в сучасній загальноосвітній школі. У зв'язку з цим в якості складових *спеціалізовано-професійних компетенцій* та їх показників, що характеризують рівень фундаментальної підготовки студентів засобами навчальної дисципліни “Теоретична фізика”, пропонуємо таке структурування:

- **науково-теоретична компетенція:**

1) *спеціальна/предметна*: базові знання основ фундаментальних фізичних теорій (емпіричний базис, інваріантне ядро, наслідки та інтерпретація), використання їх основних положень у поясненні закономірностей перебігу природних явищ і процесів на всіх структурних рівнях організації матерії (мікро-, макро- та мегасвіт);

– розуміння та пояснення змісту й універсальності фундаментальних фізичних принципів і взаємодій як основи єдності законів природи;



– володіння основами математичного апарату та “мовою” сучасної фізичної науки, необхідних для аргументованого й переконливого викладення наукової і навчальної інформації (постановки пізнавальних завдань, висунення гіпотез, моделювання фізичних явищ, побудови схем, діаграм, графіків, пояснення причино-наслідкових зв’язків, формулювання висновків та ін.), розв’язання типових задач курсу, вирішення проблемних та евристичних завдань;

2) *світоглядна*: розуміння та пояснення логіки становлення і розвитку сучасної фізичної картини світу, сформованість матеріалістичних переконань і уявлень про її найважливіші аспекти, зокрема: основні властивості симетрії простору й часу класичної механіки та їх зв’язок із законами збереження; релятивістський характер класичної електродинаміки; фізичну єдність матерії, руху, простору й часу; властивості та ймовірнісний характер явищ мікросвіту; поведінку рівноважних і нерівноважних макроскопічних систем, сутність еволюційної парадигми у фізиці; засновників, основні положення та принципи механістичної, електромагнітної та квантово-польової картин світу;

– усвідомлення основних проблем сучасної фізики та наукових підходів до їх розв’язання; енергетичних та екологічних проблем людства, пов’язаних із досягненнями сучасної науки й техніки, та можливостей їх усунення або попередження;

3) *методологічна* (відповідно рівням методології базової науки): сформованість системи узагальнених знань про матеріальну єдність і пізнаваність світу, взаємозв’язок і взаємозумовленість природних явищ, діалектико-матеріалістичний характер, відносність і невичерпність пізнання матерії (*філософський рівень*);

– набуття студентами досвіду використання у навчально-пізнавальній діяльності методів природничо-наукового пізнання, зокрема: прийомів логічного мислення (аналіз, синтез, індукція, дедукція, узагальнення, аналогія, порівняння та ін.), методів побудови теоретичного знання (абстрагування, ідеалізація, гіпотеза, моделювання, мисленевий експеримент, формалізація та ін.), а також розуміння та свідоме використання таких елементів знань як науковий факт, фізичне явище, величина, модель, закон, теорія (*загальнонауковий рівень*);

– розуміння: логічної структури фізичного знання (емпіричний і теоретичний рівні наукового пізнання); структури та евристичної ролі фундаментальних фізичних теорій у поясненні закономірностей перебігу природних явищ і процесів; місця й ролі ідеалізованих об'єктів у структурі фізичної теорії та науковому пізнанні; необхідності використання математичного апарату сучасної науки як інструменту пізнання природи фізичних явищ; закономірностей розвитку фізики відповідно до історичних типів наукової раціональності (*конкретно-науковий рівень*).

• **практично-діяльнісна компетенція:**

– досвід пізнавальної й творчої діяльності щодо застосування одержаних знань у поясненні наукових фактів, природних явищ і процесів, фізичних властивостей об'єктів, розв'язання навчальних задач курсу стандартним або оригінальним способами з використанням відповідного математичного апарату, вирішення проблемних та евристичних фізичних завдань;

– розуміння єдності та взаємозв'язку теоретичного й експериментального методів наукового пізнання навколишнього світу; уміння самостійно проводити навчальний лабораторний експеримент з використанням сучасних приладів та устаткування;

– сформованість у студентів навичок самостійного здобуття знань за допомогою друкованих та електронних джерел інформації, використання засобів комп'ютерної техніки в процесі навчально-пізнавальної та науково-дослідницької діяльності.

Аналіз структури фахової компетентності дозволяє зробити висновок про те, що основу її формування складають фундаментальні знання, у нашому випадку ядра курсу теоретичної фізики. Необхідність його виокремлення виходить також з аналізу тих фахових завдань, які повинен вирішувати вчитель фізики. Аналіз нормативних освітніх документів, науково-методичних праць з теорії змісту освіти, логічних схем побудови курсу теоретичної фізики в педагогічних університетах України дозволив нам визначити його інваріантне (теоретичне) ядро (табл. 2.3 – 2.6). Виявлення останнього проводилося з урахуванням таких положень: а) принципу системності, цілісності та єдності фізичних знань;

б) відображення структури і змісту фундаментальних фізичних теорій як складових сучасної фізичної картини світу; в) універсальності фундаментальних фізичних взаємодій як загального атрибуту матерії, джерела всіх форм руху та розвитку об'єктів; г) реалізації у навчанні світоглядного й методологічного потенціалів дисципліни, що сприяє усвідомленню студентами змісту і структури сучасної фізичної картини світу та її еволюції, а також специфіки методів наукового пізнання відповідно історичним типам наукової раціональності (класичний, некласичний, постнекласичний).

У підсумку зазначимо, що за нинішніх умов з метою подолання суттєвого розриву між теоретичною і практичною підготовкою студентів до роботи в загальноосвітній школі, підвищенні мотивації й пізнавального інтересу до вивчення курсу теоретичної фізики вважаємо за доцільне в процесі їх підготовки тісніше пов'язати вивчення теорії з практичним застосуванням одержаних знань; ширше використовувати активні методи й форми навчання, у тому числі й інформаційно-комунікаційні, що сприяють розвитку їх інтелектуальних і творчих здібностей; посилити увагу студентів до світоглядних і методологічних питань фізичної науки, формуванню наукового стилю мислення, загальної культури. Важливо, щоб студент був зацікавлений швидше подолати, а не приховувати від викладача своє незнання, своєчасно одержати не лише необхідну інтелектуальну допомогу, а й психолого-педагогічну підтримку. Особливе значення для фахового зростання й самоствердження майбутніх учителів фізики має стимулювання їх особистої творчості. Адже, як відомо, студенти переносять у школу той стиль навчання, який застосовувався до них у виші.

## **2.2. Модульна програма навчальної дисципліни “Теоретична фізика” та засади її реалізації**

У методиці професійної фізичної освіти особливе місце належить проблемі конструювання змісту й структури спеціальних фахових дисциплін (передусім курсів загальної і теоретичної фізики), адже останні повинні являти собою

дидактично апробовану модель сучасної науки. Ця проблема є надзвичайно складною та важливою водночас, вона не може бути один раз і назавжди вирішеною. Проектування й оновлення змісту фізичної освіти – історично незворотній процес, обумовлений розвитком базової науки й техніки, досягненнями психолого-педагогічних наук, узагальненням передового педагогічного досвіду, зміною вимог соціального замовлення з урахуванням міжнародних освітніх орієнтирів. Специфіка майбутнього фаху випускників педагогічних університетів зумовлює відповідний підхід до конструювання змісту спеціальних фахових дисциплін, зокрема курсу теоретичної фізики.

Актуальність модернізації й оновлення навчальної програми дисципліни в умовах сучасного розвитку фізичної освіти в Україні підсилюється ще й тим, що на відміну від курсу загальної фізики, цей процес у вітчизняній дидактиці фізики вищої педагогічної школи триває вже не один рік. Наразі, як ніколи, відчувається невідповідність між зростаючим обсягом наукових знань і можливістю їх якісного засвоєння. Це зміщує акценти у формуванні цілей навчання теоретичної фізики: *головною метою стає не набуття студентом певної суми знань, а оволодіння способами їх отримання, методологією наукового пізнання, стилем наукового мислення.* Невипадково провідними вітчизняними методистами-фізиками (П. Атаманчук, Л. Благодаренко, С. Величко, О. Іваницький, А. Касперський, О. Ляшенко, М. Мартинюк, А. Павленко, М. Садовий, В. Сергієнко, В. Сиротюк, М. Шут та ін.) наголошується на необхідності тісного зв'язку методики вивчення дисципліни з методологією базисної науки, *оскільки сутністю навчання є саме “метод мислення” науки.* Крім того, сучасний етап розвитку фізичної науки з характерним проникненням інформаційних технологій і постнекласичним (еволюційно-синергетичним) типом мислення, на нашу думку, повинен знайти адекватне відображення у її змісті.

З урахуванням зазначеного процес розробки нової модульної програми навчальної дисципліни “Теоретична фізика” для студентів напрямку Фізика\* педагогічних університетів [343] здійснювався на основі системного аналізу науково-методичних праць з теорії змісту освіти, державних стандартів освіти, освітньо-

кваліфікаційних характеристик та освітньо-професійних програм педагогічних спеціальностей, логічних схем побудови курсу у провідних вітчизняних вишах та був спрямований на розв'язання головного завдання: *засвоєння майбутнім учителем фізики фундаментальних наукових знань повинно сприяти розвитку особистості, має носити діяльнісний характер та бути органічно включено в процес формування його фахової компетентності*. У результаті: оновлено змістову й результативну складові навчальної дисципліни з урахуванням принципів науковості, взаємозв'язку й наступності з курсом загальної фізики, модульності як важливого чинника самоосвіти й саморозвитку студентів; навчальний матеріал змістових модулів представлено у вигляді “інваріантного (теоретичного) ядра – варіативної (прикладної, фахово-зорієнтованої) оболонки”, що дозволяє реалізувати диференційований підхід у навчанні, а також розвивальний і виховний потенціали дисципліни. Нижче наведено концептуальні засади конструювання змісту й структури модульної програми навчальної дисципліни “Теоретична фізика”, що відповідає освітньо-професійній програмі підготовки бакалаврів напряму Фізика\*.

*Предметом* вивчення дисципліни “Теоретична фізика” є найзагальніші фундаментальні фізичні закономірності, що визначають будову, властивості та еволюцію матеріального світу на всіх його структурних рівнях (мікро-, макро- та мегасвіт). Теоретична фізика є невід'ємною складовою сучасної фізики, в якій у якості основного способу пізнання природи використовують математичне моделювання досліджуваних об'єктів, явищ і процесів та їх співставлення з реальністю. Строго кажучи, теоретична фізика вивчає властивості не самої природи, а властивості пропонованих абстрактних моделей. Специфічною особливістю теоретичної фізики порівняно з іншими природничими науками є формулювання постулатів, принципів і законів та створення на їх основі нових наукових теорій, які не лише систематизують і узагальнюють накопичений емпіричний матеріал, але й дозволяють передбачити клас нових експериментально ще не відкритих явищ і законів, спрогнозувати результати майбутніх вимірювань з урахуванням похибок моделі та експерименту.

Теоретична фізика вивчає загальні закономірності та механізм перебігу найширшого кола фізичних явищ і процесів, закладає основи світорозуміння на різних рівнях пізнання природи і разом з експериментальною фізикою дає загальне обґрунтування природничо-наукової картини світу. Фундаментальний характер фізичного знання як філософії науки й методології природознавства, теоретичної основи сучасної техніки і виробничих технологій, невід'ємної складової культури високотехнологічного інформаційного суспільства визначає освітнє, світоглядне, виховне та соціокультурне значення курсу теоретичної фізики. Завдяки цьому в структурі освітньої галузі він відіграє роль базового компонента природничо-наукової освіти і належить до інваріантної складової навчального плану підготовки майбутніх учителів фізики.

У змісті програми навчальної дисципліни “Теоретична фізика” враховано *міждисциплінарні зв'язки* з такими дисциплінами циклів природничо-математичної та професійно-практичної підготовки бакалаврів-фізиків: “Загальна фізика”, “Методика навчання фізики”; “Математичний аналіз”, “Аналітична геометрія та лінійна алгебра”, “Основи векторного і тензорного аналізу”, “Диференціальні та інтегральні рівняння”, “Теорія ймовірностей і математична статистика”; “Математичні методи фізики”, “Астрономія”, “Основи сучасної електроніки”, “Історія фізики”, “Філософія”, “Екологія”. Програма навчальної дисципліни “Теоретична фізика” складається з таких змістових модулів: 1) класична механіка і основи механіки суцільних середовищ; 2) електродинаміка; 3) квантова механіка; 4) термодинаміка і статистична фізика.

*Метою* викладання дисципліни “Теоретична фізика” є всебічний розвиток особистості студента та набуття ним фахової компетентності, що передбачає формування найповніших і цілісних уявлень про сучасну фізичну картину світу та її еволюцію на основі засвоєння змісту фундаментальних фізичних теорій як невід'ємної складової його наукового світогляду і відповідного стилю мислення; оволодіння методами наукового пізнання навколишнього світу; розвиток пізнавального інтересу, інтелектуальних і творчих здібностей. *Основними завданнями* вивчення дисципліни “Теоретична фізика” є забезпечення:

– сформованості у студентів системних і міцних знань щодо закономірностей перебігу найширшого кола фізичних явищ і процесів на всіх структурних рівнях організації матерії шляхом аналізу й узагальнення основ фундаментальних фізичних теорій та меж їх застосування;

– оволодіння студентами основами математичного апарату, термінологією (“мовою”) сучасної фізичної науки, необхідних для аргументованого викладення навчальної інформації, результатів наукового дослідження, продовження освіти;

– сформованості матеріалістичних переконань і уявлень студентів про найважливіші аспекти сучасної фізичної картини світу як невід’ємної складової наукового світогляду; про закономірний зв’язок і пізнаванність природних явищ, об’єктивність наукового знання, високу цінність фізичної науки в розвитку матеріальної і духовної культури людей;

– сформованості загальних методів розв’язування навчальних задач курсу, проблемних та евристичних завдань адекватними засобами фізики;

– сформованості навичок самоосвіти, використання засобів комп’ютерної техніки у процесі навчально-пізнавальної та науково-дослідницької діяльності;

– осмислення студентами історичного шляху розвитку фізики та історії фізичних досліджень в Україні, внеску відомих вітчизняних і зарубіжних учених у певну галузь фізики й техніки; сформованість ціннісного відношення до наукової спадщини та процесу здобуття знань;

– сформованості у студентів національної самосвідомості, працелюбності й відповідальності, потреби у самоосвіті та постійному самовдосконаленні.

Навчальна програма дисципліни “Теоретична фізика” поєднує в собі *систему знань і систему діяльності*, які забезпечують формування фахової компетентності студентів та розвиток професійно спрямованих якостей особистості. Визначення змісту й структури програми відбувалося з урахуванням загальноновизнаної ідеї сучасної освіти, а саме *відповідності процесу навчання логіці розвитку науки, а також тим методам пізнання, які стали в ній вирішальними*. У зв’язку з цим навчальний курс теоретичної фізики повинен являти собою своєрідний ланцюг розв’язання все нових практичних завдань з використанням комплексу методів

наукового пізнання. При цьому останні повинні бути не тільки об'єктами самостійного вивчення та локального застосування, але й постійно діючим інструментом процесу засвоєння студентами нових знань. Основу структурування навчальних матеріалів курсу складає принцип: *від логіки розвитку фізичної науки до логіки виникнення окремої фундаментальної теорії, а від неї до логіки вивчення й застосування цієї теорії у поясненні/прогнозуванні нових фізичних явищ і процесів*. Подібне структурування навчального матеріалу прийнято в курсах фізики середньої школи та загальної фізики, тому даний підхід у курсі теоретичної фізики з обов'язковим підсумковим узагальненням знань на рівні сучасної фізичної картини світу для майбутніх учителів фізики повною мірою відповідає принципу фундаментальності й фахової спрямованості навчання. Окрім відомих дидактичних принципів навчання (науковості, систематичності й послідовності, наочності, системності, свідомості й творчої активності, зв'язку теорії з практикою тощо) основу викладання навчальної дисципліни “Теоретична фізика” в педагогічному університеті складають ряд ідей, які можна розглядати як конкретно-методичні (специфічні) принципи його побудови.

*Принцип цілісності й змістовної компактності.* Навчальний курс є логічно завершеним, містить основи фундаментальних фізичних теорій як класичної, так і сучасної фізики; рівень представлення навчального матеріалу з урахуванням специфіки майбутнього фаху студентів передбачає широке та змістовне повторення й узагальнення раніше вивченого матеріалу в процесі актуалізації опорних знань, встановлення логічних зв'язків у новому матеріалі; дозволяє розширювати та поглиблювати наявні знання з використанням математичного апарату фізичної науки.

*Принцип генералізації й циклічності.* Групування матеріалів дисципліни навколо фундаментальної фізичної теорії як основної дидактичної одиниці її змісту передбачає не тільки засвоєння студентами інваріантного ядра сучасної фізичної науки, але й формування наукового стилю мислення, оскільки теорія як провідна форма систематизації наукових знань містить “у згорнутому вигляді” основні етапи циклу як наукового, так і навчального пізнання, що реалізується у межах кожного змістового модулю дисципліни.



*Принцип взаємозв'язку й наступності.* Зміст навчального курсу враховує рівень базової та математичної підготовки студентів за результатами попереднього етапу навчання, зокрема вивчення ними курсу загальної фізики та дисциплін циклу природничо-математичної підготовки.

*Принцип варіативності.* Наявність у програмі двої рівнів вивчення матеріалу (інваріантного і варіативного) дозволяє реалізувати диференційований підхід у навчанні та передбачає обрання студентами індивідуальної освітньої траєкторії відповідно власним здібностям і пізнавальним можливостям.

*Принцип гуманітаризації,* що передбачає використання гуманітарного потенціалу фізичної науки, формування ціннісного відношення студентів до наукової спадщини, усвідомлення ними зв'язку фізики з розвитком суспільства, світоглядних, моральних, енергетичних та екологічних проблем.

Як діяльність наука-фізика реалізується у змісті навчального курсу через систему методологічних знань (знання про процес і методи пізнання); пізнавальну діяльність студентів відповідно з етапами й логікою наукового пошуку; прийоми навчання, що відповідають методам науки (наприклад, використання методу математичного моделювання для отримання нових знань, висунення та обґрунтування гіпотез, мисленевий експеримент). На перший план скрізь повинен висуватися ідейний та евристичний бік фундаментальної фізичної теорії, розкриватися механізм досліджуваного явища, надаватися фізична інтерпретація пропонованих математичних моделей і висновків теорії. Що стосується практичних задач курсу теоретичної фізики, то їх число обмежує самим необхідним. У процесі їх розв'язання необхідно аналізувати не тільки кінцевий результат і шляхи його досягнення, але й особливості розвитку особистості студента, його мислення, фахових якостей.

Модель навчальної дисципліни “Теоретична фізика” являє собою єдність змістового і процесуального компонентів (рис. 2.2, с.114). Перший включає в себе основні предметні знання, що становлять інваріантну частину курсу (емпіричний базис та ядро фундаментальних фізичних теорій, фізична картина світу), а також допоміжні знання (філософські, методологічні, історичні, прикладні та ін.), що органічно поєднані з попередніми та представляють її варіативну частину.

Процесуальний блок становлять методи, засоби і види пізнавальної діяльності студентів, а також організаційні форми навчання, адекватні цілям, змісту і характеру їх майбутньої фахової діяльності. Вважаємо, що подібний підхід є правомірним і практично доцільним, оскільки відповідає не лише курсу фізики загальноосвітньої школи (хоча й з певними корективами), але й, що особливо важливо, розробленій та реалізованій у практиці сучасного педагогічного університету моделі навчання курсу загальної фізики [171, 314]. Структурна відповідність теоретико-методичних засад навчання цих дисциплін, безумовно, сприятиме реалізації єдності, цілісності, взаємозв'язку й наступності системи фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики.



Рис. 2.2. Модель навчальної дисципліни “Теоретична фізика” в системі фахової підготовки вчителів фізики

*Основні системоутворювальні елементи дисципліни “Теоретична фізика”:*

1) загальнонаукові знання: філософські категорії і закони, методологічні знання; загальнонаукові поняття (природне явище, емпіричний факт, проблема, гіпотеза, модель, принцип, закон, теорія); фізична, природничо-наукова й загальнонаукова картини світу, технічні знання;

2) природничо-наукові знання: принципи причинності, відповідності, доповнюваності, симетрії; закони збереження, просторово-часові та корпускулярно-хвильові властивості матерії, еволюція Всесвіту, фундаментальні проблеми фізики;

3) фундаментальні фізичні знання: вирішальні експерименти у фізиці, основні фізичні явища, поняття, принципи, постулати, закони, теорії; фундаментальні фізичні взаємодії;

4) знання фахового спрямування, які забезпечують підготовку студентів до майбутньої професійної діяльності.

Вивчення дисципліни “Теоретична фізика” передбачає формування *системи гуманістичних цінностей і національно-патріотичне виховання студентів*, що, на нашу думку, найефективніше реалізується шляхом використання історико-наукового матеріалу, оскільки забезпечує такі можливості:

– знайомство студентів із зародженням та розвитком фундаментальних фізичних ідей, принципів, концепцій і теорій; усвідомлення ними факту безперервної еволюції матерії на всіх структурних рівнях її організації та у зв’язку з цим об’єктивного характеру, відносності і нескінченності процесу наукового пізнання, що загалом сприятиме формуванню цілісного світогляду, підвищенню їх загальнокультурного рівня;

– формування у студентів на історичних прикладах правильних уявлень про необхідність використання фундаментальних фізичних знань для практичної діяльності людства, про зв’язок наукових досліджень з соціальним прогресом суспільства, що сприяє становленню активної життєвої позиції, бажання працювати задля розвитку своєї держави;

– знайомство студентів з історією фізичних досліджень в Україні, життям і творчістю видатних вітчизняних фізиків і винахідників, що сприятиме морально-етичному вихованню студентів, формуванню почуття національної гідності й патріотизму, поваги до української культури і науки;

– формування особистісного ставлення до релігійних учень, містики, окультизму, парапсихології; правильної орієнтації в сучасному потоці лженаукової інформації, що має виняткове значення у підготовці майбутніх

учителів фізики, оскільки саме вони стануть згодом носіями й популяризаторами культури, ідеології науково-технічного прогресу, тлумачами й коментаторами уявлень про сучасну фізичну картину світу.

Використання елементів історизму в курсі теоретичної фізики має важливе професійно-педагогічне значення, оскільки сприятиме глибшому засвоєнню студентами самої фізики, підвищенню пізнавального інтересу, рівня та якості знань, вихованню національної самосвідомості, озброєнню історичним підходом до викладання фізики в загальноосвітніх навчальних закладах. Студенти повинні розуміти, що історико-науковий матеріал сповнений величезного філософського змісту, адже будь-який розвиток, як суспільний, так і науковий, завжди має діалектико-матеріалістичний характер. Під час викладання курсу теоретичної фізики слід звертати увагу студентів на досягнення української школи фізиків-теоретиків (О. Ахієзер, В. Бар'яхтар, М. Боголюбов, О. Галкін, О. Давидов, Д. Іваненко, А. Комар, Л. Кордиш, Л. Ландау, В. Лашкар'єв, Е. Ліфшиць, В. Локтев, В. Міліянчук, С. Пекар, К. Синельников, І. Юхновський та ін.). Доцільним також є ознайомлення студентів із станом сучасних наукових досліджень у різних галузях фізики та основними напрямками науково-дослідної діяльності Інституту теоретичної фізики ім. М. М. Боголюбова НАН України.

Зміст і структура модульної програми навчальної дисципліни “Теоретична фізика” забезпечують умови для самовизначення, самореалізації та самовдосконалення особистості студента. Зміст програми включає як фундаментальні фізичні знання, так і наукові проблеми, що забезпечує продуктивну навчально-пізнавальну й пошукову діяльність студентів, сприяє розвитку їх інтелектуальних і творчих здібностей, формуванню соціально-особистісних, загальнонаукових і спеціалізовано-професійних компетентностей. Модульна програма курсу містить перелік основної і додаткової літератури (загалом 155 найменувань), програмного забезпечення та Інтернет-ресурсів, методичні рекомендації щодо контролю успішності навчання студентів (форми, засоби діагностики, об'єкти та критерії оцінювання навчальних досягнень).

Під час створення модульної програми навчальної дисципліни “Теоретична фізика” для педагогічних університетів нами було проведено ретельний аналіз фізичного змісту навчального матеріалу, що дозволило на основі структурування елементів знань визначити й конкретизувати зміст науково-теоретичної і практично-діяльнісної складових фахової компетентності студентів у межах окремих змістових модулів (табл. 2.3 – 2.6). Представлені в такому вигляді узагальнення дозволяють відмежувати основний матеріал, що має фундаментальне, найбільш важливе професійно-педагогічне значення, від допоміжного та представити його як певну систему. Враховуючи високий рівень формалізації основних понять, законів і теорій курсу теоретичної фізики особливу увагу при формулюванні узагальнень приділено понятійному апарату (базовому компоненту наукового світогляду майбутніх педагогів), без якого наукове розуміння природи фізичних явищ і процесів неможливо. Зауважимо, що цим провідне освітнє завдання дисципліни не вичерпується, оскільки наведені елементи знань слід поєднати в систему, структура якої має відповідати вищій формі теоретичного узагальнення – фундаментальній фізичній теорії як складової сучасної фізичної картини світу. Студенти мають не лише усвідомлювати структуру і характер зв’язків між елементами кожної з теорій, але й навчитися застосовувати здобутті знання у вирішенні практичних завдань навчального курсу.

Таким чином, через формування у студентів системності й цілісності знань забезпечується їх дієвість на довготривалу перспективу, уміння швидко оволодівати новою інформацією. Крім того, оволодіння студентами науковим знанням в єдності його предметного та процесуального компонентів сприятиме засвоєнню певного підходу до процесу і результатів навчально-пізнавальної діяльності, що за умови цілеспрямованого й поетапного формування стане суб’єктивним надбанням, стилем їхнього мислення. З урахуванням специфіки майбутнього фаху студентів провідне місце у змісті навчального матеріалу віднесено світоглядному аспекту. Зрозуміло, що систематизація й узагальнення знань студентів повинні здійснюватися не лише після вивчення цілісних розділів курсу теоретичної фізики, але й їх окремих складових. Розглянемо коротко теоретичні й методичні засади реалізації пропонованої модульної програми узагальнення знань студентів з курсу теоретичної фізики.

Таблиця 2.3

## Модульна програма узагальнення знань з теоретичної фізики

Теми модуля	Навчальний матеріал модуля	Знання і уміння, які мають опанувати студенти	
		під керівництвом викладача	за результатами самостійної роботи
<b>МОДУЛЬ 1. КЛАСИЧНА МЕХАНІКА І ОСНОВИ МЕХАНІКИ СУЦІЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩ</b>			
<p>Теоретична фізика і фізична картина світу. Методологія фізики. Основні поняття і закони класичної механіки.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>основні об'єкти та моделі:</b> матеріальна точка, гармонічний осцилятор, математичний і фізичний маятники, абсолютно тверде тіло, суцільне середовище;</li> <li>• <b>основні поняття:</b> матерія, рух, простір, час, система відліку, радіус-вектор, секторна і кутова швидкості, кутове і коріолісове прискорення, ступені вільності абсолютно твердого тіла, миттєва вісь обертання; центр мас системи, елементарна та повна робота сили, потенціальне силове поле; потенціальна і кінетична енергії точки, системи точок;</li> <li>• <b>явища, ефекти:</b> механічний рух і взаємодія макроскопічних тіл, вільне падіння, невагомість, інерція;</li> <li>• <b>закони, принципи, теореми:</b> закони Ньютона; збереження імпульсу, моменту імпульсу та механічної енергії точки, системи; закон збереження моменту імпульсу твердого тіла; принципи відносності Галілея, незалежності дії сил, механістичного детермінізму Лапласа; теореми Даламбера-Ейлера, Пуансо, Кьоніга;</li> <li>• <b>рівняння, формули:</b> основні кінематичні рівняння руху матеріальної точки, формула Ейлера для розподілу лінійних швидкостей точок тіла, перетворення Галілея, рівняння Лагранжа I роду.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>пояснити:</b> предмет, завдання і значення класичної механіки для розвитку природничих наук, техніки й виробничих технологій; фізичний зміст перетворень Галілея та їх кінематичних наслідків, класифікацію рухів твердого тіла, розподіл лінійних швидкостей і прискорень обертального руху твердого тіла навколо нерухомої точки, загальні підходи до розв'язання двох основних задач динаміки точки, способи опису стану системи в класичній механіці; класифікацію та властивості діючих на систему сил; умови потенціальності стаціонарного силового поля, зв'язок законів збереження в класичній механіці з властивостями симетрії простору й часу;</li> <li>• <b>зобразити та аналізувати:</b> графіки залежності кінематичних величин механічного руху точки, системи точок з часом;</li> <li>• <b>моделювати:</b> механічний рух матеріальної точки, системи точок в ІСВ; обертальний рух твердого тіла, складний рух точки, рух невільної матеріальної точки, рух точки в полі центральних сил;</li> <li>• <b>визначати:</b> параметри механічного руху точки в проєкціях на вісі декартової і криволінійної систем координат; характеристики обертального руху твердого тіла; загальний вигляд рівнянь руху точки, системи точок згідно законів Ньютона.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• основне завдання кінематики, класифікація та способи вивчення механічного руху матеріальної точки (векторний, координатний, природний); гіроскоп, рухомий і нерухомий аксоїди; поняття про відносний, переносний і абсолютний рухи точки;</li> <li>• основне завдання динаміки; інерціальні системи відліку (ІСВ), маса, сила; фізичний зміст, наслідки та межі застосування законів Ньютона; інваріантність і коваріантність рівнянь руху точки із зміною ІСВ;</li> <li>• імпульс та моменту імпульсу точки, системи; ізольована система; зовнішня й внутрішня, консервативна та неконсервативна сили; теореми про траєкторії, швидкості та прискорення точок твердого тіла; про додавання швидкостей і прискорень; основні теореми про роботу сили; про рух центра мас, про зміну імпульсу, моменту імпульсу та кінетичної енергії точки, системи.</li> </ul>

<p>Основи аналітичної механіки. Малі коливання механічних систем. Основи динаміки абсолютно твердого тіла.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>основні поняття:</b> в'язі, віртуальне переміщення, узагальненні координати, швидкості та сили; фазовий простір, циклічні координати, функція дії; зведена маса, ефективний переріз, кут і траєкторія розсіяння, прицільна відстань; власна частота, нормальні координати і моди, комбінаційні частоти; сила Кориоліса; тензор моменту інерції, імпульс, момент імпульсу та кінетична енергія твердого тіла;</li> <li>• <b>явища, ефекти:</b> пружне розсіяння частинок; вільні, вимушені, затухаючі та нелінійні коливання, резонанс;</li> <li>• <b>закони, принципи, теореми:</b> закони Кеплера, всесвітнього тяжіння, збереження моменту імпульсу твердого тіла; принципи віртуальних переміщень, Даламбера, екстремальної дії, варіаційний Гамільтона-Остроградського, еквівалентності; теореми Нетер, Гюйгенса-Штейнера;</li> <li>• <b>рівняння, формули, фізичні константи:</b> Лагранжа і Гамільтона, перетворення Лежандра, дужки Пуассона; формула Резерфорда, диференціальні рівняння руху лінійного гармонічного осцилятора, затухаючих і вимушених коливань, плоского математичного маятника, точки в НІСВ; вікове рівняння, кінематичні та динамічні рівняння Ейлера твердого тіла; гравітаційна стала.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>пояснити:</b> симетрію функцій Лагранжа і Гамільтона та їх зв'язок із законами збереження; загальні властивості руху частинки в центрально-симетричному полі; сутність гравітаційної взаємодії; природу вільних і вимушених коливань системи з одним та багатьма ступенями вільності; механізм затухаючих коливань; рух точки в НІСВ; способи опису обертового руху твердого тіла навколо нерухомої точки за Ейлером і Лагранжем; загальний розв'язок системи кінематичних і динамічних рівнянь Ейлера;</li> <li>• <b>зображати та аналізувати:</b> векторну діаграму гармонічних коливань, фазову траєкторію гармонічного осцилятора, діаграми швидкостей та імпульсів пружного розсіяння частинок;</li> <li>• <b>моделювати:</b> рух частинки в центрально-симетричному полі, лінійного гармонічного осцилятора, маятника Фуко, дзиги з нерухомою точкою опори, плоско-паралельний рух твердого тіла;</li> <li>• <b>визначати та виводити:</b> загальний вигляд функцій Лагранжа й Гамільтона для різних класів механічних систем; виведення закону всесвітнього тяжіння із законів Кеплера; параметри пружного розсіяння частинок; характеристики вільних, вимушених і затухаючих коливань системи; кінематичні та динамічні характеристики обертового руху твердого тіла.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• дійсні, можливі та віртуальні переміщення точок системи; віртуальна робота, інваріантність рівнянь Лагранжа відносно точкових перетворень координат, теорема Ліувілля*, рівняння Гамільтона-Якобі*; виведення основного рівняння динаміки з принципу екстремальної дії;</li> <li>• задача Ньютона-Кеплера, гравітаційна стала та її значення у класичній механіці та астрономії; пружне розсіяння частинок на силовому центрі, постановка задачі та її розв'язання в лабораторній системі та системі центра мас;</li> <li>• умови виникнення малих коливань системи; диференціальні рівняння руху малих коливань системи з багатьма ступенями вільності, плоского математичного маятника, ізохронність коливань; коливання лінійних ланцюгів*, стоячі та біжучі хвилі*, акустичні та оптичні коливання*; нелінійні коливання та їх характеристики;</li> <li>• диференціальні рівняння руху в НІСВ*, маятник Фуко; момент інерції, імпульс, момент імпульсу та кінетична енергія твердого тіла.</li> </ul>
--	--	--	--

<p>Основні поняття механіки суцільного середовища. Теорія пружності. Основи спеціальної теорії відносності (СТВ).</p>	<p>• <b>основні поняття:</b> питомий Лагранжиан, функціональна похідна; тензори напружень і деформацій ізотропного пружного тіла, об'ємні та поверхневі сили; ідеальна та в'язка рідини, потенціальна течія, тензор в'язких напружень у рідині; інтервал між подіями, власний час і довжина, чотиривимірний простір Мінковського, чотиривимірні тензори, швидкість, імпульс і сила; релятивістська енергія;</p> <p>• <b>закони, постулати, теореми:</b> узагальнений Гаука; релятивістський додавання швидкостей, збереження в СТВ; принцип Гамільтона для суцільного середовища; постулати Ейнштейна; теорема Томсона про збереження циркуляції швидкості;</p> <p>• <b>рівняння, формули, фізичні константи:</b> рівняння Лагранжа для суцільного середовища, Ламе, хвильове, нерозривності, Бернуллі, Ейлера для ідеальної рідини, Нав'є-Стокса; формули Пуазейля і Стокса, перетворення Лоренца, формула Ейнштейна про взаємозв'язок маси та енергії; швидкість світла.</p>	<p>• <b>пояснити:</b> способи завдання руху суцільного середовища за Ейлером і Лагранжем; умови стійкості деформацій, механізм поширення звуку в ізотропному пружному середовищі; відбиття й заломлення звукових хвиль на межі двох середовищ; загальні способи опису руху рідин і газів, механізм поширення звуку в ідеальній рідині; фізичний зміст постулатів Ейнштейна в СТВ, перетворень Лоренца та їх кінематичних наслідків; інваріантність інтервалу між подіями, фундаментальність взаємозв'язку маси та енергії, фізичний зміст єдності простору й часу в сучасній фізиці;</p> <p>• <b>зображати та аналізувати:</b> графік залежності деформації розтягу ізотропного пружного тіла від механічного напруження;</p> <p>• <b>моделювати:</b> рух фізично нескінченної малої частинки, ідеальної та в'язкої рідини;</p> <p>• <b>визначати та виводити:</b> характеристики пружних хвиль в ізотропному твердому тілі, основні характеристики руху ідеальної та в'язкої рідини; кінематичні та динамічні характеристики релятивістського руху матеріальної точки.</p>	<p>• гіпотези суцільності й неперервності середовища, перехід від лагранжевих змінних до ейлеревих, кінематика й динаміка фізично нескінченної малої частинки, система рівнянь механіки суцільного середовища; коефіцієнти лінійного та об'ємного розширення, поздовжня й поперечна швидкості звуку в твердому тілі;</p> <p>• інтеграл Коші-Бернуллі, ефект Магнуса*, число Рейнольдса, ламінарна й турбулентна течії, подібність гідрогазодинамічних процесів*;</p> <p>• експериментальне обґрунтування СТВ, класифікація інтервалів і причинно-наслідкових зв'язків між подіями, перетворення Лоренца як обертання системи координат у просторі Мінковського.</p>
---	--	---	---

Вивчення курсу теоретичної фізики в педагогічному університеті розпочинається з висвітлення філософських і методологічних питань, що мають важливе значення у формуванні наукового світогляду студентів і визначають загальну стратегічну спрямованість всього навчально-виховного процесу. Такий підхід не випадковий, оскільки у подальшому це дозволяє студентам глибше зрозуміти сутність ключових



понять (матерія і рух, простір і час, речовина і поле), усвідомити їх зміст впродовж усього навчального курсу, сформулювати уявлення про структуру фізичної теорії, специфіку методів наукового пізнання і методології як матеріалістичної діалектики, єдність фундаментальних знань і навчального курсу в цілому. Відповідно до змісту цього розділу курсу теоретичної фізики студенти мають навчитися робити узагальнення і висновки філософського та методологічного характеру про:

- *матеріальну єдність світу* (простір, час і рух як спосіб існування матерії; невичерпне різноманіття та єдність структурних рівнів матерії; закон збереження повної механічної енергії як приклад нестворюваності і незнищуваності матерії; зв'язок законів збереження класичної механіки з властивостями симетрії простору й часу та їх роль у пізнанні природних явищ тощо);

- *пізнаванність світу* (відкриття законів і закономірностей механічного руху та взаємодії макроскопічних тіл, механічних коливань різної природи, визначення швидкості світла у рухомих середовищах; встановлення та експериментальне підтвердження законів класичної механіки, всесвітнього тяжіння, принципів і наслідків спеціальної теорії відносності, відсутності світлового ефіру тощо);

- *взаємозв'язок і взаємозумовленість явищ* (механічний рух як результат взаємодії тіл; перебіг різних видів механічних явищ та їх енергетичні перетворення; універсальність гравітаційної взаємодії як однієї з фундаментальних фізичних взаємодій, інваріантність просторово-часового інтервалу тощо);

- *діалектико-матеріалістичний характер, відносність і невичерпність процесу пізнання матерії* (становлення й розвиток механістичної картини світу, дослідження природи засобами природничих наук; справедливість принципів збереження, відносності, причинності, відповідності та симетрії у фізиці; закономірності механічних явищ і процесів та їх практичне застосування).

Узагальнюючим теоретичним поняттям цього розділу прийнята модель матеріальної точки, з якою пов'язують диференціальні рівняння руху у певній системі відліку. Відбір і врахування останньої повинно увійти до звички студента, виключаючи таким чином можливі помилки у визначенні її кінематичних характеристик у конкретних випадках. З урахуванням базових знань студентів теоретичні узагальнення дозволяють отримати загальні співвідношення і теореми,

справедливі для кінематики і динаміки матеріальної точки. До ключових питань першого блоку модулю можна віднести такі: фізичний зміст перетворень Галілея та їх кінематичних наслідків, закономірності обертального руху твердого тіла навколо нерухомої точки, загальні підходи до розв'язання двох основних задач динаміки точки, способи опису стану системи в класичній механіці, класифікація та властивості діючих на систему сил, умова потенціальності стаціонарного силового поля, зв'язок законів збереження в класичній механіці з властивостями симетрії простору й часу. Особливої уваги потребує вироблення у студентів алгоритму розв'язування типових задач з динаміки матеріальної точки сталої маси на основі законів механіки Ньютона і рівняння Лагранжа першого роду. Суттєвим є з'ясування початкових умов, оскільки рівняння руху є диференціальними другого порядку і для однозначного визначення руху точки до них потрібні додаткові дані, що визначають значення двох векторних або шести числових сталих.

У темі “Загальні теореми динаміки і закони збереження” важливим є розкриття сутності й ролі законів збереження імпульсу, енергії, моменту імпульсу. Слід підкреслити їх фундаментальне наукове і філософське значення, що є свідченням нестворюваності і незнищуваності енергії і руху та їх зв'язку з властивостями симетрії простору і часу.

Навчальний матеріал другого блоку модулю містить основи аналітичної механіки, яка традиційно вивчає найбільш загальні аналітичні методи складання і розв'язання задач механіки вільних і невільних систем матеріальних точок і твердих тіл. Основу аналітичної механіки складають три групи положень, на що повинна бути звернена увага студентів: 1) варіаційні принципи (формують найбільш загальні закономірності механіки); 2) диференціальні рівняння руху системи матеріальних точок (є наслідками варіаційних принципів); 3) загальні методи інтегрування диференціальних рівнянь динаміки. Студенти мають навчитися безпомилково складати рівняння динаміки та засвоїти способи їх вирішення, що можливо лише за умови поетапного самостійного розв'язування різноманітних задач, належної допомоги й контролю з боку викладача. Слід наголосити на універсальності та евристичній силі лагранжевого і гамільтонового формалізмів, що виявилася згодом

ефективною в математичних моделях фізики ХХ ст., особливо під час створення загальної теорії відносності, квантової механіки, атомної фізики.

Вивчення студентами основ механіки суцільного середовища, що складає зміст третього блоку модулю, потребує з'ясування сутності модельних уявлень Лагранжа, Ейлера і Гамільтона та розв'язання системи відповідних рівнянь. Опис механічного руху рідини і газу і руху системи точок принципово різняться, що важливо підкреслити у пропедевтичних цілях для формування теорії поля. При цьому використовують два підходи. Перший передбачає вивчення руху кожної частинки рідини із завданням її положення і швидкості у кожний момент часу. Інший використовує поле матеріальних точок, для якого можна вказати величини і напрямки швидкостей різних частинок рідини у різні моменти часу. За другого випадку опису кінематичного руху в просторі отримуємо миттєву картину розподілу швидкостей рідини – поле швидкостей. Уводиться поняття лінії струму як геометричної лінії, дотична до якої вказує напрямки швидкості частинки рідини у певній точці. На основі такого підходу проводять класифікацію руху рідини: стаціонарний (коли поле швидкостей і відповідні йому лінії струму не змінюються з часом) і нестаціонарне. Такий підхід дає можливість описувати рух в координатних рівняннях: за стаціонарного швидкості залежить лише від координат, за нестаціонарного – від координат і часу. Розгляд стаціонарної течії ідеальної рідини в полі консервативних сил, наприклад у полі сили тяжіння, приводить до відомого рівняння Бернуллі.

Включення до змісту цього модулю основ спеціальної теорії відносності зумовлено всім розвитком сучасної фізики, пронизаної ідеями релятивізму. Цю тему умовно можна поділити на кінематику і динаміку СТВ. Перша передбачає усвідомлення студентами передумов її виникнення, з'ясування фізичного змісту постулатів Ейнштейна, перетворень Лоренца та їх кінематичних наслідків, інваріантності інтервалу між подіями, релятивістського закону додавання швидкостей, фундаментального висновку про єдність простору й часу, специфіки чотиривимірного простору Мінковського та відповідних характеристик руху частинки. До ключових питань динаміки СТВ можна віднести: релятивістське коваріантне узагальнення другого закону динаміки Ньютона, фундаментальний

взаємозв'язок маси та енергії, закони збереження в СТВ та їх зв'язок з властивостями симетрії чотиривимірного простору. Серед наведених останнє питання має надзвичайне важливе значення, оскільки свідчить про однорідність єдиного просторово-часового світу, його симетричність.

Таблиця 2.4

### Модульна програма узагальнення знань з теоретичної фізики

Теми модуля	Навчальний матеріал модуля	Знання і уміння, які мають опанувати студенти	
		під керівництвом викладача	за результатами самостійної роботи
<b>МОДУЛЬ 2. ЕЛЕКТРОДИНАМІКА</b>			
Експериментальні основи класичної електродинаміки. Система рівнянь Максвелла. Стационарне електромагнітне поле у вакуумі.	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>основні об'єкти та моделі:</b> точковий і неперервно розподілений електричні заряди, електричний і магнітний диполі, рамка зі струмом, е/м поле, е/м хвиля;</li> <li><b>основні поняття:</b> електричне поле, діелектрична проникність середовища, напруженість і потенціал електростатичного поля; магнітне поле, магнітна проникність середовища, індукція і потенціал магнітного поля; ЕРС індукції, магнітний потік, індуктивність, струм зміщення; імпульс і густина імпульсу, енергія та густина енергії е/м поля; вектор Умова-Пойтінга;</li> <li><b>явища, ефекти, досліди:</b> електризація тіл, електроліз; теплова, магнітна та хімічна дії електроструму; явище е/м індукції, самоіндукції та взаємної індукції; досліди Міллікена, Іоффе, Томсона, Кулона, Мандельштама і Папалексі, Толмена і Стюарта, Ома, Джоуля, Ерстеда, Ампера, Фарадея, Роуланда і Ейхенвальда;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>пояснити:</b> предмет, завдання і методи класичної та релятивістської електродинаміки, механізм електризації та взаємодію наелектризованих тіл, природу електричного струму в різних середовищах, взаємодію елементів струму, дію електричного і магнітного полів на рухомий заряд, фізичний зміст системи рівнянь Максвелла для е/м поля у вакуумі в інтегральній і диференціальній формах;</li> <li><b>зобразити та аналізувати:</b> силові лінії та еквіпотенціальні поверхні електростатичного поля точкових і об'ємно розподілених зарядів, диполя; температурну залежність електропровідності й опору провідника, схематично електричні кола, магнітне поле системи рухомих зарядів і струмів; напрямок вектора магнітної індукції поля елемента струму, сил Ампера і Лоренца, індукційного струму, струму самоіндукції;</li> <li><b>моделювати:</b> поля електростатичні точкових та об'ємно розподілених зарядів, диполя;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>закони збереження електричного заряду, Кулона; точковий, елементарний, питомий заряди; гіпотеза про кварки*, теоретичне обчислення елементарного заряду з об'єданого закону Фарадея для електролізу (праці Стонея)*; термоелектричні явища; досліди Араго, Вебера, Деві, Неймана*;</li> <li>потенціальні та вихрові силові поля; геометричний і фізичний зміст диференціальних операторів векторного поля (градієнт, дивергенція, ротор); силові лінії та еквіпотенціальні поверхні поля; сила та густина електричного струму, ЕРС джерела струму, опір провідника, густина теплової потужності; закони</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>закони, принципи, теореми:</b> Ампера, Біо-Савара-Лапласа, е/м індукції Фарадея, повного струму, збереження імпульсу, моменту імпульсу та енергії в замкненій системі “частинки – е/м поле”; принцип суперпозиції; правило Ленца; теорема Остроградського-Гаусса;</li> <li>• <b>рівняння, фізичні константи:</b> система рівнянь Максвелла для е/м поля у вакуумі в інтегральній і диференціальній формах; елементарний заряд, швидкість світла.</li> </ul>	<p>магнітне поле системи рухомих зарядів і струмів;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>визначати:</b> за принципом суперпозиції характеристики електричного й магнітного полів системи зарядів і струмів; параметри електричних кіл постійного струму, напруженість магнітного поля прямого та колового струмів за законом Біо-Савара-Лапласа, за законом повного струму, магнітне поле соленоїда і тороїда, ЕРС індукції та самоіндукції, індуктивність контуру; імпульс, енергію та густину енергії е/м поля.</li> </ul>	<p>Ома і Джоуля-Ленца в інтегральній і диференціальній формах, обґрунтування основних положень теорії е/м поля Максвелла у працях українських учених П.О.Зілова та М.М.Шіллера*;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• будова, принцип дії і галузі застосування джерел електричного струму, термоелектричних генераторів, трансформаторів.</li> </ul>
<p>Випромінювання та поширення електромагнітних хвиль. Релятивістська електродинаміка. Електромагнітне поле в середовищі.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>основні поняття:</b> фазова і групова швидкості, хвильовий фронт, потенціали Ліенара-Віхерта, потужність випромінювання осцилюючого диполя; чотиривимірні вектор густини струму, градієнт і потенціал е/м поля; тензор та інваріанти е/м поля; вектор і тензор поляризованості речовини, локальне поле, діелектрична і магнітна сприйнятливості речовини; струми провідності, поляризації й намагнічення;</li> <li>• <b>явища, ефекти:</b> явища випромінювання та поширення е/м хвиль; діамагнітний ефект;</li> <li>• <b>закони, принципи:</b> закон збереження заряду в коваріантній формі, емпіричний закон Кюрі для парамагнетиків; принцип причинності, відносності;</li> <li>• <b>рівняння, формули:</b> хвильове, плоскої і сферичної е/м хвиль, Даламбера для скалярного</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>пояснити:</b> зв'язок між змінними в часі вихровими електричним і магнітним полями; фізичний зміст потенціалів, що запізнюються; механізм випромінювання е/м хвиль гармонічним осцилятором; явище виникнення об'ємної густини заряду в рухомому провіднику зі струмом та взаємодію струму і рухомої зарядженої частинки з елементарних релятивістських уявлень; релятивістську коваріантність рівнянь Максвелла, відносний характер електричного і магнітного полів;</li> <li>• <b>зображати та аналізувати:</b> просторову залежність потужності випромінювання осцилюючого диполя; температурні залежності сприйнятливості магнітної парамагнетиків і діелектричної речовини, криву намагнічування феромагнетиків;</li> <li>• <b>моделювати:</b> у суцільному середовищі випромінювання і поширення е/м хвиль;</li> <li>• <b>визначати:</b> характеристики плоскої і сферичної е/м хвиль,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• хвильове рівняння та його загальний розв'язок, основні характеристики та властивості е/м хвиль різного діапазону; труднощі планетарної моделі атома Резерфорда в класичній електродинаміці*, ефект Доплера в електродинаміці та його технічне застосування*;</li> <li>• механізм поляризації полярних, неполярних і йонних діелектриків у зовнішньому електричному полі; прецесія електронних орбіт, частота Лармора*; магнітний гістерезис, точка Кюрі для феромагнетиків, магнітом'які та магнітожорсткі феромагнітні матеріали та їх технічне використання*;</li> </ul>

	і векторного потенціалів; система рівнянь Максвелла в тензорній формі, матеріальні рівняння; формула Ланжевена.	потужність випромінювання осцилюючого диполя; характеристики е/м поля на межі двох середовищ; енергію та густину енергії е/м поля в середовищі.	дослідження українського вченого Л.В.Шубнікова магнітних властивостей речовини*.
Елементи електростатики. Магнітостатика. Елементи загальної теорії відносності (ЗТВ).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>основні поняття:</b> дипольний момент системи зарядів, енергія та густина енергії електростатичного поля; магнітний момент системи рухомих зарядів і струмів; квазістаціонарне е/м поле, густина змінного струму, струми Фуко; імпульс, маса та потік енергії е/м поля; інертна і важка маси тіла, тензор кривизни простору й часу в ЗТВ;</li> <li>• <b>явища, ефекти, досліди:</b> дисперсія, інтерференція, дифракція і поляризація е/м хвиль; радіометричний і скін-ефекти; досліди Герца, Лебедева;</li> <li>• <b>рівняння, формули:</b> Пуассона для скалярного і векторного потенціалів поля системи зарядів і струмів; система рівнянь Максвелла для квазістаціонарного е/м поля, матеріальні рівняння в рухомому середовищі; формула Гріна.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>пояснити:</b> властивості стаціонарних електричного і магнітного полів системи зарядів і струмів у дипольному наближенні; сутність скін-ефекту, механізм випромінювання Вавілова-Черенкова; дисперсію та поглинання е/м хвиль у середовищі; еквівалентність інертної та важкої мас тіла; гравітації та геометрії простору;</li> <li>• <b>зображати та аналізувати:</b> інтерференційну і дифракційну картини е/м хвиль;</li> <li>• <b>моделювати:</b> рухи провідника в магнітному полі, зарядженої частинки у схрещених електричному та магнітному полях;</li> <li>• <b>визначати:</b> за теоремами про потік і циркуляцію напруженостей найпростіші стаціонарні електричні і магнітні поля, характеристики електричного і магнітного полів системи зарядів і струмів у дипольному наближенні, параметри е/м хвиль у суцільному та рухомому середовищах.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• джерела та характеристики електростатичного і стаціонарного магнітного полів, електричний і магнітний диполі та їх характеристики; загальний розв'язок рівнянь Пуассона для скалярного і векторного потенціалів поля системи зарядів і струмів; взаємодія електричних і магнітних диполів*;</li> <li>• умови квазістаціонарності е/м поля; природа виникнення змінної ЕРС в замкнутому колі, урахування скін-ефекту у колах змінного струму надвисоких частот; основи голографії, метод товстошарових емульсій Ю.М.Денисюка*; експериментальне обґрунтування ЗТВ.</li> </ul>

Відповідно до змісту цього розділу курсу теоретичної фізики студенти мають навчитися робити узагальнення і висновки філософського та методологічного характеру про:

– *матеріальну єдність світу* (електричне і магнітне поля як особливі види матерії; матеріальність носіїв електричного заряду; закон збереження енергії в замкненій системі “частинки – електромагнітне поле” як приклад нестворюваності і незнищуваності матерії, матеріальність світла тощо);

– *пізнаванність світу* (встановлення дискретності електричного заряду та закону їх взаємодії, з'ясування механізмів електропровідності у різних середовищах; відкриття електромагнітної індукції; відкриття та експериментальне підтвердження електромагнітних хвиль, дослідження фізичної природи світла, властивостей електромагнітних хвиль різного діапазону, магнітних властивостей речовини, визначення швидкості світла тощо);

– *взаємозв'язок і взаємозумовленість явищ* (явище електромагнітної індукції; зв'язок між електричним і магнітними полями; перебіг електромагнітних явищ та їх енергетичні перетворення; інваріантність швидкості світла; універсальність електромагнітної взаємодії як однієї з фундаментальних взаємодій тощо);

– *діалектико-матеріалістичний характер, відносність і невичерпність процесу пізнання матерії* (становлення й розвиток електромагнітної картини світу; використання різних джерел енергії та її перетворення в енергію електричного струму, справедливості принципів причинності, відносності, збереження, відповідності та симетрії у фізиці; закономірності електромагнітних явищ і процесів та їх практичне застосування).

Одним з найважливіших питань викладання класичної електродинаміки є формування уявлень про електричний заряд, електричне, магнітне, а згодом й електромагнітне поля. Оскільки органи почуттів людини не дають прямої інформації про існування поля, особлива увага студентів під час розгляду першого блоку питань змістового модулю повинна бути звернена експериментальному обґрунтуванню електродинаміки, що надає інформацію про електричні заряди, електромагнітне поле та їх властивості. При цьому слід проаналізувати історичний матеріал, характер подання цієї інформації в шкільному курсі фізики, результати класичних дослідів з використанням відповідних ілюстрацій. З урахуванням рівня базових знань студентів з курсу загальної фізики ряд питань доцільно надати для самостійного опрацювання, зокрема: з'ясування фундаментального характеру закону збереження електричного заряду, принципу суперпозиції полів, механізмів електризації та взаємодії наелектризованих тіл, природи електричного струму в різних середовищах, взаємодії елементів струму, дії електричного і магнітного полів на рухомий заряд.

Заключним етапом у вивченні класичної електродинаміки виступає систематизація і теоретичне узагальнення широкого кола емпіричних фактів про електромагнітні явища у вигляді системи рівнянь Максвелла для електромагнітного поля у вакуумі в інтегральній і диференціальній формах, що пов'язує характеристики поля з розподілом зарядів і струмів у просторі та їх зміною з часом. Фундаментальний характер зазначених рівнянь у сучасній науці зумовлює розв'язання надзвичайно важливого педагогічного завдання – усвідомлення майбутніми педагогами їх фізичного змісту та широкого практичного застосування. Останнє коротко можна звести до таких положень: навколо струму провідності та змінного електричного поля завжди існує вихрове магнітне поле, змінне магнітне поле породжує вихрове електричне, будь-яке магнітне поле є вихровим і тому потік ліній магнітної індукції крізь замкнену поверхню дорівнює нулю (або інакше, положення про відсутність у природі магнітних зарядів), частковий випадок існування потенціального електростатичного поля (потік ліній індукції поля крізь замкнену поверхню дорівнює заряду, який вона охоплює). У підсумку слід підкреслити, що найважливішим наслідком рівнянь Максвелла стало передбачення ним електромагнітних хвиль та електромагнітної природи світла.

Навчальний матеріал другого блоку модулю передбачає усвідомлення студентами механізму випромінювання й поширення електромагнітних хвиль, основ релятивістської електродинаміки, властивостей електромагнітного поля в середовищі. Особлива увага має бути звернена розгляду ключових питань теми, а саме: зв'язок між змінними в часі вихровими електричним і магнітним полями; фізичний зміст потенціалів, що запізнюються; механізм випромінювання е/м хвиль гармонічним осцилятором; явище виникнення об'ємної густини заряду в провіднику зі струмом, що рухається та взаємодію струму і рухомої зарядженої частинки з елементарних релятивістських уявлень; релятивістську коваріантність рівнянь Максвелла, відносний характер електричного і магнітного полів. Успішному засвоєнню студентами основ електростатики і магнітостатики сприятиме актуалізація опорних знань про джерела та основні характеристики електростатичного та стаціонарного магнітного полів, властивості цих полів у дипольному наближенні.



Важливого значення при цьому має розв'язування практичних задач на застосування відомих теорем про потік і циркуляцію напруженостей до розрахунку найпростіших стаціонарних електричних і магнітних полів.

Теоретичні узагальнення щодо гравітаційної взаємодії тіл, що рухаються з швидкостями близькими до швидкості світла, забезпечують усвідомлення студентами основ загальної теорії відносності. Послідовний аналіз сутності міркувань Ейнштейна про модернізацію принципів СТВ на неінерціальні системи відліку та гравітаційні поля сприятиме розкриттю фізичного змісту фундаментального положення, з якого виходить більшість висновків ЗТВ – принципу еквівалентності. Важливого значення у формуванні наукового світогляду студентів матиме усвідомлення головного висновку ЗТВ про те, що наш світ не є евклідовим, геометрія його простору-часу визначається станом рухомої матерії. Іншими словами, простір, час, матерія та її рух органічно пов'язані між собою, що загалом свідчить про якісно новий рівень наукового пізнання властивостей навколишнього світу.

Таблиця 2.5

### Модульна програма узагальнення знань з теоретичної фізики

Теми модуля	Навчальний матеріал модуля	Знання і уміння, які мають опанувати студенти	
		під керівництвом викладача	за результатами самостійної роботи
<b>МОДУЛЬ 3. КВАНТОВА МЕХАНІКА</b>			
Експериментальні і теоретичні основи квантової механіки. Математичний апарат квантової механіки. Лінійний гармонійний осцилятор.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>основні об'єкти та моделі:</b> абсолютно чорне й сіре тіла, лінійний гармонічний осцилятор, атом Резерфорда-Бора, ідеальний кристал;</li> <li>• <b>основні поняття:</b> квант світла (фотон), хвилі де Бройля, хвильова функція, хвильовий пакет, ермітові і комутуючі оператори фізичних величин, матриця густини, простір гільбертовий функціональний, потенціальні яма і бар'єр, коефіцієнти проходження й відбиття;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>пояснити:</b> предмет, завдання і методи квантової механіки; фізичний зміст корпускулярно-хвильового дуалізму світла, хвиль де Бройля, хвильової функції; алгебраїчні дії з квантово-механічними операторами, властивості власних функцій і власних значень ермітових операторів; зображення станів квантових систем за Шредингером і Гейзенбергом; поведінку частинки в одновимірній прямокутній потенціальній ямі з безмежно високими стінками, проходження частинки крізь потенціальний бар'єр;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• проблема абсолютно чорного тіла та гіпотеза Планка, явище і закони фотоэффекту, співвідношення невизначеностей Гейзенберга; парадокси квантової механіки: із котом Шредингера, де Бройля, Ейнштейна-Подольського-Розена*; власні функції і власні значення операторів фізичних величин, середні значення та ймовірності</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>явища, ефекти, досліди:</b> рівноважне теплове випромінювання, фотоефект, дифракція електронів, ефекти Комптона, тунельний; досліди Резерфорда, Франка і Герца, Штерна-Герлаха, Девіссона і Джермера;</li> <li>• <b>закони, принципи, теореми:</b> закони збереження ймовірності, збереження енергії та імпульсу в квантовій механіці; принцип відповідності, квантово-механічний принцип суперпозиції, причинності, теорема Еренфеста;</li> <li>• <b>рівняння, формули, фізичні константи:</b> рівняння Шредінгера, неперервності; формула Планка, квантові дужки Пуассона; швидкість світла, стала Планка.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>зображати та аналізувати:</b> графіки власних функцій, густини ймовірності та схеми енергетичних рівнів для частинки, що перебуває в одномірній прямокутній потенціальній ямі з безмежно високими стінками та лінійного гармонічного осцилятора;</li> <li>• <b>моделювати:</b> потенціальний бар'єр для електрона в металі;</li> <li>• <b>визначати:</b> середні значення координати та імпульсу вільної частинки; власні функції та густину ймовірності перебування частинки в одномірній прямокутній потенціальній ямі з безмежно високими стінками; коефіцієнти проходження та відбиття частинки крізь прямокутний потенціальний бар'єр; власні функції лінійного гармонічного осцилятора.</li> </ul>	<p>дозволені значень фізичних величин,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• умови одночасного вимірювання фізичних величин у квантовій механіці, повний набір спостережуваних; властивості стаціонарних станів; парадоксальність тунельного ефекту; атомна мікроскопія: електронний проектор; автоемісійний, скануючий електронний, скануючий тунельний, атомно-силовий мікроскопі*;</li> <li>• задача гармонічного осцилятора в хвильовому та операторному підходах.</li> </ul>
<p>Рух частинки в центрально-симетричному полі. Теорія збурень. Атоми та молекули.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>основні поняття:</b> центрально-симетричне поле; власний механічний і магнітний моменти електрона; спіні; оператори спіну; спінові хвильові функції; головне, орбітальне, магнітне і спінове квантові числа; повний магнітний момент атома; множник Ланде; рівень і температура Фермі; збурення; ферміони та бозони; обмінна енергія; спектральні лінії атома;</li> <li>• <b>явища, методи, досліди:</b> надпровідність і надплинність, спонтанне та індуковане випромінювання; метод Хартрі-Фока;</li> <li>• <b>закони, принципи, правила:</b> закономірності</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>пояснити:</b> загальні властивості руху частинки в полі центральних сил; енергетичний спектр і хвильові функції електрона в атомі водню, фізичний зміст квантових чисел і розподіл електронів за оболонками атома; ймовірність квантових переходів під дією зовнішнього нестационарного збурення; якісно теорію атома гелію, механізм розщеплення спектральних ліній атома в зовнішніх полях;</li> <li>• <b>зображати та аналізувати:</b> енергетичні рівні та спектральні серії атома водню; схеми розташування енергетичних зон твердих тіл та їх поділ на провідники, напівпровідники й діелектрики, індукованого випромінювання квантового</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• власні функції та власні значення операторів моменту імпульсу й проекції моменту імпульсу в полі центральних сил; оператори спіну, спінові хвильові функції;</li> <li>• дискретність енергетичного спектру електронів у кристалах, вироджений і невироджений електронний газ у кристалах, феноменологічні теорії надпровідності Бардіна-Купера-Шріфера та Ландау-Гінзбурга*; внесок українського вченого</li> </ul>

	<p>випромінювання та поглинання світла атомом; принципи тотожності частинок, Паулі, варіаційний для стаціонарних станів у теорії збурень; правила відбору для випромінювання й поглинання світла атомом;</p> <p>• <b>рівняння, формули:</b> Шредінгера радіальне; співвідношення перестановчі, невизначенностей Гейзенберга для енергії й часу; формула Бальмера.</p>	<p>оптичного генератора; розщеплення енергетичних рівнів атома водню в зовнішньому електричному полі;</p> <p>• <b>моделювати:</b> рух частинки в полі центральних сил, рух електрона в періодичному полі кристала; квантові переходи та спектральні серії атома водню;</p> <p>• <b>визначати:</b> енергію квантових переходів і спектральні серії атома водню; електронну конфігурацію атомів періодичної системи елементів; енергію і температуру Фермі.</p>	<p>М.М.Боголюбова у розробленні мікроскопічної теорії надпровідності*;</p> <p>• квантовий оптичний генератор; тотожні частинки; симетричні та антисиметричні стани; класифікація станів електрона в атомі, періодична система елементів, адіабатичне наближення; ефекти Штарка, Зеємана, Пашена-Бака*.</p>
<p>Взаємодія атома з електромагнітним полем. Теорія розсіювання. Релятивістська квантова механіка.</p>	<p>• <b>основні поняття:</b> час життя збуджених станів атома, природна ширина спектральних ліній випромінювання, червона межа фотоефекту, затримуючий потенціал; амплітуда та диференціальний переріз розсіювання, парціальні хвилі, частинки й античастинки; матриці Дірака;</p> <p>• <b>явища, методи:</b> дисперсія світла, пружне розсіювання, спин-орбітальна взаємодія; метод парціальних хвиль у теорії розсіювання;</p> <p>• <b>рівняння, формули:</b> хвильове релятивістське рівняння Клейна-Гордона-Фока; рівняння Дірака; рівняння Паулі; формула Планка.</p>	<p>• <b>пояснити:</b> основи квантової теорії випромінювання й поглинання, дисперсії світла; фізичний зміст електричного дипольного випромінювання, розсіювання електронів на атомі, класифікацію елементарних частинок, межі застосування квантової теорії;</p> <p>• <b>зображати та аналізувати:</b> розсіювання частинки зі зведеною масою на силовому центрі; енергетичний спектр релятивістської частинки; тонку і надтонку структури енергетичних рівнів атома водню;</p> <p>• <b>моделювати:</b> вільний рух релятивістської частинки;</p> <p>• <b>визначати:</b> показник заломлення; коефіцієнт поглинання світла, параметри вільного руху релятивістської частинки.</p>	<p>• квантування вільного е/м поля, ефект Казимира*;</p> <p>теорія фотоефекту, фотони;</p> <p>• Борнівське наближення у теорії розсіювання, основи теорії непружного розсіювання*;</p> <p>• момент імпульсу частинки в теорії Дірака; загальні характеристики та принцип дії прискорювачів заряджених частинок (лінійний резонансний прискорювач, циклотрон, електронний синхротрон, протонний синхрофазотрон, колайдер, бетатрон)*.</p>

Відповідно до змісту цього розділу курсу теоретичної фізики студенти мають навчитися робити узагальнення і висновки філософського та методологічного характеру про:

– *матеріальну єдність світу* (універсальність елементарних частинок та їх взаємоперетворень; принципів атомізму, збереження, дуалізму, невизначеностей, симетрії; єдність корпускулярно-хвильових властивостей матерії тощо);

– *пізнаванність світу* (дослідження властивостей рівноважного теплового випромінювання, експериментальне підтвердження гіпотези Планка і дискретності енергетичного спектру електронів атома, встановлення законів фотоефекту, дослідне встановлення моделі атома та протонно-нейтронної моделі будови ядра атома, дискретності процесів випромінювання та поглинання світла атомом; відкриття елементарних частинок та закономірностей їх взаємоперетворень тощо);

– *взаємозв'язок і взаємозумовленість явищ* (обумовленість властивостей макроскопічних тіл рухом мікрочастинок, з яких вони складаються; корпускулярно-хвильовий дуалізм матерії як єдність протилежностей, принцип відповідності, перебіг квантово-механічних явищ та їх енергетичні перетворення; інваріантність швидкості світла, універсальність слабкої та сильної взаємодій як одних з фундаментальних взаємодій природи, різноманітність форм і видів матерії як взаємозв'язок і взаємоперетворення речовини і фізичних полів тощо);

– *діалектико-матеріалістичний характер, відносність і невичерпність процесу пізнання матерії* (становлення й розвиток квантово-польової картини світу; справедливість принципів атомізму, збереження, відносності, причинності, дуалізму, невизначеностей, доповнюваності, відповідності та симетрії у фізиці; закономірності квантово-механічних явищ і процесів та їх практичне застосування; безперервний процес еволюції матерії на всіх структурних рівнях та Всесвіту в цілому).

Навчальний матеріал першого блоку модулю передбачає усвідомлення студентами експериментальних і теоретичних основ квантової механіки, закладаючи, таким чином, надійну базу для успішного опанування наступної інформації цього розділу. Послідовний аналіз фундаментальних ідей, принципів та відомих дослідів з урахуванням характеру викладання відповідної інформації в шкільному підручнику фізики має сформулювати важливе теоретичне узагальнення про обмеженість методів класичної фізики у поясненні явищ мікросвіту та необхідності використання квантових уявлень. Студенти мають усвідомити важливий висновок про

принципову відмінність дослідження квантових систем від класичних, яка полягає в тому, що статистика, немінуча під час дослідження систем з великим числом ступенів вільності, тут накладається на статистику, яка притаманна об'єктам мікросвіту через специфічний, квантовий характер їх руху. У квантовій фізиці немає місця законам, які керують змінами індивідуального об'єкту з часом. Замість цього ми маємо закони, які керують змінами ймовірності з часом.

Після вивчення зазначених питань важливим є аналіз кількісних співвідношень між хвильовими і корпускулярними характеристиками квантових явищ. З цією метою можна використати оптичну аналогію квантових ефектів, що мала місце на перших етапах становлення квантової теорії, наприклад, розглянути дифракційну картину від однієї щілини монохроматичного світла і констатувати, що квадрат амплітуди світлової хвилі визначає ймовірність потрапляння фотону до елементарного об'єму простору. У подальшому це полегшить розуміння студентами фізичного змісту хвиль де Бройля, хвильової функції і рівняння Шредінгера – основного рівняння квантової механіки. Вивчення останнього відбувається з використанням квантово-механічних лінійних операторів у гільбертовому функціональному просторі, що сприятиме, таким чином, розширенню й поглибленню знань студентів, оволодінню основами сучасного математичного апарату квантової механіки. Встановлення загальних властивостей одномірного руху мікрочастинки є логічним продовженням теми, що передбачає аналіз студентами типових для мікросвіту фізичних ситуацій: поведінки мікрочастинки в одновимірній прямокутній потенціальній ямі з безмежно високими стінками, проходження частинки крізь потенціальний бар'єр. Безумовно, засвоєння студентами теоретичних матеріалів буде найефективнішим тільки разом із розв'язанням відповідних задач навчального курсу.

Навчальний матеріал другого блоку модулю пов'язаний з формуванням у студентів уявлень про загальні властивості руху частинки в полі центральних сил; енергетичний спектр і хвильові функції електрона в атомі водню, фізичний зміст квантових чисел і розподіл електронів за оболонками атома, ймовірність квантових переходів під дією зовнішнього нестационарного збурення, механізм розщеплення

спектральних ліній атома в зовнішніх полях. Успішному засвоєнню студентами відповідної інформації сприятиме використання у навчанні міжпредметних зв'язків фізики з філософією, хімією, циклом математичних дисциплін.

Навчальний матеріал третього блоку змістового модулю передбачає усвідомлення студентами квантового характеру процесів випромінювання й поглинання, а також дисперсії світла; з'ясування фізичного змісту електричного дипольного випромінювання, розсіяння електронів на атомі, класифікації елементарних частинок, меж застосування квантової теорії, досягнень і проблем сучасної квантової фізики. Важливим у методологічному відношенні є розуміння студентами фундаментальної зміни під впливом квантових уявлень загальної структури теоретичного знання, його абстрактних моделей і способу опису фізичних явищ, що сприяло становленню нового, неklasичного типу наукової раціональності й стилю мислення. У формуванні наукового світогляду майбутніх педагогів суттєвим є усвідомлення відповідних висновків квантової механіки: вивчення явищ мікросвіту показало, що навколишній світ не є простою сумою її складових частин; макро- і мікросвіт тісно пов'язані; усі грані в природі рухливі, умовні, відносні і виражають різні ступені наближення нашого розуму до пізнання матерії; відмінність між речовиною і полем носить відносний характер – вона виправдана тільки для макроскопічних явищ і майже повністю втрачає свій сенс для мікропроцесів. Визначальними тут стають матеріальна єдність і спільність властивостей структурних елементів речовини й поля.

Таблиця 2.6

### Модульна програма узагальнення знань з теоретичної фізики

Теми модуля	Навчальний матеріал модуля	Знання і уміння, які мають опанувати студенти	
		під керівництвом викладача	за результатами самостійної роботи
<b>МОДУЛЬ 4. ТЕРМОДИНАМІКА І СТАТИСТИЧНА ФІЗИКА</b>			
Основні поняття, закони та методи термодинаміки. Умови рівноваги і стійкості термодинамічних систем. Фазові переходи і критичні явища.	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>основні об'єкти та моделі:</b> термодинамічна система, ідеальний газ, ідеальний тепловий двигун, ізольована система, ідеальна рідина, абсолютно тверде та абсолютно чорне тіла;</li> <li><b>основні поняття:</b> т/д</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>пояснити:</b> властивості та способи опису т/д систем; сутність поняття ентропії та її аналогію з внутрішньою енергією системи; неможливість досягнення абсолютного нуля температур; необґрунтованість гіпотези про “теплову смерть</li> </ul>	інтенсивні та екстенсивні параметри стану т/д системи; температурні шкали; рівноважні та нерівноважні процеси; робота і теплота як міри зміни внутрішньої енергії

	<p>рівновага, абсолютна температура, внутрішня енергія, теплоємність, ККД теплового двигуна, ентропія, т/д потенціали, температура інверсії, гомогенна й гетерогенна системи, фаза, хімічний потенціал, компонента, критична і потрійна точки;</p> <p>• <b>явища, ефекти, методи:</b> агрегатні перетворення речовини, фазові переходи і критичні явища; методи циклів, т/д потенціалів, якобіанів; ефект Джоуля-Томсона;</p> <p>• <b>закони, принципи, постулати, теореми:</b> емпіричні газові закони, закони термодинаміки (постулати Клаузіуса і Кельвіна, зростання ентропії, теореми Карно і Нернста); принцип Ле Шательє-Брауна;</p> <p>• <b>рівняння, фізичні константи:</b> стану термічне й калоричне, Пуассона, Майєра, Гіббса-Гельмгольца, відповідних станів, Клапейрона-Клаузіуса; нерівність та інтеграл Клаузіуса; стала Авогадро, Больцмана, універсальна газова стала.</p>	<p>Всесвіту”; загальні умови рівноваги і стійкості т/д систем; властивості речовини в критичному стані; механізми агрегатних перетворень речовини, фазових переходів I і II роду;</p> <p>• <b>зображати та аналізувати:</b> графіки ізопроцесів на діаграмах <math>(T, S)</math>, <math>(p, S)</math>, <math>(V, S)</math>; цикл Карно; криву рівноваги фаз; діаграми стану речовини;</p> <p>• <b>моделювати:</b> характер руху та взаємодію молекул речовини в різних агрегатних станах на основі МКТ будови речовини; принцип дії ідеального теплового двигуна;</p> <p>• <b>визначати:</b> параметри т/д системи у стані рівноваги; внутрішню енергію, роботу, ентропію, теплоємність, показник політропи ідеального газу для ізопроцесів; ККД циклів; співвідношення між похідними т/д потенціалів; критичні параметри стану речовини; параметри фазових переходів; кількість компонентів, фаз і т/д ступенів вільності гетерогенної рівноважної системи за правилом фаз Гіббса.</p>	<p>системи; адіабатний і політропний процеси; наслідки з другого закону термодинаміки (основна т/д рівність-нерівність, максимальна робота процесів, абсолютна шкала температур, негентропія, фізичний зміст оборотності та необоротності); неможливість створення вічних двигунів I, II й III роду; ентропія змішування і парадокс Гіббса*; співвідношення Максвелла, Еренфеста; т/д коефіцієнти та їх зв'язки;</p> <p>• методи зрідження реальних газів та одержання низьких температур; праці українських учених (М.Авенаріуса, І.Пулюя, М.Шіллера, Л.Шубнікова та ін.) у галузі термодинаміки, теорії фазових переходів і критичних явищ*.</p>
<p>Основні поняття і принципи статистичної фізики. Розподіли Гіббса. Принцип Больцмана.</p>	<p><b>основні поняття:</b> статистична вага та ймовірність стану макросистеми; густина ймовірності; матриця густини; фазовий простір і траєкторія; час релаксації, статистичний ансамбль Гіббса; статистична рівновага; статистичний сума та інтеграл; великий т/д потенціал; ступені вільності молекули;</p>	<p><b>пояснити:</b> предмет і метод статистичної фізики; сутність ергодичної гіпотези, теореми Ліувілля та її наслідків, статистичних розподілів Гіббса і т/д зміст їх параметрів; класичних теорій теплоємності ідеального газу і твердого тіла, рівноважного е/м випромінювання; статистичний зміст законів термодинаміки та межі їх застосування;</p>	<p>• функція розподілу ймовірностей значень випадкової величини та умова її нормування; середнє значення, дисперсія та відносна флуктуація випадкової величини; функція статистичного розподілу у фазовому просторі; макроскопічні величини як середні значення за станами;</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>методи, досліді:</b> метод фазових ансамблів Гіббса; досліді Штерна, Ламмерта;</li> <li>• <b>закони, принципи, постулати, теореми:</b> Дюлонга-Пті; принципи інваріантності ймовірності, рівноймовірності мікростанів макросистеми; теореми додавання та множення ймовірностей, про відносну флуктуацію адитивної величини, Ліувілля, про рівнорозподіл енергії за ступенями вільності молекули та віріал;</li> <li>• <b>рівняння, розподіли:</b> рівняння Гамільтона, Ліувілля; розподіл Максвелла-Больцмана; статистичні розподіли Гіббса; формули барометрична, Релея-Джінса, Больцмана.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>зображати та аналізувати:</b> фазову траєкторію лінійного гармонічного осцилятора; графіки функції розподілу ймовірностей значень випадкової величини, статистичних розподілів Гіббса, Максвелла-Больцмана, температурні залежності теплоємності двохатомного ідеального газу і твердого тіла;</li> <li>• <b>моделювати:</b> поведінку макросистем різного ступеня ізольованості залежно від зовнішніх умов; рух молекул ідеального газу за розподілом Максвелла-Больцмана;</li> <li>• <b>визначати:</b> ймовірність і флуктуацію випадкових подій і величин; інтеграл статистичний ідеального газу, т/д параметри макросистеми за канонічним розподілом.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• характерні швидкості руху молекул ідеального газу за розподілом Максвелла; концентрація молекул газу в полі тяжіння за розподілом Больцмана; експериментальне підтвердження розподілу Максвелла-Больцмана;</li> <li>• виведення з умови нормування канонічного розподілу рівняння стану, рівняння Гіббса-Гельмгольца та об'єданого виразу першого й другого законів термодинаміки.</li> </ul>
<p>Статистичні теорії ідеальних і неідеальних систем. Теорія флуктуацій. Елементи теорії нерівноважних систем.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>основні поняття:</b> ідеальні фермі- і бозе-гази; критерій виродження газу, енергія і рівень Фермі; квантовий осцилятор і ротатор, характеристичні температури; фонони, потенціал Леннарда-Джонса, самоузгоджене поле, дебаївський радіус екранування; флуктуація; середня довжина вільного пробігу, ефективні переріз і діаметр молекули, інтеграл зіткнень, вакуум; дисипативні структури, синергетика, динамічний хаос, фундаментальні фізичні взаємодії;</li> <li>• <b>явища, ефекти, методи, досліді:</b> явища бозе-конденсації, надплинності та надпровідності,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>пояснити:</b> особливості застосування статистичного методу до квантових систем, сутність методу квазікласичного наближення, критерію виродження газу, властивості квантових бозе-тафермі-газівзанижких температур; фізичний зміст явищ бозе-конденсації, надплинності й надпровідності; властивості електронного газу в металі, сутність квантових теорій теплоємності ідеального газу і твердого тіла, рівноважного е/м випромінювання, молекулярного розсіяння світла; принципи самоорганізації відкритих нерівноважних систем; структуру сучасної фізичної картини світу, сутність фундаментальних фізичних</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• термодинамічні потенціали та рівняння стану квантового газу; розрахунок теплоємності твердих тіл за низьких температур;</li> <li>• статистична сума та середня енергія квантових осцилятора й ротатора, виведення з формули Планка основних експериментальних законів рівноважного електромагнітного випромінювання (Стефана-Больцмана, Релея-Джінса, Віна);</li> <li>• розрахунок флуктуацій основних термодинамічних величин (об'єму, густини, температури,</li> </ul>



	<p>молекулярного розсіяння світла, критичної опалесценції, переносу, молекулярна ефузія газів; броунівський рух; досліди Перена; методи отримання вакууму; ефект Бенара;</p> <p>• <b>закони, принципи, теореми:</b> Фур'є, Фіка, відповідних станів, діючих мас; принцип нерозрізненості тотожних частинок; Н-теорема Больцмана;</p> <p>• <b>рівняння, формули:</b> стану квантового газу, виродженого бозе- і фермі-газу, фотонного газу; ланцюжок рівнянь Боголюбова; рівняння Фоккера-Планка; співвідношення Онзагера; формули Планка для спектральної густини енергії випромінювання, Ейнштейна-Смолуховського.</p>	<p>взаємодій і великого об'єднання;</p> <p>• <b>зображати та аналізувати:</b> графіки функцій розподілу числа частинок бозе- та фермі-газів за енергетичними станами;</p> <p>• <b>моделювати:</b> поведінку бозе- та фермі-газів за низьких температур; рух молекули двохатомного газу як одночасно незалежних квантових осцилятора і ротатора; рух броунівської частинки за формулою Ейнштейна-Смолуховського;</p> <p>• <b>виводити та визначати:</b> розподіли Фермі-Дірака і Бозе-Ейнштейна з великого канонічного розподілу, параметри стану бозе- та фермі-газів, межу чутливості вимірювальних приладів, на основі лінеаризованого рівняння Больцмана у наближенні розраховувати кінетичні коефіцієнти металів.</p>	<p>ентропії й тиску) за допомогою канонічного розподілу Гіббса, дифузія як броунівський процес;</p> <p>• механізм явищ переносу; виведення рівнянь Фіка, Фур'є, внутрішнього тертя явищ переносу; методи отримання і властивості вакууму; кінетичне рівняння Больцмана та його наслідки; потоки і діючі сили, густина потоків і характерні коефіцієнти явищ переносу; дослідження явищ переносу українськими вченими (М.Авенаріус, І.Пулюй, М.Умов, Ф.Шведов)*.</p>
--	---	---	---

Відповідно до змісту цього розділу курсу теоретичної фізики студенти мають навчитися робити узагальнення філософського та методологічного характеру про:

– *матеріальну єдність світу* (тепловий рух як особлива форма руху матерії, універсальність першого закону термодинаміки (закону збереження енергії) для теплових процесів, можливість перебування речовини в різних агрегатних станах і відмінність значень відповідних параметрів як ілюстрація різноманітності, якісної своєрідності та зв'язку форм існування матерії тощо);

– *пізнаванність світу* (експериментальне підтвердження існування атомів і молекул, розподілу Максвелла-Больцмана; встановлення основних газових законів молекулярно-кінетичної теорії, дослідження природи необоротності теплових явищ та будова теплових двигунів, властивостей речовини в критичному стані; встановлення статистичного змісту законів термодинаміки та меж їх застосування, загальних умов рівноваги і стійкості термодинамічних систем,

механізмів агрегатних перетворень речовини, фазових переходів I і II роду, відкриття явищ надпровідності й надплинності тощо);

– *взаємозв'язок і взаємозумовленість явищ* (перебіг теплових явищ і процесів та їх енергетичні перетворення, залежність фізичних властивостей речовини від взаємного розміщення, характеру руху і взаємодії молекул; залежність інтенсивності руху молекул речовини та взаємодії між ними від температури, зовнішнього впливу, об'єктивний характер і взаємозв'язок динамічних і статистичних фізичних закономірностей тощо);

– *діалектико-матеріалістичний характер, відносність і невичерпність процесу пізнання матерії* (становлення й розвиток феноменологічної термодинаміки та молекулярно-кінетичної теорії будови речовини, справедливості принципів атомізму, відносності, збереження, причинності, відповідності та симетрії у фізиці; закономірності теплових явищ і процесів та їх практичне застосування, створення об'єктів з наперед заданими властивостями, відкритість і нелінійність як рухома сила еволюції й самоорганізації матерії, безперервний процес еволюції матерії на всіх структурних рівнях та Всесвіту в цілому).

Успішне засвоєння студентами основних положень цього розділу курсу теоретичної фізики значною мірою визначається чітким розумінням сутності термодинамічного і статистичного методів дослідження макроскопічних систем. Термодинаміка не цікавиться внутрішньою структурою досліджуваних систем, характером руху та взаємодії частинок, завдяки чому її висновки справедливі для всіх систем незалежно від їх конкретної структури. Подібно до того, як теоретична механіка є розвитком основних законів Ньютона, так і феноменологічна термодинаміка є розвитком трьох основних законів (принципів), які становлять досить широкі узагальнення дослідних фактів. Отже, термодинамічний метод вивчення макрооб'єктів суто макроскопічний.

Статистичний метод є, навпаки, мікроскопічний. У ньому безпосередньо розглядається молекулярна будова макрооб'єктів і закономірності зумовлених нею мікропроцесів. Статистична фізика досліджує явища, які є результатом сукупної дії величезної кількості структурних одиниць (молекул, атомів тощо).

Такі явища підлягають законам великих чисел або законам статистики, чим і зумовлюється його назва. Виходячи з певних загальних гіпотез про механізм цих внутрішніх явищ, статистичний метод приводить до теоретичного обґрунтування основних законів термодинаміки та забезпечує їх поглиблений аналіз. Зазначені вище підходи не суперечать один одному: закони термодинаміки можна встановити за допомогою методів статистичної фізики. Очевидно, що статистичний метод є більш глибоким та одночасно більш наочним, у той час як феноменологічний метод внаслідок нехтування внутрішніх процесів відзначається певною абстрактністю.

Враховуючи той факт, що певна частина питань термодинаміки студентам знайома з курсу загальної фізики головне педагогічне завдання полягає у такому поданні навчального матеріалу, що сприятиме розширенню, поглибленню, систематизації та узагальненню відповідних знань, зокрема: усвідомленню сутності і меж застосування основних теоретичних моделей; методу циклів, термодинамічних потенціалів і якобіанів; доведення термічного і калоричного рівнянь стану т/д системи, побудова графіків ізопроцесів на діаграмах  $(T,S)$ ,  $(p,S)$ ,  $(V,S)$ ; уточнення фізичного змісту ентропії та її аналогії з внутрішньою енергією системи, встановлення загальних умов рівноваги і стійкості т/д систем, властивостей речовини в критичному стані, механізмів агрегатних перетворень речовини, фазових переходів I і II роду.

Особливе місце у змісті навчального матеріалу займає висвітлення питань, що стосуються статистичного обґрунтування і меж застосування законів термодинаміки. Студенти мають розуміти, що після фундаментального відкриття Л. Больцмана статистичне трактування останніх стали пов'язувати з поняттям ентропії: 1) ентропія системи є однозначною функцією її стану; 2) ентропія замкненої системи не може зменшуватись: вона або зростає, якщо в системі відбуваються необоротні процеси, або залишається сталою, якщо система перебуває в рівновазі і всі процеси в ній є оборотними ( $dS \geq 0$ ); 3) ентропія багатьох рівноважних систем за  $T \rightarrow 0\text{K}$  перестає залежати від усіх термодинамічних параметрів і на межі абсолютного нуля наближається гранично до деякого сталого значення, яке можна прийняти за нуль:

$\lim_{T \rightarrow 0} S = k \ln \Omega(E_{\min}) = 0$ . Під час встановлення фізичної сутності законів статистичної термодинаміки дуже важливим є аналіз їх наслідків. Усі зазначені фізичні поняття, теоретичні положення і залежності слід засвоїти шляхом послідовного розв'язування конкретних і різноманітних задач.

Дослідження статистичних закономірностей в системах, що складаються з величезної кількості частинок відбувається за допомогою математичного апарату теорії ймовірностей. Останнє зумовлює під час вивчення другого блоку змістового модулю дисципліни необхідність актуалізації відповідних опорних знань студентів у межах, необхідних для подальшого оволодіння основами статистичної фізики. Студенти мають усвідомлювати, що саме велика кількість частинок приводить до появи нових закономірностей поведінки таких систем – статистичних законів, які мають імовірнісний характер, принципово не зводяться до динамічних законів і втрачають сенс при переході до систем з малим числом частинок. Основане завдання статистичної теорії при цьому зводиться, по суті, до встановлення зв'язку між властивостями окремих частинок і параметрами стану системи, що забезпечує, таким чином, можливість її експериментальної перевірки.

Хаотичний рух частинок та їх взаємодія між собою і зовнішнім середовищем призводить до того, що як окремі динамічні характеристики, так і макропараметри системи в кожний момент часу мають випадкові значення. Тому для розв'язання основного завдання статистичної теорії вводять функцію розподілу ймовірностей за відповідними станами і в подальшому, на основі фізично обґрунтованих припущень, встановлюють явний вигляд цієї функції для різного класу макроскопічних систем.

У статистичній фізиці рух макросистеми описують канонічними рівняннями Гамільтона та зображують у фазовому просторі сукупністю відповідних точок. Незважаючи на те, що за означенням такий простір є багатовимірним і доволі абстрактним поняттям, студенти мають усвідомлювати, що він немає нічого спільного з реальним фізичним простором і виступає лише зручною геометричною схемою, яка дозволяє формулювати багато положень статистичної теорії більш образною геометричною мовою, що й було використано одним з її засновників –

американським фізиком Дж. Гіббсом. Так, зокрема, ретельний аналіз теореми Ліувілля про збереження фазового об'єму з урахуванням поняття фазового ансамблю та гіпотези Больцмана про рівнорозподіл мікроскопічних станів системи дозволило йому отримати важливий висновок про те, що всі можливі функції розподілу ймовірностей системи за її мікростанами можна замінити єдиним розподілом – за енергією. Саме цей результат і дав можливість Дж. Гіббсу встановити відомі статистичні розподіли, які сьогодні широко використовують під час дослідження багатьох питань класичної і квантової статистики. На наш погляд, не можна задовольнятися лише математичним доведенням зазначених розподілів, оскільки з них під час аналізу можна одержати надзвичайно важливі висновки, зокрема про те, що за відомим статистичним інтегралом можна знайти ряд термодинамічних параметрів, що дозволяє, таким чином, перекинути своєрідний місток між термодинамічним і статистичним описом властивостей макросистем.

Встановлення загального вигляду одного з перших у науці статистичних розподілів Максвелла-Больцмана за допомогою класичного канонічного розподілу Гіббса, як правило, не викликає у студентів труднощів. Підвищенню рівня та якості засвоєння навчального матеріалу при цьому сприятиме аналітичне дослідження відповідних функцій розподілу, самостійне виконання завдань щодо розрахунку характерних швидкостей руху молекул ідеального газу, встановлення з урахуванням принципу інваріантності ймовірності розподілу ймовірностей для значень відносної швидкості, імпульсу та енергії частинки, з'ясування сутності дослідів Річардсона, Штерна, Комптона, Ельдіджа, Ламмерта, Перена щодо експериментального підтвердження зазначених розподілів.

З'ясування фізичного змісту одного з найфундаментальніших понять сучасної науки – ентропії – потребує особливої уваги, оскільки за її зміною визначають можливість реалізації того чи іншого процесу. Ретельний аналіз студентами сутності міркувань Клаузіуса і Больцмана сприятиме виявленню її термодинамічного й статистичного змісту. При цьому слід вчасно корегувати можливі хибні уявлення про те, що, оскільки ентропія – єдина відома функція стану системи, яка однозначно збільшується з часом, її можна вважати своєрідним показником напрямку часу від

минулого до майбутнього. Студенти мають усвідомлювати, що не час є похідним від окремої фізичної характеристики системи – ентропії, а, навпаки, зростання ентропії є похідним щодо змін матерії в часі. Розгляд теорем про рівнорозподіл кінетичної енергії за ступенями вільності молекули і віріал сприятиме усвідомленню студентам сутності й недоліків класичних теорій теплоємності ідеального газу і твердого тіла, а також рівноважного електромагнітного випромінювання.

Навчальний матеріал третього блоку змістового модулю дисципліни передбачає висвітлення основ статистичних теорій ідеальних і неідеальних систем, флуктуацій і нерівноважних систем. Зауважимо, що успішне засвоєння студентами зазначеного матеріалу забезпечується чітким математичним доведенням і ретельним аналізом відповідно: квантових розподілів Бозе-Ейнштейна і Фермі-Дірака, двох лем Гіббса, формули Ейнштейна-Смолуховського, кінетичного рівняння Боголюбова, Н-теорема Больцмана. До таких можна віднести: з'ясування фізичного змісту критерію виродження газу, властивостей квантових бозе- та фермі-газів за низьких температур, електронного газу в металі, явищ бозе-конденсації, надплинності й надпровідності; сутності квантових теорій теплоємності ідеального газу і твердого тіла, рівноважного електромагнітного випромінювання; явищ критичної опалесценції та молекулярного розсіяння світла, переносу, молекулярної ефузії газів, броунівського руху; розрахунок флуктуацій основних термодинамічних величин за допомогою канонічного розподілу Гіббса, встановлення загальних принципів самоорганізації відкритих нерівноважних систем та ін.

У курсі теоретичної фізики розділ “Термодинаміка і статистична фізика” останній, що зумовлює необхідність на завершальному етапі навчання систематизації та узагальнення знань студентів щодо структури сучасної фізичної картини світу, сутності фундаментальних фізичних взаємодій як сполучних ланок фізичних теорій і великого об'єднання. Останнє у фаховій підготовці вчителя фізики є надзвичайно важливим, оскільки не лише сприяє актуалізації опорних знань з основ фундаментальних фізичних теорій, але й розумінню єдності та системності фундаментальних фізичних знань і курсу теоретичної фізики в цілому.

### 2.3. Психолого-педагогічні аспекти навчання теоретичної фізики

Аналіз тенденцій розвитку сучасної педагогічної освіти та системи фахової підготовки вчителів фізики в Україні з одного боку вказує на її гуманістичні засади, створення належних умов для формування і всебічного розвитку особистості майбутнього фахівця на основі суб'єкт-суб'єктних відносин, а з іншого, посилення уваги до рівня та якості їх фахової підготовки. Нова філософія вищої педагогічної освіти обумовлює створення принципово нових кваліфікаційних характеристик і методичних систем підготовки майбутніх учителів фізики, які базувалися б на органічному поєднанні принципів фундаменталізації, полікультурності й прогностичності, наступності й безперервності, гнучкості й варіативності навчання на основі особистісно зорієнтованого, діяльнісного і компетентнісного підходів, запровадженні освітніх інновацій, нових інформаційних технологій навчання, моніторингу якості результатів навчально-виховного процесу [1], [10], [15], [42], [213].

Тільки активна пізнавальна позиція студента у навчальному процесі здатна забезпечити досягнення прогнозованих освітніх цілей. У зв'язку з цим головне завдання курсу теоретичної фізики полягає у переведенні відповідних навчальних матеріалів на рівень особистісного досвіду студентів, формуванні ціннісного відношення до знань через розкриття сутності фундаментальних наукових теорій, фізичної картини світу, враховуючи психічний розвиток, пізнавальні можливості та інтереси кожного з них. Важливими при цьому є не знання самі по собі, а стиль мислення, культура мови та дії тих, хто навчаються.

У підготовці майбутніх учителів фізики психолого-педагогічні чинники відіграють визначальну роль, адже загальновідомо, що ефективність і результативність будь-якої діяльності взагалі й навчально-виховного процесу зокрема безпосередньо залежить від індивідуальних якостей особистості (сприймання, увага, пам'ять, уява, мислення, потреби, мотиви, емоції, воля, темперамент тощо). Без урахування психологічних закономірностей мислення та індивідуальних особливостей пізнавальної діяльності студентів педагогічна діяльність сучасного викладача не може бути ефективною.

Останнє є особливо актуальним у процесі навчання теоретичної фізики, що завершує фундаментальну підготовку майбутніх учителів фізики в педагогічному університеті. Традиційно цей курс студенти засвоюють важко, що пов'язано з високим рівнем формалізації основних понять, законів і теорій та відповідним рівнем математичного апарату. Існуюча суперечність між фронтальними формами навчання та індивідуальним способом засвоєння знань (темпом навчально-пізнавальної діяльності) разом із тенденцією до зменшення обсягу аудиторних годин та зміщення акцентів навчального навантаження студентів у бік самостійної роботи створюють певні перешкоди на шляху якісного засвоєння ними основних питань курсу. Досвід свідчить, що майже половина студентів має труднощі у засвоєнні навчального матеріалу, під час самостійного застосування набутих знань у поясненні фізичних явищ і процесів, розв'язанні задач. Частина з них потребує постійної психологічної підтримки, диференціації вимог до рівня засвоєння програмного матеріалу. Відсутність такої підтримки суттєво впливає на рівень мотивації та пізнавального інтересу студентів, призводить до дискомфорту, байдужості, а іноді й негативного ставлення до навчального процесу. Пізнавальна діяльність таких студентів потребує психологічної корекції у напрямку формування стійкого інтересу до обраного фаху та впевненості у власних силах. У зв'язку з цим знання психолого-педагогічних проблем, які виникають у студентів у навчанні теоретичної фізики та пошук шляхів їх розв'язання має принципове значення. Нижче наведено інформацію, що відображає узагальнення автором власного педагогічного досвіду розв'язання зазначених питань.

Концептуальні науково-методичні засади організації процесу навчання й виховання закладалися під впливом гуманістичних ідей вітчизняних педагогів А. Макаренка, М. Пірогова, Г. Сковороди, В. Сухомлинського, К. Ушинського та ін. Психолого-педагогічні аспекти навчально-виховного процесу у вищій школі та шляхи їх реалізації в системі фахової підготовки майбутніх фахівців досліджували А. Алексюк, Г. Балл, В. Безпалько, В. Бондар, Л. Виготський, П. Гальперін, В. Давидов, І. Зязюн, Г. Костюк, О. Леонт'єв, В. Мадзігон, Н. Ничкало, І. Підласий, С. Рубінштейн, Н. Тализіна, О. Тихоміров, М. Ярмаченко та ін. Завдяки проведеним



дослідженням сучасна теорія і практика навчання збагатилася такими психолого-педагогічними концепціями: *асоціативно-рефлекторна* (І. Сеченов, І. Павлов, Д. Богоявленський, Є. Кабанова-Меллер, Н. Менчинська); *розвивального навчання* (Л. Виготський, Л. Занков, О. Леонт'єв); *поетапного формування розумових дій* (П. Гальперін, Н. Талізїна); *змістового узагальнення* В. Давидова – Д. Ельконїна; *розвитку творчої особистості в процесі діяльності* (Б. Анан'єв, Г. Балл, Г. Костюк, С. Рубінштейн, Б. Теплов); *функціональних систем* П. Анохіна. Різні аспекти становлення й розвитку учня/студента як цілісної особистості вивчалися відомими психологами за напрямками: Б. Анан'єв, Л. Виготський (закономірності функціонування особистості як цілісної системи з певною психологічною структурою); О. Леонт'єв, С. Рубінштейн (спрямованість особистості, предметна діяльність); П. Гальперін, В. Давидов, Г. Костюк (психологія мислення та розумові дії); А. Алексюк, М. Левітов (характер як феномен особистості); О. Запорожець, В. Чудновський (психологічний механізм сприймання); Є. Клімов, В. Мерлін, Б. Теплов (здібності й темперамент як провідні риси особистості).

Так, зокрема, у працях Б. Анан'єва і Г. Балла доведено, що всі психічні процеси людини опосередковуються діяльністю, а будь-який її акт є формою прояву його активності, має спонукальні причини і спрямований на досягнення певних результатів. За О. Леонт'євим, кожному віковому етапу психічного розвитку властива своя провідна діяльність, у якій задовольняються актуальні потреби, формуються характерні риси свідомості й самосвідомості, індивідуальні якості особистості (мотиваційні, пізнавальні, цілеутворювальні, операційні, емоційні, вольові). Розвиток особистості, на думку Г. Костюка, – це безперервний і послідовний процес, що виявляється у кількісних і якісних змінах; він здійснюється як “саморух”, якому властива єдність зовнішніх і внутрішніх умов [180]. Зовнішні умови визначаються природним і суспільним середовищем, необхідним для існування індивіда, його життєдіяльності, навчання, праці, розвитку. На думку П. Гальперїна, зовнішні умови впливають на процес психічного розвитку людини через внутрішні, суб'єктивні зміни й перетворення, що визначають у подальшому характер її мислення і діяльності [95]. Механізмом засвоєння суспільного досвіду є

*інтеріоризація* (перенесення зовнішніх практичних дій у внутрішні розумові дії), завдяки чому формується здатність до оперування об'єктами в образах, думках, їхнього перетворення, продукування нових об'єктів. Згідно поглядів Л. Виготського і С. Рубінштейна, одночасно з інтеріоризацією відбувається й протилежний процес – *екстеріоризація*, за допомогою якого здійснюється об'єктивізація внутрішнього, його перехід у зовнішній план діяльності. Таким чином, розвиток особистості студента можна представити як зростаючу за масштабами і рівнем інтеграцію – утворення психологічних підструктур та їх синтезом, що поступово ускладнюється. З іншого боку, відбувається паралельний процес зростаючої диференціації психічних функцій (розвиток, ускладнення, “розгалуження” психічних процесів, станів, властивостей) [296, с. 56].

Особливостям фахової підготовки майбутніх учителів фізики та психолого-педагогічним аспектам організації навчально-виховного процесу з фізики у вищій школі присвячені дослідження П. Атаманчука, Л. Благодаренко, І. Богданова, О. Бугайова, С. Величка, С. Гончаренка, О. Іваницького, А. Касперського, О. Ляшенка, М. Мартинюка, О. Мороза, А. Павленка, Ю. Пасічника, В. Савченка, М. Садового, О. Сергєєва, В. Сергієнка, В. Сиротюка, Б. Суся, І. Тичини, В. Шарко, М. Шута та ін. За результатами наукових досліджень встановлено, що успіх будь-якої діяльності, у тому числі й навчально-виховного процесу в першу чергу залежить від рівня інтелектуального розвитку суб'єктів навчання. При цьому по-справжньому усвідомлюється лише той навчальний матеріал, який є предметом активних дій. Взаємозв'язок між інтелектуальними здібностями, психічними процесами і діяльністю студентів діалектичний: ефективно включення в будь-яку діяльність вимагає мобілізації внутрішніх зусиль, певного рівня здібностей до цієї діяльності, яка в свою чергу визначальним чином впливає на психічний розвиток, формування інтелектуальних і творчих здібностей.

Видатний фізик А. Ейнштейн стверджував, що “вміє вчити той, хто вчить цікаво”. Саме пізнавальний інтерес – найдієвіший мотив і стимул до навчання. Під його впливом розвиваються інтелектуальна активність, сприйняття, вольові якості, підвищуються увага, зосередженість, що загалом сприяє глибині й

міцності знань. Безумовно, рівень фундаментальної фахової підготовки викладача при цьому має вирішальне значення. Засвоєння наукових знань, як відомо, процес суб'єктивний, багатогранний і неоднозначний. Згідно діяльнісного підходу у психології, психіка людини нерозривно пов'язана з її діяльністю і нею зумовлена. Високих освітніх результатів студент може досягнути тільки особистою участю у конкретній навчальній діяльності, психологічна структура якої за проф. О. Леонтьєвим має такий вигляд:  $\text{ціль} \rightarrow \text{мотив} \rightarrow \text{зміст} \rightarrow \text{предметна дія} \rightarrow \text{уміння} \rightarrow \text{результати}$  [51, с. 4]. Ефективність реалізації наведеної структури у навчанні теоретичної фізики має певну специфіку і тому потребує спеціального аналізу в контексті найбільш поширених психолого-педагогічних теорій.

*Асоціативно-рефлекторна концепція навчання* ґрунтується на здатності мозку людини встановлювати й відтворювати зв'язки (асоціації) між окремими подібними або відмінними подіями і фактами за відомою у психології схемою:  $\text{сприйняття} \rightarrow \text{осмислення} \rightarrow \text{розуміння} \rightarrow \text{закріплення} \rightarrow \text{застосування знань}$ . У рамках даної концепції процес навчання є системою педагогічних впливів, що значною мірою визначає зміст і хід розумового розвитку майбутнього фахівця. У процесі засвоєння нових знань відбувається активізація минулого досвіду студента, своєрідне “накладання” вже накопичених ним життєвих уявлень на науковий зміст матеріалу, що засвоюється. Враховуючи важливе освітнє значення формування у студентів навичок самостійного пошуку нових знань і способів вирішення нових задач дана концепція у навчанні теоретичної фізики має реалізовуватися шляхом широкого використання аналітико-синтетичної діяльності, за якої порівняння, асоціації, узагальнення досягаються на основі конкретних наукових даних фундаментальних фізичних теорій. Наприклад, під час вивчення *теоретичної механіки* важливого значення має широке обговорення зі студентами відомих наукових проблем і парадоксів: Еренфеста про кінематику абсолютно твердого диску що обертається, гравітаційного парадоксу та ін.; *електродинаміки*: проблеми з існуванням ефіру, релятивістські ефекти, парадокси близнюків і субмаріни; *квантової механіки*: парадокси із “котом Шредингера”, Луї де Бройля про місцезнаходження мікрочастинки у прямокутній посудині з

перегородкою із дзеркально відбиваючими стінками, Ейнштейна-Подольського-Розена про складність одночасного вимірювання фізичного стану двох мікрочастинок; *статистичної фізики*: парадоксу Гіббса, демона Максвелла, гіпотези про “теплову смерть Всесвіту” та ін. Аналіз зазначених парадоксів на основі класичних уявлень дозволяє виявити обмеженість відповідного підходу та сприяє усвідомленню студентами специфіки пізнання явищ мікросвіту з характерною недетермінованістю стану його частинок.

Згідно *теорії змістового узагальнення В. Давидова – Д. Ельконіна* навчальну діяльність організують як певне квазідослідження. У рамках даної концепції частину теоретичного матеріалу, тобто наслідки з ядра теорії, студенти виводять самостійно, завдяки чому їх пізнавальна діяльність нагадує деякою мірою працю вченого. Студентам необхідно, наприклад, використовуючи лише загальні наукові принципи/закони спрогнозувати й пояснити подальший хід процесу чи явища, отримати ще невідомі для них формули окремих випадків тощо. Використання такого підходу у навчанні теоретичної фізики дозволяє студентам не тільки краще зрозуміти сутність фундаментальних фізичних теорій, але й отримати узагальнені навички розв’язування задач.

Запропонована технологія, відповідаючи основним положенням теорії розвиваючого навчання, сприяє формуванню наукового стилю мислення майбутніх учителів фізики, хоч і має певні особливості в організації їх продуктивної пізнавальної діяльності. Наприклад, виявлення статистичного змісту законів термодинаміки та їх узагальнення у вигляді основної термодинамічної рівності-нерівності ( $dU \leq TdS - \delta A$ ) в курсі термодинаміки і статистичної фізики дозволяє підвести студентів до розуміння фізичної сутності термодинамічних потенціалів як характеристичних функцій стану макросистем і з’ясувати далі вже самостійно умови рівноваги і стійкості термодинамічних систем. Встановлення на цій основі відомих співвідношень Максвелла, як свідчить досвід, не викликає труднощів у студентів, і, таким чином, сприяє успішному засвоєнню нових знань, формуванню практичних умінь і навичок щодо їх застосування під час розв’язання відповідних задач навчального курсу.

*Теорія поетапного формування розумових дій П. Гальперіна* являє собою концепцію керування процесом утворення уявлень і понять про об'єкти пізнання на основі зовнішніх дій. Згідно цієї теорії засвоєння нових знань відбувається через їх застосування шляхом переведення зовнішніх дій у внутрішню мову (думку) за такою схемою: відповідна мотивація → орієнтовна основа дій (узагальнені прийоми/зразки пізнавальної діяльності, що сприяють набуттю певних властивостей: сприйняття, усвідомлення, узагальнення та ін.) → повноцінне відтворення зовнішньої предметної дії у внутрішньому розумовому плані (думка).

Запропонований психологічний механізм засвоєння знань у навчанні теоретичної фізики має певні обмеження: процес формування нових уявлень, понять і зв'язків шляхом “мимовільного запам'ятовування в дії” через високий теоретичний рівень матеріалу часто приводить до формального засвоєння знань, оскільки не завжди дозволяє забезпечити виконання студентами перших етапів, без яких неможливий якісний перехід зовнішньої дії у внутрішній план. Наприклад, під час вивчення електродинаміки встановлення загальної системи рівнянь Максвелла для електромагнітного поля у диференціальній формі, спираючись на вже відому інтегральну форму, викликає у студентів значні труднощі, навіть у випадку проведення відповідних математичних перетворень за зразком для одного конкретного виразу.

Педагогічний досвід свідчить, що найефективнішими у навчанні теоретичної фізики є такі елементи пізнавальної діяльності, як систематизація, порівняння та узагальнення емпіричних даних, мисленевий експеримент у здобутті нових знань, моделювання та оперування фізичними абстракціями, висунення гіпотез та їх теоретичне обґрунтування, встановлення причинно-наслідкових зв'язків, індуктивне й дедуктивне здобуття умовиводів. У зв'язку з цим з метою підвищення якості освітнього процесу й досягнення студентами високих показників успішності навчання з дисципліни “Теоретична фізика” нами виокремлено такі *загальні психолого-педагогічні рекомендації*:

1. Налагодження педагогічного спілкування зі студентами на основі взаємоповаги, співробітництва й партнерства; створення доброзичливої

психологічної атмосфери, спрямованої на пізнання нової навчальної інформації та розв'язання мотивованих проблем фахового спрямування.

2. Формування у студентів впевненості у власних силах, готовності й здатності до системного оволодіння навчальним матеріалом курсу з опорою на їх суб'єктний досвід, індивідуальні пізнавальні можливості, інтереси, інтелектуальні й творчі здібності. Той, хто не вірить в себе успіху не досягне. Зрозуміло, ця віра повинна бути обґрунтованою, але важливо зрозуміти, що переоцінка студентами своїх можливостей менш небезпечна, ніж недооцінка.

3. Розвиток пізнавального інтересу та підтримка позитивної навчальної мотивації студентів шляхом широкого використання активних форм і методів навчання, у тому числі й інформаційно-комунікаційних, різноманітного дидактичного інструментарію, створення й розв'язання проблемних ситуацій, аналізу фундаментальних наукових ідей, суперечностей і парадоксів, що сприятиме оволодінню ними методологією наукового пізнання, формуванню наукового світогляду й стилю мислення, потреби в самоосвіті та постійному самовдосконаленні.

4. Всебічна підтримка пізнавальної активності, ініціативи, самостійності мислення студентів. Слід постійно стимулювати осмислення ними навчальної інформації, встановлення логічних зв'язків у новому матеріалі, уміння ставити питання, аргументувати власну точку зору та характер розумових дій; розвивати комунікативні здібності, навички самоконтролю й самооцінки. Часто зустрічаються педагогічні ситуації, коли студент, висловлюючи певне теоретичне припущення або висуваючи гіпотезу, отримує осуд від викладача за те, що не може їх логічно обґрунтувати. Перевірка інтуїції логікою необхідна, але це вже наступний етап пізнання. Якщо не буде першого, відсутнім буде й другий. Досвідчений викладач повинен у цьому випадку стимулювати студента до логічного обґрунтування своїх міркувань; важливо не допускати формування конформного мислення з орієнтацією на думку більшості або певного авторитету; позитивним результатом навчальної взаємодії можна вважати свідоме виникнення у студента потреби "відкрити книгу", дізнатися більше, з'ясувати детальніше сутність розглядуваних питань навчального курсу.

5. Пріоритетним завданням семінарських/практичних занять має стати здобуття студентами досвіду самостійної пізнавальної творчої діяльності щодо застосування одержаних теоретичних знань у поясненні наукових фактів, природних явищ і процесів, фізичних властивостей об'єктів, розв'язання типових навчальних задач курсу, вирішенні проблемних та евристичних завдань. У процесі розв'язування задач необхідно аналізувати не тільки кінцевий результат та шляхи його отримання, але й ознаки розвитку в означеному процесі особистості студента, його самосвідомості, Я-концепції.

6. У процесі навчання бажано максимально спиратися на позитивні емоції (подиву, радості, гумору, симпатії, переживання успіху тощо), вміло поєднувати раціонально-логічний та емоційно-ціннісний стилі діяльності. Негативні емоції пригнічують настрій, породжують почуття невпевненості й байдужості до навчання. Слід усіляко заохочувати прагнення майбутнього педагога бути самим собою, вміння слухати своє власне "Я". Для цього на всіх етапах навчання викладач повинен не просто декларувати свою повагу до студента, а й реально переживати, відчувати неповторну індивідуальність і самоцінність кожної особистості.

Отже, вирішення проблеми підвищення якості фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики у навчанні теоретичної фізики визначатиметься тим, наскільки у навчанні враховуються психологічні закономірності мислення та індивідуальні особливості їх пізнавальної діяльності. Досвід свідчить, що якість досягнення майбутніми фахівцями запланованих освітніх результатів відповідно до вимог державного стандарту цілком залежить від рівня їх мотивації і пізнавального інтересу, від того, наскільки послідовно у навчанні реалізуються ідеї провідних психолого-педагогічних теорій і концепцій; наскільки своєчасним і системним є педагогічний аналіз причин когнітивних, емоційних та комунікативних труднощів студентів. Маючи таку інформацію, викладач може виявити відставання студентів у розвитку тієї чи іншої психічної функції (сприймання, увага, пам'ять, мислення та ін.), що зумовлює навчально-комунікативні проблеми, та відповідним чином спрямувати педагогічний вплив. У цьому зв'язку принципово важливим є реалізація особистісно зорієнтованого підходу, за якого абсолютною цінністю є не відчужені

від особистості предметні знання, а сама людина з унікальним і неповторним внутрішнім світом, здатної до самовизначення й самовдосконалення. Реалізація у навчанні теоретичної фізики індивідуального, суб'єктного підходу сприятиме формуванню цілісної особистості майбутнього педагога, професійно компетентної людини з гуманістичним світоглядом, вільної у своєму виборі, оцінках і вчинках, коректної й толерантної до чужої думки та поведінки.

#### **2.4. Методологічні основи інтеграції фундаментальності та фахової спрямованості навчання теоретичної фізики**

Теоретичну фізику викладають студентам багатьох спеціальностей у класичних, технічних та педагогічних університетах. Для останніх ця дисципліна має певну специфіку, що відбивається як на її змістовому, так і процесуальному компонентах. Набагато менша ніж у класичному і технічному університетах кількість навчальних годин на вивчення дисципліни, більш слабка математична підготовка студентів, відсутність спецкурсів, на яких можна було б розширити й поглибити їх знання з фундаментальних основ сучасної фізичної науки, розставляє абсолютно інші освітні акценти. Важливого значення має також і врахування загальної специфіки педагогічної освіти, для якої характерним є те, що дисципліни навчального плану підготовки майбутніх учителів розглядаються, з одного боку, як засіб особистісного розвитку студента, а з іншого – як основа його майбутньої професійної діяльності, спрямованої на виховання і всебічний розвиток школярів засобами своєї навчальної дисципліни.

Проблема інтеграції у навчанні принципів фундаментальності та фахової спрямованості підготовки фахівців у педагогічній науці була й залишається однією з ключових і найскладніших, оскільки безпосередньо пов'язана з кінцевим освітнім результатом – рівнем та якістю підготовки випускників ВНЗ. Різним аспектам цієї багатогранної проблеми присвячені ґрунтовні дослідження В. Афанасьєва, П. Атаманчука, Г. Атанова, Л. Благодаренко, А. Вербицького, С. Гончаренка, Н. Кузьміної, М. Махмутова, В. Мултановського, А. Наумова,



В. Нечета, О. Петрової, О. Сергєєва, В. Сергієнка, В. Слатьоніна, М. Шута та ін. Системний аналіз та узагальнення наукових джерел стосовно сутності зазначених дидактичних принципів дозволив визначити ряд вихідних положень, важливих в аспекті їх реалізації у навчанні курсу теоретичної фізики.

1. “Принцип професійної спрямованості у дидактиці трактують переважно з двох точок зору. Згідно першої він є різновидом міжпредметних зв’язків загальноосвітніх дисциплін та основою для подальшого вивчення студентами фахових дисциплін. Більш широким є підхід, за яким його зміст складають професпрямованість особистості, загальної освіти та конкретного навчально-виховного процесу, які мають реалізовуватися в єдності та взаємозв’язку” (М. Махмутов) [228, с.91].

2. “Ідея професіоналізму, фахової спрямованості (контекстного навчання) має пронизувати викладання усіх дисциплін вищої школи. Навчаючись, студенти мають здійснювати діяльність, яка моделює предметний і соціальний зміст їх майбутнього фаху... Будь-яка діяльність, що не викликає професійного інтересу, не є продуктивною” (А. Вербицький) [84, с. 77].

3. “Принцип професійної спрямованості надає зміст усім іншим дидактичним принципам (науковості, наочності, доступності, індивідуалізації та диференціації, систематичності і послідовності, політехнізму тощо) і відіграє роль системоутворювального елемента процесу навчання. Усі інші дидактичні принципи групуються навколо нього” (Г. Атанов) [27, с. 35].

4. “Під професійною спрямованістю навчання у педагогічному ВНЗ розуміємо орієнтацію кожного компонента навчально-виховного процесу на формування професійно-значущих якостей особистості вчителя, формування його знань, умінь і навичок для виконання професійних функцій і завдань, озброєння сучасними методами й технологіями навчання. Професійна спрямованість повинна розглядатися і реалізовуватися у навчанні комплексно: в особистісному, діяльнісному і технологічному аспектах” (В. Сергієнко) [314, с.176].

5. “Дидактичні умови, що забезпечують ефективність процесу навчання, необхідно спрямовувати на активну пізнавальну позицію студента; інтегрованість

фундаментальної підготовки та психолого-педагогічних фахових знань має здійснюватись в системі покладання мети, науково-інформаційних засобів, а також процесуально-операційного складу дій” (Л. Благодаренко, М. Шут) [43, с.20].

6. “Курс теоретичної фізики завершує фундаментальну освіту майбутнього вчителя в педагогічному університеті, тому в ньому повинні систематизуватися та узагальнюватися всі попередні знання, а не просто розвиватися математичний апарат фізики. Загальні філософські й методологічні проблеми сучасної науки повинні вивчатися більш детально, оскільки майбутньому педагогу просто необхідно уявляти фізичну картину світу в цілому. Один з аспектів принципу оптимізації навчання – викладати матеріал курсу теоретичної фізики в стислій, резюмуючій формі, спираючись на загальну фізику” (В. Мултановський) [244, с.14].

7. “В основу практичної діяльності викладач курсу теоретичної фізики педагогічного ВНЗ повинен покласти не тільки загальні закономірності й принципи педагогічного процесу в цілому, методики її викладання, блискуче володіння предметом і педагогічну майстерність, але й вимогу професійно-педагогічної спрямованості, яка має реалізовуватися як у змістовому, так і процесуальному компонентах його навчання” (А. Наумов) [247, с.23].

Варто зазначити, що досягнення основної мети курсу теоретичної фізики – розвиток особистості майбутнього вчителя фізики та набуття ним фахової компетентності – є нелегкою справою. Досвід свідчить, що досягнення запланованих освітніх результатів цілком залежить від того, яким чином у навчанні реалізуються провідні дидактичні принципи педагогіки вищої школи – фундаментальності та фахової спрямованості. Останнє передбачає не тільки поглиблене засвоєння студентами фундаментальних основ сучасної фізичної науки та напрямків їх практичного застосування, але й оволодіння методологією наукового пізнання, стилем мислення, “мовою” фізичної науки, формування у студентів особистісного пізнавального досвіду, ціннісних орієнтирів, професійної позиції, основу якої складатиме не стільки система набутих спеціальних/предметних знань, скільки їх дієвість, можливість використання у розв’язанні практичних задач. Саме ці принципи диктують цілі і завдання курсу

теоретичної фізики, ними визначаються його зміст, структура, методи, засоби і технології навчання; саме ним мають бути підпорядковані кожна лекція, кожне семінарське і практичне заняття.

Враховуючи широкий спектр практичних рекомендацій у розв'язанні зазначеної проблеми, нижче викладаємо власний погляд щодо можливих шляхів її вирішення, що сприятиме підвищенню рівня та якості фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики. Отже, у контексті зазначених дидактичних принципів пріоритетними завданнями курсу теоретичної фізики в педагогічному університеті є:

- 1) розширення й поглиблення цілісних системних знань студентів з основ фундаментальних фізичних теорій у діалектичній єдності з методами наукового пізнання;
- 2) оволодіння основами математичного апарату сучасної фізичної науки та способами самостійної продуктивної діяльності із застосування знань на практиці;
- 3) систематизація та узагальнення знань студентів на рівні сучасної фізичної картини світу та її еволюції як невід'ємної складової наукового світогляду – основи фахової компетентності.

Цими завданнями зумовлена специфіка викладання навчального курсу в педагогічному ВНЗ: він повинен бути оптимально простим у формальному, технічному відношенні, але одночасно глибоким і змістовним в ідейному відношенні. На перший план скрізь повинен висуватися евристичний бік фундаментальної фізичної теорії, розкриватися механізм досліджуваного явища, подаватися фізична інтерпретація математичних моделей і висновків теорії.

Що стосується конкретних (типових) задач, які традиційно вирішують у курсі теоретичної фізики, то їх число обмежують самим необхідним. У процесі розв'язання задач необхідно аналізувати не тільки кінцевий результат і шляхи його отримання, але й особливості розвитку особистості студента, його мислення, фахових якостей (ступінь активності, ініціативності, самостійності, комунікативності). За умов зменшення обсягу аудиторних годин дисципліни та зміщення акцентів навчального навантаження студентів у бік самостійної роботи актуальним є пошук методів і підходів, які б дозволяли подавати навчальний матеріал більш компактно, щільніше, не зменшуючи при цьому рівень науковості, глибини та, безумовно, якість фундаментальної підготовки майбутніх педагогів. У

якості прикладу у Додатку Б.1 наведено методику розв'язання дисертантом деяких типових задач курсу теоретичної фізики з використанням методів теорії ймовірностей, що дозволяє аналізувати значний об'єм навчальної інформації.

Процес навчання курсу теоретичної фізики повинен бути спрямований на формування у майбутніх учителів фізики фахової компетентності, основу якої складають фундаментальні наукові знання. Такими можна вважати стрижневі, системоутворювальні, методологічно важливі знання, що становлять основу, фундамент їх фахової підготовки, формують життєво важливі компетенції, забезпечують конкурентоспроможність, професійну мобільність, можливість самовдосконалення особистості.

Засвоєння студентом предметних знань повинно бути органічно включено в процес формування його фахової компетентності, що має знайти адекватне відображення у цільовому, змістовно-процесуальному та діагностичному компонентах навчально-виховного процесу. Останнє зумовлює проектування інваріантного (теоретичного) ядра та основних змістових ліній, навколо яких має об'єднуватися навчальний матеріал дисципліни. На нашу думку такими можна вважати: 1) *предметна*, що передбачає вивчення студентами основ фундаментальних фізичних теорій відповідно до логіки розвитку науки-фізики; 2) *світоглядна*, що передбачає формування у студентів найповніших і цілісних уявлень про сучасну фізичну картину світу та її еволюцію як основи їх наукового світогляду і стилю мислення; 3) *методологічна*, що передбачає усвідомлення методології наукового пізнання відповідно до основних етапів розвитку фізичної науки й типів наукової раціональності (класичний, некласичний, постнекласичний).

На основі зазначених змістовних ліній курсу, на нашу думку, створюється його більш цілісна основа і проявляється єдність внутрішньої структури, стають яснішими зв'язки між фундаментальними фізичними теоріями, а межі їх застосування – виразнішими. Усі зазначені аспекти взаємопов'язані. Якщо перший вирішує більшою мірою освітні завдання навчального курсу, то два інших реалізують розвиваючу й виховну мету. Зазначимо, що наявність інваріантного ядра в широкому сенсі (об'єднує всі аспекти) робить курс теоретичної фізики в

педагогічному університеті фундаментальним. Такий підхід найбільшою мірою відповідатиме загально-методичним вимогам генералізації й системності знань студентів та можливості їх ефективного, недогматичного проектування на шкільний курс. У зв'язку з цим кожне аудиторне заняття має бути супроводжуватися міжпредметними зв'язками, враховувати індивідуальні пізнавальні інтереси і здібності студентів, мати безпосередній вихід на шкільну програму, реалізовувати проблемний підхід у навчанні, поєднувати індивідуальну та групову форми навчально-пізнавальної діяльності, містити емоційні моменти (цікаві історичні факти, біографічні дані, мультимедійні презентації щодо сучасних наукових досягнень, екологічних та енергетичних проблем людства тощо).

Отже, реалізація принципу взаємозв'язку фундаментальності та фахової спрямованості у навчанні теоретичної фізики в педагогічному університеті передбачає дотримання таких методичних засад: 1) забезпечення єдності та взаємозв'язку фундаментальних фізичних знань і навчального курсу в цілому шляхом виявлення інваріантного (теоретичного) ядра та його змістових ліній, навколо яких об'єднується навчальний матеріал дисципліни; 2) засвоєння студентами фундаментальної фізичної теорії як цілісного об'єкту із зв'язками, структурно адекватними науковій теорії, що сприятиме свідомості й системності спеціальних/предметних знань; 3) оптимальне поєднання навчально-пізнавальної та фахово-зорієнтованої частин змістового модулю, що забезпечує послідовне формування пізнавально-професійних умінь і навичок студентів; 4) встановлення студентами логічних зв'язків нового навчального матеріалу з курсом загальної фізики та відповідними темами шкільного курсу фізики; 5) уведення до змісту інформації стосовно рівня сучасних науково-технічних досягнень, історії світової та вітчизняної фізики, екологічних та енергетичних питань з метою поліпшення якості підготовки майбутніх учителів до реалізації міжпредметних зв'язків, патріотичного та екологічного виховання школярів; 6) добір творчих завдань фахового спрямування для всіх видів аудиторних занять. У розробці таких завдань ми дотримувалися методичних рекомендацій, наведених у дослідженні [314, с.179], відповідно до яких останні повинні:

- забезпечувати тісний зв'язок з реальними потребами практики;
- враховувати міжпредметні зв'язки курсу фізики з дисциплінами циклів природничо-математичної та професійної і практичної підготовки;
- забезпечувати пізнавальну активність та розвиток різних видів розумової діяльності студентів за рахунок поступового ускладнення завдань різного типу;
- сприяти набуттю студентами досвіду виконання окремих видів професійної діяльності.

Наведемо приклади таких фахово зорієнтованих завдань, які ми використовуємо в освітній практиці. Так, у рамках курсу класичної механіки студентам пропонувалося скласти структурно-логічну схему або опорний конспект окремої теми (основи кінематики/динаміки матеріальної точки/твердого тіла, аналітичної механіки, механіки суцільного середовища та ін.). Так, зокрема, розробка опорного конспекту з теми “Основи аналітичної механіки” передбачала розуміння студентами єдиної фізичної основи аналітичних методів механіки; усвідомлення більшого рівня наочності методу Ньютона у вивченні механічних систем порівняно з методами Лагранжа і Гамільтона, оскільки останні на відміну від звичайного евклідового простору і декартової системи координат пов'язані з використанням більш абстрактних багатовимірних просторів – конфігураційного простору узагальнених координат і фазового простору узагальнених координат та імпульсів відповідно. Важливого значення при цьому мало також і те, що саме в рамках метода Ньютона можна найпростіше (з математичної точки зору) вивести закони збереження енергії, імпульсу та моменту імпульсу з симетрій простору і часу, що озброює студентів сучасним науковим розумінням законів збереження та їх зв'язків з фундаментальними фізичними симетріями та рівняннями руху.

У рамках класичної електродинаміки студентам пропонувалося скласти узагальнюючу таблицю основних дій електромагнітного поля, остаточний варіант якої представлений нижче. Виконання такого завдання сприяло не лише узагальненню і систематизації знань студентів, але й оволодінню уміннями і навичками реалізації подібного підходу у майбутній професійній діяльності.

### Основні дії електромагнітного поля

Дії стаціонарного поля		Дії змінного поля (електромагнітні хвилі)
електричного	магнітного	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• електризація тіл;</li> <li>• орієнтувальна дія на наелектризовані тіла;</li> <li>• рух заряджених макроскопічних тіл в електричному полі (притягання й відштовхування наелектризованих тіл);</li> <li>• рух заряджених частинок в електричному полі (струм у металах, напівпровідниках, газах, електролітах, вакуумі);</li> <li>• перетворення енергії електричного поля в інші види енергії.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• намагнічування тіл;</li> <li>• орієнтувальна дія на намагнічені тіла;</li> <li>• рух намагнічених тіл у неоднорідному магнітному полі (притягання й відштовхування);</li> <li>• дія на рухомі електричні заряди (сила Лоренца), на провідник зі струмом (сила Ампера);</li> <li>• перетворення енергії магнітного поля в інші види енергії.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• взаємодія з речовиною: а) відбиття, заломлення, дифракція, поляризація; б) тиск на речовину; в) поглинання хвиль речовиною; г) фотоефект; д) люмінесценція; е) хімічна дія;</li> <li>• фізіологічна дія;</li> <li>• поширення хвиль зі швидкістю: <math>v = c / \sqrt{\epsilon\mu}</math>;</li> <li>• перехід електронів в атомах з одного енергетичного рівня на інший (поглинання й вимушене випромінювання);</li> <li>• перетворення енергії е/м поля в інші види енергії.</li> </ul>

Під час вивчення експериментальних і теоретичних основ квантової механіки ефективною була організація та проведення семінарського заняття, на якому студенти презентували результати самостійного опрацювання літературних джерел щодо еволюції у науці модельних уявлень про атом (рис. 2.3). Аналіз та обговорення фізичної сутності, переваг і недоліків пропонує модельних припущень сприяло не лише підвищенню пізнавального інтересу студентів, а, отже, якості їх предметних знань, але й озброєнню історичним підходом до викладання фізики в загальноосвітніх навчальних закладах.

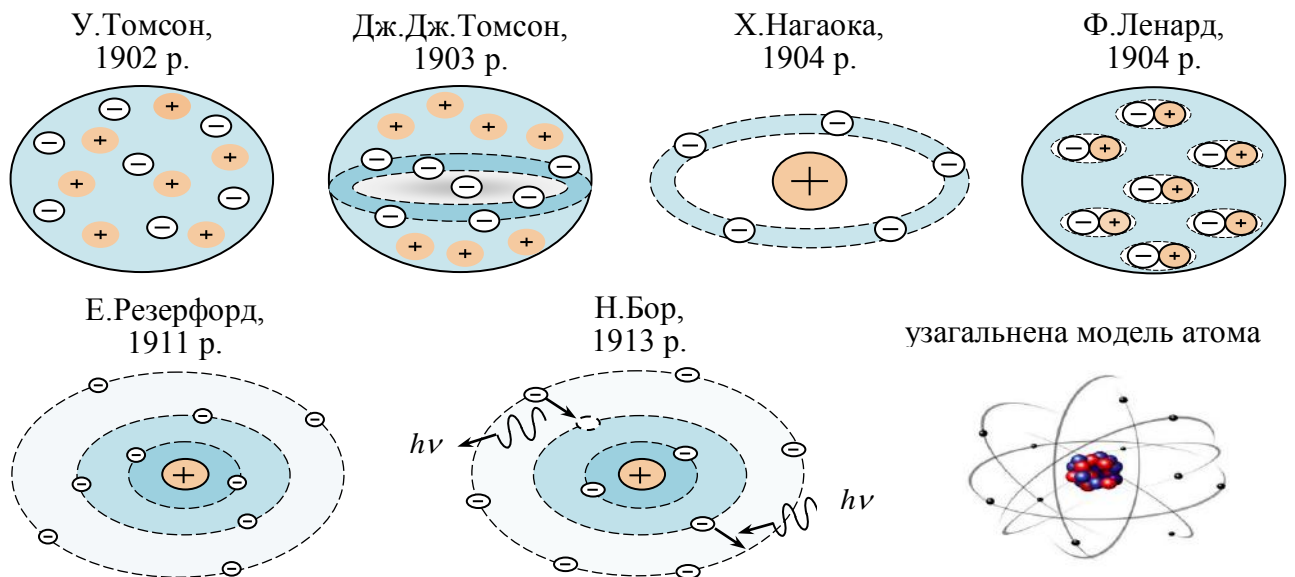


Рис. 2.3. Еволюція модельних уявлень про атом

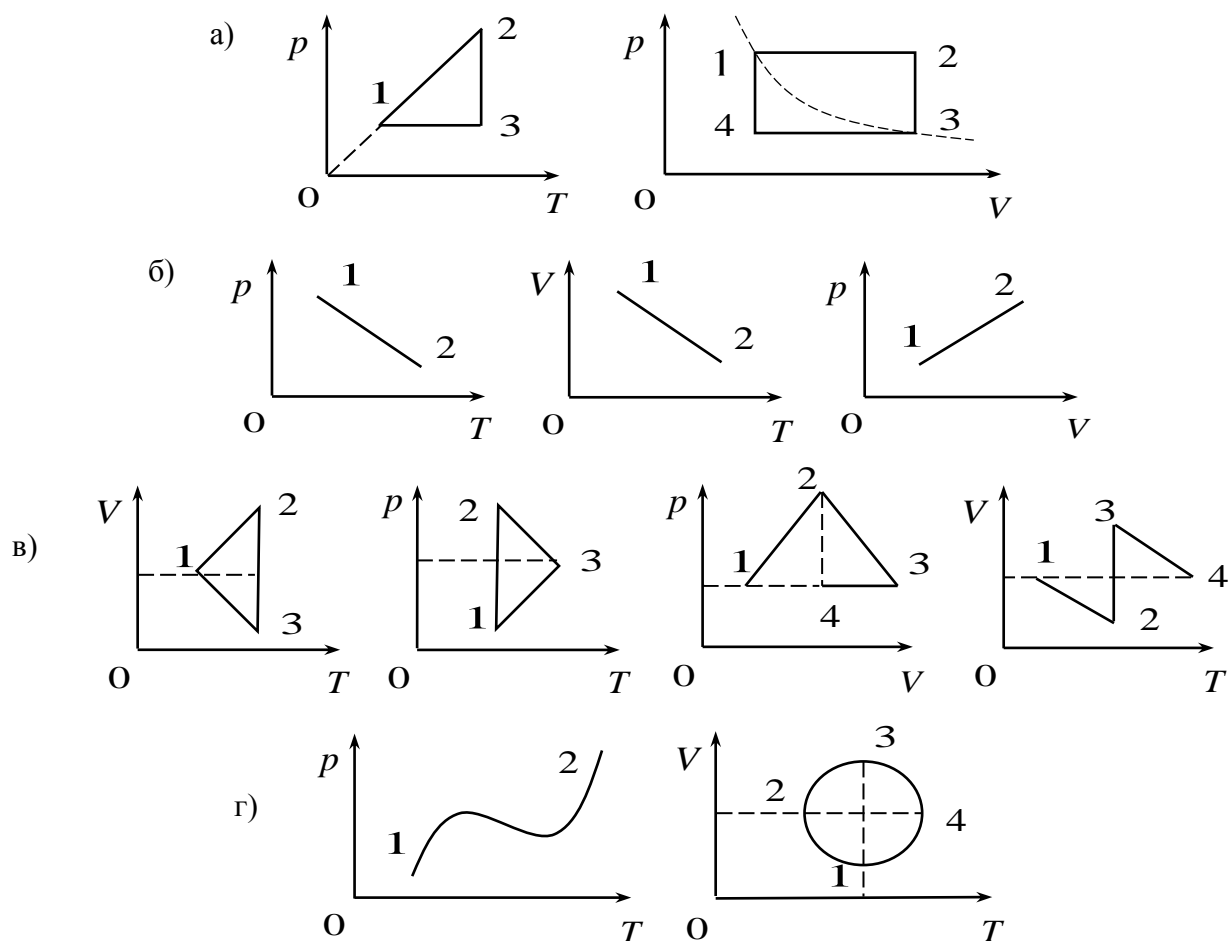


Рис. 2.4. Послідовність розв'язування графічних задач на ізопроцеси з ідеальним газом

Як свідчить досвід, розширенню й поглибленню знань студентів щодо фізичної сутності ізопроцесів в ідеальному газі в рамках курсу термодинаміки і статистичної фізики сприяє послідовне розв'язування графічних задач, представлених на рисунку 2.4. Умовами таких задач є традиційні для шкільного курсу фізики завдання: а) представити замкнений процес на двох інших діаграмах (усі переходи є ізопроцесами); б) з'ясувати як змінюється третій параметр ідеального газу при переході  $1 \rightarrow 2$ ; в) представити наведені процеси на двох інших діаграмах (деякі з переходів не є ізопроцесами); г) з'ясувати як змінюється третій параметр газу в ході довільного термодинамічного процесу.

Результати власного педагогічного досвіду свідчать про ефективність використання у навчанні теоретичної фізики таких методичних прийомів фахового спрямування:



*“Знайомство”*. На початку вивчення систематичного курсу організують бесіду, у ході якої студентам пропонують висловити власні думки й міркування щодо сучасного стану фізичної картини світу, методів наукового пізнання та логічної структури наукових знань, важливості володіння математичним апаратом, місця і ролі курсів загальної і теоретичної фізики в системі фахової підготовки майбутніх учителів фізики, власного розуміння сутності фахової компетентності та ін. Пропонований перелік питань може бути доповнений і передбачати колективне обговорення протягом цілої академічної пари, що, безумовно, потребує ретельної підготовки викладача. Досвід свідчить, що чітке планування та організація такого заняття викладачем з використанням сучасних засобів наочності, мультимедійних презентацій не тільки не шкодить загальній справі, але й має важливе професійне значення як для викладача, так і для майбутніх учителів. Студенти розкриваються, висловлюють власні погляди, визначаються у тому, про що вони хотіли б дізнатися детальніше, *“включають”* емоційне відношення до предмету, осмислюють подальший процес навчання. Крім того, навчаються аргументувати свої думки, відстоювати власну точку зору, не боятися представити її викладачу й аудиторії. Завдяки такому знайомству педагог отримує можливість не лише обґрунтувати власну позицію з наведених питань, але й провести вхідну експерт-діагностику готовності студентів до навчання теоретичної фізики, зрозуміти свою аудиторію, встановити з нею особистісний контакт.

Досвід свідчить, що ефективним прийомом під час такого аудиторного заняття є проведення короткотривалої (5-10 хв.) пізнавальної гри, що передбачає наведення якомога більшої кількості фізичних явищ, понять, величин, законів, прізвищ видатних учених з їх короткою характеристикою, що мають відношення до певної теми або розділу фізики. Перемагає той, хто наводить інформацію останнім. Такий методичний прийом не тільки знімає навчальне навантаження студентів, *“переключає”* увагу, але й підвищує їх пізнавальний інтерес, мотивацію, стимулює позитивні емоції, відповідний настрій, бажання знати більше. Особливого значення такий прийом набуває під час порівняння його результатів на початку і наприкінці викладання навчального курсу, ілюструючи

(хоча й у якісній формі) системність, об'єм і глибину набутих студентами фундаментальних знань.

*Міні-лекція студентів.* Саме лекція (або її фрагмент), а не традиційні відповіді на семінарах, допомагає студенту поставити себе на місце педагога, усвідомити й зрозуміти специфіку організації та управління навчально-пізнавальною діяльністю аудиторії, необхідності підвищення рівня своєї фундаментальної підготовки, розвитку педагогічного мислення, професійно значущих якостей особистості. Організація таких занять, звичайно, потребує попередньої підготовки студента та узгодження з викладачем програмного навчального матеріалу. Досвід свідчить, що найбільш доцільними є викладання відносно знайомих з курсу загальної фізики тем, наприклад, у рамках теоретичної механіки: кінематика й динаміка матеріальної точки, рух в неінерціальних системах відліку, механічні коливання і хвилі; в електродинаміці: елементи електростатики й магнітостатики, випромінювання і поширення електромагнітних хвиль; у квантовій механіці: фотоефект, модель атома Резерфорда-Бора, рівняння Шредингера; у статистичній фізиці: основні поняття і закони термодинаміки, фазові переходи і критичні явища та ін.

*“Гра в нерозуміння”*, коли спочатку педагог “не розуміє” окремий елемент фундаментальної фізичної теорії (науковий факт, поняття, величина, закон, принцип, постулат) і просить студента пояснити його зміст своїми словами, а потім у гру підключається вся група з обов'язковим аналізом наведених коментарів. Особлива увага при цьому звертається на формування вмінь студентів правильно “читати формули”, грамотно з методичної точки зору наводити означення фізичних величин, описувати суттєві характеристики досліджуваних об'єктів і явищ, їх модельних уявлень, обґрунтовувати логіку математичних перетворень, висунення гіпотез, власних міркувань з використанням індуктивного і дедуктивного підходів. Зазначимо, що таке спілкування із зміною ролей “студент-викладач” повинно проходити у доброзичливій атмосфері, не принижуючи гідність навіть самих непідготовлених студентів. Наступний методичний прийом є логічним продовженням наведеного.

*Методичний прийом “скажи це простіше”* по суті являє собою навчання студентів грамотному й лаконічному викладенню певного теоретичного матеріалу дисципліни. Такий прийом носить фахово спрямований характер, оскільки сприяє не тільки свідомому оволодінню майбутніми педагогами предметними знаннями, формуванню елементів наукового стилю мислення, рефлексивних навичок, але й слугує показником цілісності та системності їх знань, що у свою чергу свідчить про наявність методологічних знань. Цілісність, зв’язність мовлення є свідченням зв’язності думок; хто справді засвоїв предмет, той завжди знайде слова для його розповіді. Для майбутніх учителів фізики такі навички вкрай важливі, оскільки, на нашу думку, свідчать про реалізацію головного (стратегічного) завдання системи їх фундаментальної підготовки – оволодіння майбутнім вчителем фізики “мовою” сучасної фізичної науки.

*Гра “гіперпосилання”* передбачає використання досвіду роботи з Інтернетом. Студент, що виступає, наприклад, на семінарі сам “ловить” у своєму тексті ті фізичні поняття й терміни, які необхідно розшифрувати, а наскільки він це грамотно зробить – визначає група експертів. Ролі кожного разу змінюються для того, щоб кожний студент мав можливість бути як ведучим, так і експертом.

Таким чином, за результатами системного аналізу й узагальнення науково-методичних джерел і сучасної практики навчання теоретичної фізики можна зробити висновок про актуальність оновлення теоретико-методичних засад і побудови нової методичної системи навчання курсу в педагогічному університеті, що відповідатиме рівню і методології сучасної науки та тенденціям розвитку фізичної освіти, зокрема: а) виступатиме інваріантною складовою системи фундаментальної підготовки майбутнього вчителя фізики, єдиного й безперервного процесу становлення особистості, зорієнтованого на науково обґрунтовану модель його педагогічної діяльності; б) реалізовуватиме ідеї фундаменталізації, гуманізації та гуманітаризації освіти у підготовці вчителів фізики; в) сприятиме створенню оптимальних умов для фахового зростання й самоствердження особистості майбутнього педагога на основі методології розвивального та особистісно зорієнтованого навчання; г) системно

реалізовуватиме у навчанні інтеграцію принципів фундаментальності та фахової спрямованості в єдності його змістового і процесуального компонентів; д) забезпечуватиме досягнення стратегічної мети навчального курсу на засадах компетентнісного підходу, модульно-рейтингової системи організації навчально-виховного процесу, стандартизації освітніх вимог та моніторингу особистісних результатів студентів; є) виступатиме відкритою для впровадження, з одного боку, інноваційних, з іншого – вдосконалення традиційних технологій навчання.

## 2.5. Сучасна концепція і модель методичної системи навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики

Викладені у попередніх підрозділах результати аналізу проблеми дослідження, теоретичні основи її розробки дозволяють сформулювати основні положення концепції навчання теоретичної фізики в педагогічному університеті, елементи якої представлені на рис. 2.5.



Рис. 2.5. Основні елементи концепції навчання теоретичної фізики в педагогічному університеті

*Основу концепції* складають емпіричні факти, встановлені за результатами спостережень і аналізу навчально-виховного процесу з теоретичної фізики в педагогічних університетах; загальні цільові установки, визначені державними стандартами базової і повної загальної середньої освіти (у частині його фізичного компоненту) та галузевого вищої освіти, які відіграють роль факторів/орієнтирів щодо необхідності реалізації певних методологічних підходів у системі

фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики. До теоретичних основ концепції ми відносимо:

- методологічні підходи (особистісно зорієнтований, системно-діяльнісний, компетентнісний);
- основні поняття (“фундаменталізація”, “компетенція”, “компетентність”, “фахова компетентність учителя фізики”, “спеціалізовано-професійні компетенції”) та уявлення про сутність і особливості навчально-пізнавальної діяльності студентів на засадах компетентнісного підходу;
- загально-дидактичні та специфічні принципи навчання дисципліни (науковості, системності, наочності, свідомості й творчої активності фундаментальності та фахової спрямованості та ін.; генералізації й циклічності, взаємозв’язку й наступності з курсом загальної фізики, варіативності, гуманітаризації).

*Ядро концепції* утворюють сукупність вихідних положень і методична система навчання теоретичної фізики в педагогічному університеті. *Наслідки концепції*: структурований відповідно до визначених теоретичних основ зміст навчальної дисципліни “Теоретична фізика” та технології її навчання.

На підставі вищезазначеного нами запропоновано загальні теоретико-методичні засади навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики як основи сучасної концепції навчання дисципліни в педагогічному університеті. Її зміст складають такі положення:

- навчальний курс є цілісною методичною системою, що містить цілі, завдання, зміст і технології, об’єднані загальною методологією побудови й реалізації відповідно до принципу інтеграції фундаментальності та фахової спрямованості підготовки майбутніх учителів фізики;
- методична система навчання дисципліни є інваріантною складовою фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики і передбачає формування фахової компетентності, процес набуття якої впливає на всі її інші складові (соціально-особистісні, загально-професійні, спеціалізовано-професійні);

- необхідними умовами формування фахової компетентності студентів є:
  - а) фундаментальність підготовки відповідно до рівня й методології сучасної науки, що забезпечуватиме єдність й системність фізичних знань і курсу теоретичної фізики в цілому;
  - б) забезпечення творчої активності й самореалізації на основі методології розвивального навчання, особистісно зорієнтованого та компетентнісного підходів, оптимального поєднання традиційних та інноваційних технологій навчання;
  - в) реалізація принципу взаємозв'язку й наступності курсів загальної і теоретичної фізики;
  - г) запровадження системного й безперервного моніторингу рівня навчальних досягнень на основі модульно-рейтингової системи організації освітнього процесу;

- модель навчальної дисципліни “Теоретична фізика” повинна являти собою системну єдність змістового і процесуального компонентів (рис. 2.2). Перший складають основні предметні (інваріантні) та допоміжні (варіативні) знання. До інваріантної частини входить матеріал, що об'єднує в собі емпіричний базис та ядро фундаментальних фізичних теорій, варіативної – наслідки теорій, прикладні та фахово-зорієнтовані знання. Процесуальний блок містить організаційні форми й методи навчання, засоби та види пізнавальної діяльності студентів, адекватні цілям, змісту і характеру їх майбутньої професійної діяльності;

- основою навчання теоретичної фізики має стати формування особистості майбутнього вчителя фізики, формування культурної та освіченої людини з широким науковим світоглядом і відповідним стилем мислення, що живе й працює у світі сучасних технологій. Це означає, що навчально-виховний процес повинен здійснюватися на основі переходу від інформаційно-ілюстративних схем, зорієнтованих на передачу готових знань, до діяльнісних, особистісно зорієнтованих, спрямованих на виховання професійно значущих якостей особистості, розвиток пізнавальної активності, інтелектуальних і творчих здібностей, формування ціннісного відношення до знань та процесу їх здобуття.

Сформульовані концептуальні положення складають основу побудови методичної системи навчання (МСН) теоретичної фізики майбутніх учителів фізики. Однак варто зазначити, що проблема розробки та впровадження ефективних МСН у

педагогічній теорії й практиці є неоднозначною, що зумовлено не тільки унікальністю та неповторністю реальних педагогічних умов, але й передусім розбіжністю в розумінні і вживанні базового терміну. Дискусія з приводу того, що являє собою методична система навчання як певний інструмент/модель організації навчально-виховного процесу, яким є її компонентний склад і характер взаємозв'язків у дидактиці фізики триває дотепер. Актуальність зазначеної проблеми підвищується й сучасними світовими тенденціями реформування освітніх систем, посиленням уваги до фундаментальності та якості підготовки фахівців, приведенням змісту навчання відповідно до сучасного стану і методології науки, потреб держави, суспільства й особистості. Отже, проблема розробки та впровадження ефективної МСН теоретичної фізики в педагогічному університеті, що сприятиме підвищенню рівня фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики та досягненню прогнозованих освітніх результатів відповідно до державного стандарту вищої освіти, є багатоаспектною і тому потребує спеціального аналізу. Представимо далі авторське розуміння сутності даного питання.

Під системою (від грец. *systema* – ціле, що складається з частин) розуміють сукупність елементів, що перебувають у відношеннях і зв'язках між собою та утворюють певну цілісність, єдність; система – струнка конструкція, що володіє інтеграційними якостями й характеристиками, невластивими її окремим елементам. У педагогічній літературі слово “система” широко вживають у поєднанні з поняттям “освіта”, “виховання”, головним чином в аспекті плану, порядку розташування складових частин цілого, а також стосовно поглядів визначних педагогів, як синонім стрункого, обґрунтованого, послідовного вчення. Поняття “педагогічна система” багатогранне, його можна віднести до цілого ряду систем, що виконують освітню функцію, тобто існує ієрархія педагогічних систем, в якій кожна є елементом, частиною більш загальнішої. Педагогічною є система професійно-педагогічної освіти в цілому, педагогічний процес конкретного навчального закладу, який включає як складові системи навчання й виховання; педагогічна діяльність викладача також може бути представлена як система: окреме заняття можна розглядати як елемент й одночасно як систему діяльності викладача.

Процес фахової підготовки майбутніх учителів фізики в педагогічному університеті являє собою складну за структурою багатокомпонентну систему. Системний підхід до підготовки фахівців є одним із способів побудови педагогічної діяльності як цілісного процесу, що забезпечує ефективну взаємодію всіх його складових. У педагогіці існують численні приклади застосування загальної теорії систем до аналізу педагогічних процесів. Розробці педагогічних систем підготовки фахівців різного профілю присвячені дослідження С. Архангельського, Ю. Бабанського, К. Баханова, В. Беспалька, С. Гончаренка, М. Євтуха, В. Лугового, О. Ляшенка, В. Монахова, Г. Селевка, В. Сластьоніна, А. Хуторського, В. Шадрікова та ін., в яких аналізуються ознаки систем, їх класифікація і структура, характеристики ефективного функціонування. Так, зокрема, до основних властивостей педагогічних систем відносять: компонентний склад, структурність та ієрархічність, наявність системоутворювального чинника, цілісність і розвиток, взаємозв'язок і взаємодія, множинність опису, наявність управління. При цьому різноманітність поглядів спостерігається саме в розумінні властивостей педагогічних систем, особливо їх компонентного складу та характеру взаємозв'язків.

Стосовно поняття “методична система навчання” варто зауважити, що, незважаючи на широке використання у науково-методичній літературі, його сутність трактують з різних точок зору: як педагогічна концепція і технологія навчання (В. Загвязинський, І. Підласий), освітня модель (В. Жучков), сукупність взаємопов'язаних компонентів педагогічного процесу (П. Атаманчук, О. Іваницький, В. Сергієнко), складне динамічне утворення (І. Готська, Г. Хамова), інструментальна основа технологізації й оптимізації навчального процесу (В. Монахов), індивідуальний стиль діяльності викладача (Т. Бороненко) тощо. Різноманітність існуючих концептуальних підходів зумовлює існування численних варіантів її практичної реалізації, більшою мірою у практиці сучасної загальноосвітньої школи, як результат систематизації та узагальнення передового педагогічного досвіду. Однак за всього розмаїття методичних систем навчання принциповим питанням, що визначає специфіку їх парктичної реалізації, є проектування загальних освітніх цілей та відповідно до



цього змісту освіти. Різні концепції останнього, а відповідно й узагальнені моделі/системи навчання, які історично склалися в педагогіці (*соціально-детермінований, особистісно зорієнтований, соціокультурний*), неоднаково інтерпретували соціально детерміновані цілі освіти, ґрунтуючись в одних випадках на пріоритетності цілей передачі молоді суспільно-історичного досвіду людства, в інших на пріоритетності педагогічних цілей розвитку учнів або пріоритетності цілей культурогенезу особистості в процесі її соціалізації [211, с.100]. Реалізація в педагогічній практиці кожного з цих підходів має свої переваги й недоліки, зумовлені багатограним характером цієї проблеми. Але в одному вони однакові: зміст освіти не може бути зведений лише до системи знань, умінь і навичок, яку повинен засвоїти випускник певної ланки освіти, а є засобом розширеного відтворення в навчально-виховному процесі соціально-значущого досвіду людства, має сприяти становленню і всебічному розвитку особистості, її інтелектуальних і творчих здібностей, формуванню морально-вольових якостей, системи гуманістичних цінностей.

Динамічні зміни в сучасному українському суспільстві зумовлюють нові вимоги до підготовки підростаючого покоління й відповідно системи фахової підготовки вчителя. Сьогодні енциклопедичність знань “поступається” здатності до самостійного опанування людиною новими фаховими знаннями і вміннями; на зміну традиційному “знанцевому” підходу в освіті приходять компетентнісний, особистісно зорієнтований. У зв’язку з цим можна говорити про зміщення акцентів у сучасній фізичній освіті з процесу навчання на його результат, з накопичення знань до опанування способами практичної діяльності. Це означає, що навчаючи школярів, треба пам’ятати не лише про формування системи предметних знань, але й про розвиток особистості, формування сукупності прийомів, умінь і навичок, що сприятимуть отриманню ними освіти впродовж життя. Саме компетентнісний підхід дозволить школярам згодом опанувати професію, набути потрібної кваліфікації і за необхідності удосконалити її. Безумовно, якість реалізації зазначеного підходу в системі шкільної фізичної освіти цілком і повністю залежатиме від рівня відповідної фахової підготовки майбутнього вчителя фізики.

Формування теоретичних і методичних засад фахової підготовки сучасного вчителя фізики завжди перебувало в центрі уваги вчених-методистів. Технологічні аспекти навчання фізики досліджувались вітчизняними фахівцями Л. Благодаренко, О. Іваницьким, Ю. Орищаним, С. Сисоєвою. Незважаючи на чималий науковий доробок, слід констатувати, що в сучасній дидактиці фізики вищої педагогічної школи з проблеми розробки МСН спеціальних фахових дисциплін маємо обмежену кількість комплексних науково-методичних праць. Так, зокрема, проблема розробки теоретико-методичних засад навчання загальної фізики в педагогічному університеті стала предметом ґрунтовних науково-методичних досліджень В. Сергієнка [314]. Автором уперше теоретично обґрунтовано, розроблено та експериментально перевірено МСН загальної фізики, що відповідає сучасним тенденціям розвитку фізичної освіти та спрямована на самореалізацію суб'єктів педагогічного процесу в умовах особистісно зорієнтованого навчання.

Стосовно МСН теоретичної фізики майбутніх учителів фізики варто зауважити, що більшість існуючих науково-методичних праць присвячена переважно вирішенню конкретних освітніх завдань, як правило, у межах окремих розділів дисципліни. При цьому проблема побудови цілісної методичної системи навчання дисципліни, що сприятиме підвищенню рівня фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики та досягненню прогнозованих освітніх результатів відповідно до вимог державного стандарту вищої освіти, в сучасній дидактиці фізики вищої педагогічної школи не була предметом окремих комплексних досліджень, що зумовлює її актуальність й необхідність практичної реалізації.

Основою методики навчання будь-якої дисципліни є певна методична система. Кожному педагогу на початку своєї професійної діяльності доводиться будувати якщо не повну модель МСН, то принаймні її окремі елементи. При цьому якість проектування й реалізації навчально-виховного процесу цілком залежить від чіткого розуміння вчителем фізики змісту базового терміну, його сутнісних ознак і характеристик. У сучасній науково-методичній літературі існують різні підходи до визначення цього поняття, але більшість авторів вважає його складним динамічним утворенням, сутність якого уточнюють і конкретизують індивідуально:

- МСН – цілісний комплекс, що дозволяє моделювати процес навчання й виховання. Компонентами МСН є: мета, зміст, принципи, методи, засоби навчання; уміння, що розвиваються, а також результати навчально-виховного процесу з оцінкою їх якості. Усі компоненти МСН перебувають у певній ієрархічній залежності (Е. Азімов, А. Щукін) [4, с. 28];

- МСН – сукупність взаємопов'язаних засобів і методів, необхідних для створення організованого, цілеспрямованого педагогічного впливу на формування особистості з певними якостями (В. Беспалько) [40, с. 64];

- МСН – це впорядкована сукупність взаємопов'язаних і взаємозалежних методів, форм і засобів планування, проведення, контролю, аналізу й коригування навчального процесу, спрямованих на підвищення ефективності навчання. Характерними ознаками МСН є: науково обґрунтоване планування процесу навчання; єдність і взаємопроникнення теоретичної і практичної підготовки; високий рівень труднощів та швидкий темп вивчення навчального матеріалу, максимальна активність і достатня самостійність навчання; поєднання індивідуальної та колективної форм роботи; насиченість навчального процесу технічними засобами, передовими технологіями. До сучасної МСН входять такі основні компоненти: мета, зміст, засоби, організаційні форми навчання; діяльність викладача і студента; контроль у процесі навчання та його кінцевий результат (С. Гончаренко, Я. Олійник) [230, с. 258];

- МСН – це сукупність взаємопов'язаних і взаємообумовлених елементів – цілей, змісту, форм, методів і засобів навчання. Методична система роботи вчителя виходить з МСН і підкреслює особу вчителя, його індивідуальний педагогічний стиль (О. Іваницький) [151, с. 245];

- МСН являє собою систему взаємопов'язаних компонентів: цільового, змістового, операційно-діяльнісного, контрольного-регулювального, оцінно-результативного (І. Дудіна, Т. Степанова) [402, с. 177];

- МСН – це множина взаємопов'язаних структурних і функціональних компонентів (цілі, зміст, методи, форми і засоби навчання), орієнтованих на досягнення певного освітнього результату (Н. Кузьміна) [192, с. 17];

- МСН на теоретичному рівні можна розглядати як категорію для позначення закономірностей взаємодії суб'єктів навчально-виховного процесу, що проявляється у функціонуванні таких компонентів як цілі, зміст, методи, форми і засоби навчання. При уведенні до МСН особистості вчителя відбувається “замикання” усіх зв'язків між компонентами МСН на його професійній діяльності (Г. Левітас) [402, с. 178].

Узагальнення результатів теоретичного дослідження дає підстави розглядати МСН як складне динамічне професійно-особистісне утворення, що являє собою єдність цілей, концептуальних підходів, організаційно-педагогічних умов та обраної відповідно до них сукупності компонентів (змісту, методів, засобів і форм навчання), необхідних для цілеспрямованого та ефективного функціонування навчально-виховного процесу. Іншими словами, МСН – це певним чином організована взаємодія рівноправних суб'єктів педагогічного процесу, спрямована на реалізацію освітніх цілей дисципліни; вона ніби відповідає на запитання: Для чого ? Навіщо ? Чому ? Як ? Що ? ... мають вони робити, щоб досягнути запланованих результатів. Безумовно, якість реалізації МСН конкретної дисципліни на практиці у першу чергу залежить від рівня професійного світогляду, досвіду педагогічної діяльності та індивідуальних якостей викладача як її основного джерела й головної рушійної сили.

На основі запропонованих теоретико-методичних засад створено й впроваджено методичну систему навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики (рис. 2.6). Основою методичної системи навчання теоретичної фізики виступають три компоненти: цільовий, змістовно-процесуальний та діагностично-результативний. Виділені компоненти взаємопов'язані між собою, кожен з них впливає на наступний через розв'язання властивих йому завдань, тобто взаємозв'язок між ними здійснюється на змістовному й функціональному рівнях, що дозволяє реалізувати функцію всієї системи – всебічний розвиток особистості майбутніх учителів фізики засобами навчальної дисципліни “Теоретична фізика” та підвищення рівня їх фундаментальної фахової підготовки.

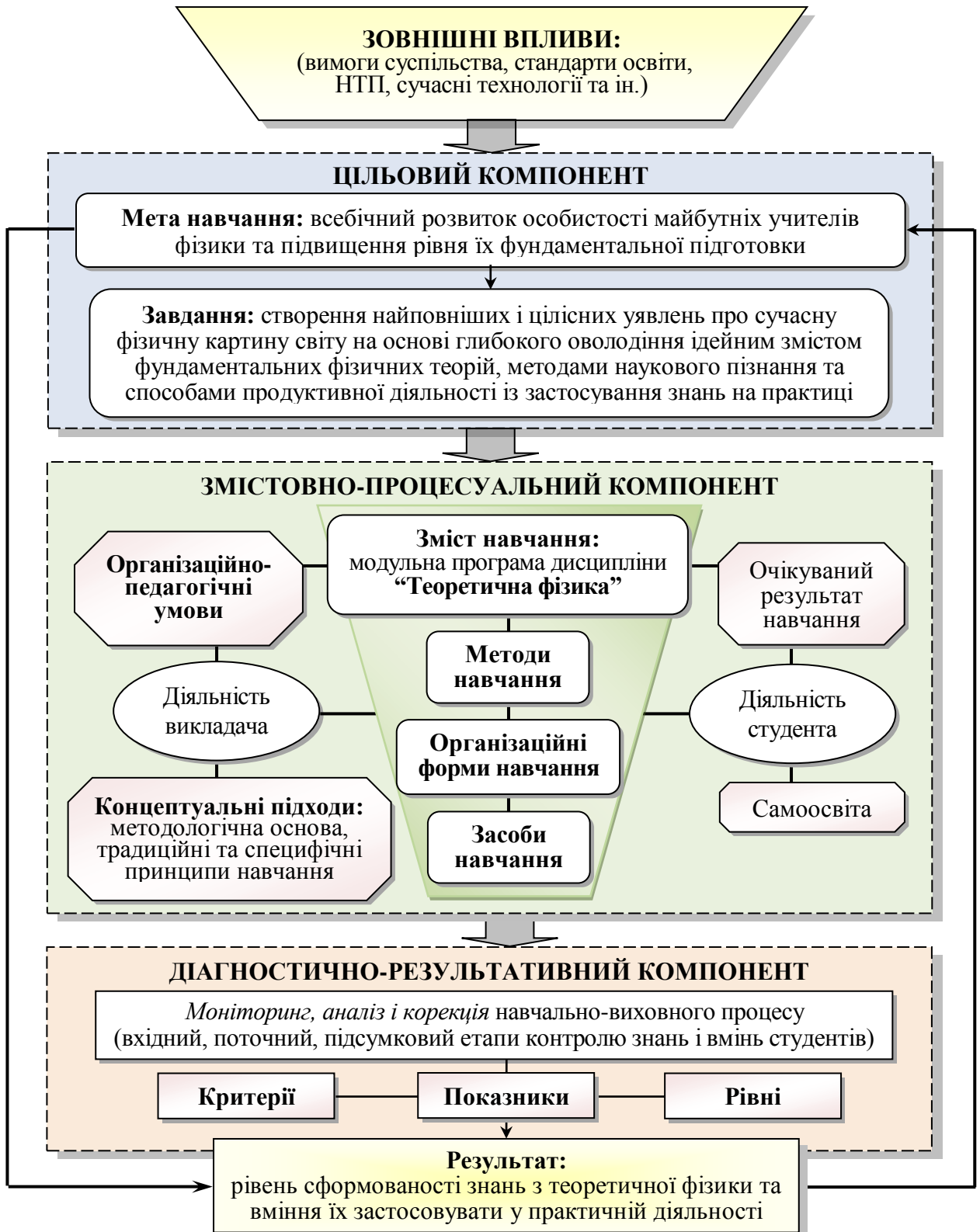


Рис. 2.6. Методична система навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики

Базовим, системоутворювальним елементом методичної системи навчання є *цільовий компонент*, оскільки визначає функції всіх інших та передбачає усвідомлення суб'єктами навчально-виховного процесу загальної мети й

основних завдань вивчення дисципліни в педагогічному університеті, що залежить від соціуму та вимог державного стандарту вищої освіти. У ньому закладена загальна мета реалізації системи відповідно до завдань професійної підготовки майбутніх педагогів та сучасних тенденцій розвитку освітньої галузі. Цільовий компонент системи включає в себе також уявлення про сутність і структуру фахової компетентності та особливості організації навчально-пізнавальної діяльності студентів з теоретичної фізики в контексті особистісно зорієнтованого і компетентнісного підходів.

Основа методичної системи – *змістовно-процесуальний компонент*, який містить згідно навчального плану і розробленої нами модульної програми дисципліни відповідний навчальний матеріал та дидактичні елементи, що забезпечують його ефективне засвоєння. Варто зазначити, що відповідно з усталеною науково-педагогічною традицією зміст і процес навчання, як правило, розглядаються окремо; однак реальний навчально-виховний процес являє собою єдине ціле, в якому викладання й учіння, змістова й процесуальна складові співіснують в системній єдності, визначають і зумовлюють один одного.

До складу змістовно-процесуального компоненту системи входить *діяльність студента й викладача*, які виступають окремими динамічними підсистемами. Так, зокрема, діяльність студентів характеризується взаємозв'язком і єдністю таких елементів, як пізнавальні мотиви, узагальнені способи діяльності та механізми (процедури) засвоєння змісту навчання, у тому числі й шляхом самоосвіти, відповідно до очікуваних освітніх результатів, передбачених модульною програмою курсу; діяльність викладача – засобами організації, управління й контролю навчально-пізнавальної діяльності студентів на основі комплексної реалізації у навчанні *концептуальних підходів* та *організаційно-педагогічних умов*. Перший елемент складають методологічні підходи (особистісно зорієнтований, системно-діяльнісний, компетентнісний), традиційні (науковості, наочності, фундаментальності та фахової спрямованості, систематичності й послідовності, доступності, свідомості, самостійності й творчої активності, зв'язку теорії з практикою та ін.) та специфічні дидактичні принципи навчання дисципліни

(цілісності й змістовної компактності, генералізації й циклічності, взаємозв'язку й наступності з курсом загальної фізики, варіативності, гуманітаризації). Другий елемент передбачає: забезпечення творчої активності й самореалізації суб'єктів освітнього процесу; органічне поєднання різних організаційних форм, методів і засобів навчання; системність контролю формування спеціалізовано-професійних складових фахової компетентності студентів.

Наукове знання, як відомо, має діяльнісну природу, що й обумовлює відповідний підхід у навчанні. Саме в діяльності формується особистість, її інтелект, стиль мислення, розвиваються творчі здібності. Фахова майстерність викладача курсу теоретичної фізики виявляється саме в умінні проектувати та реалізовувати змістовно-процесуальний (операційно-діяльнісний) компонент своєї методичної системи на кожному занятті, знаходити й визначати оптимальне поєднання різноманітного “дидактичного інструментарію”, що додаватиме навчально-пізнавальній діяльності студентів особистісну значущість. При цьому доцільно застосовувати як репродуктивні й інформаційно-ілюстративні методи, так і продуктивні (проблемний, частково-пошуковий, дослідницький).

Ефективність реалізації змістовно-процесуального компоненту, як і всієї методичної системи навчання дисципліни забезпечується: 1) *єдністю змістовної і процесуальної складових* (раціональним поєднанням та відповідністю організаційних форм, методів і засобів навчання цілям і змісту навчання); 2) *реалізацією принципу циклічності у формуванні компонентів фахової компетентності студентів, що характеризують рівень їх фундаментальної підготовки* (послідовним розв'язанням навчально-пізнавальних завдань з поступовим підвищенням рівня самостійності й творчості, що сприятиме розширенню їх суб'єктного досвіду, ускладненню і збагаченню структури фахової компетентності не лише на кількісному, але й на якісному рівні); 3) *врахуванням принципу взаємоповаги й співробітництва* (взаємодією викладача і студентів на суб'єкт-суб'єктній основі, що сприятиме їх творчій самореалізації, обміну знаннями й досвідом; виробленню у студентів способів продуктивного мислення й дії, формуванню системи гуманістичних цінностей).

Для реалізації цього компоненту МСН нами розроблено навчально-методичний комплекс (на прикладі розділу “Термодинаміка і статистична фізика”), який представлений модульною програмою навчальної дисципліни “Теоретична фізика” [343], монографією “Теоретико-методичні засади навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики”, навчально-методичними посібниками: “Основи термодинаміки і статистичної фізики” [406], “Основи термодинаміки і статистичної фізики: збірник задач” [405], “Термодинаміка і статистична фізика: збірник тестових завдань” [421].

Ефективною є тільки така МСН, що гарантує досягнення прогнозованих освітніх цілей. У зв’язку з цим її невід’ємною складовою є *діагностично-результативний компонент*, що містить засоби системного й неперервного контролю якості навчальних досягнень студентів, критерії та показники рівнів їх фундаментальної підготовки за результатами навчання курсу теоретичної фізики. Невід’ємною складовою цього компоненту є аналіз і корегування суб’єктами навчально-виховного процесу досягнутих освітніх результатів, їх відповідність цілям і завданням вивчення дисципліни, що визначає ефективність функціонування методичної системи навчання в цілому.

Розроблена методична система навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики є *відкритою та гнучкою*. Відкритість системи забезпечується систематичним оновленням змістовно-процесуального компоненту на основі врахування передових досягнень фізики, психолого-педагогічних наук, тенденцій розвитку освітньої галузі; гнучкість – поглибленням фундаментальності навчального курсу в поєднанні з його фаховою спрямованістю, підсиленням ролі самостійної роботи студентів з урахуванням їх індивідуальних особливостей, забезпеченням можливостей для реалізації ними індивідуальної освітньої траєкторії. Оптимізація процесу навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики реалізується за рахунок взаємозв’язків між компонентами методичної системи, які забезпечують її функціонування.



## Висновки до розділу 2

1. На підставі проведеного у попередньому розділі дисертації системного аналізу сучасної теорії і практики навчання теоретичної фізики в педагогічному університеті обґрунтовано провідне освітнє завдання навчальної дисципліни у підготовці сучасного вчителя фізики, згідно з яким засвоєння майбутнім педагогом фундаментальних наукових знань повинно сприяти розвитку особистості, має носити діяльнісний характер та бути органічно включено в процес формування його фахової компетентності. Необхідність реалізації останнього зумовило з'ясування сутності базових понять дослідження: компетенція, компетентність, фахова компетентність учителя фізики, фундаменталізація фахової підготовки вчителя фізики.

Показано, що фахову компетентність учителя фізики слід розглядати як інтегральну характеристику, що виявляється в єдності його теоретичної і практичної готовності до здійснення педагогічної діяльності та вирішення професійних завдань на основі фундаментальних знань, досвіду та особистісних якостей. Визначено, що фундаменталізація освіти – це дидактичний принцип та провідний імператив сучасних освітніх реформ, який не зводиться до механічного збільшення обсягів природничих і гуманітарних дисциплін, а передбачає реалізацію принципово нових цілей, змісту і методів навчання, що забезпечуватимуть нову якість пізнання, мислення, нову якість освіченості особистості відповідно до вимог державного стандарту вищої освіти. У зв'язку з цим запропоновано основні підходи щодо побудови й реалізації у практиці педагогічного університету методичної системи навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики в контексті фундаменталізації сучасної фізичної освіти

2. Висвітлено теоретико-методичні підходи до конструювання модульної програми навчальної дисципліни “Теоретична фізика” для студентів напряму підготовки Фізика\* педагогічних університетів, що містить такі складові: предмет, мету, основні завдання, міждисциплінарні зв'язки, системоутворювальні елементи, інформаційний обсяг змістових модулів, рекомендовану літературу, форми контролю та засоби діагностики успішності навчання студентів. У

результаті: оновлено змістову й результативну складові навчальної дисципліни з урахуванням принципів науковості, взаємозв'язку й наступності з курсом загальної фізики, модульності як важливого чинника самоосвіти студентів; навчальний матеріал змістових модулів представлено у вигляді “інваріантного (теоретичного) ядра – варіативної (прикладної, фахово-зорієнтованої) оболонки”, що дозволяє реалізувати диференційований підхід у навчанні, а також розвивальний і виховний потенціали дисципліни. Структура і зміст програми відповідають вимогам організації повноцінної аудиторної і самостійної роботи студентів в умовах кредитно-модульної (трансферної) системи навчання, дозволяючи проводити системний і безперервний моніторинг навчальних досягнень студентів, у тому числі за умов дистанційної форми навчання.

3. Уперше на основі структурування елементів знань визначено й конкретизовано зміст науково-теоретичної та практично-діяльнісної складових фахової компетентності студентів для кожного змістового модулю дисципліни у формі “*студенти знають/розуміють*” (зміст фізичних понять і величин, явищ, ефектів, методів, дослідів, моделей, законів, принципів, постулатів, теорем, рівнянь, фізичних констант); “*студенти вміють*” (пояснити, зображувати й аналізувати, моделювати, визначати та виводити, розв’язувати, робити висновки філософського та методологічного характеру). Представлені в такому вигляді узагальнення дозволяють відмежувати основний навчальний матеріал, що має фундаментальне, найбільш важливе професійно-педагогічне значення, від допоміжного та представити його як певну систему, чим забезпечується цілісність і дієвість знань на довготривалу перспективу, формування вмінь швидко оволодівати новою інформацією.

4. На основі систематизації та узагальнення літературних джерел, власного педагогічного досвіду запропоновано загальні психолого-педагогічні рекомендації, що сприятимуть ефективній організації навчально-виховного процесу з курсу теоретичної фізики в педагогічному університеті. З урахуванням наведених засад реалізації принципу взаємозв'язку фундаментальності та фахової спрямованості навчання теоретичної фізики в педагогічному університеті розроблено систему завдань і методичних прийомів фахового

спрямування, що сприятимуть підвищенню мотивації, пізнавальної активності та рівня навчальних досягнень студентів з курсу теоретичної фізики.

5. Уперше в умовах кредитно-трансферної організації навчального процесу в педагогічному університеті запропоновано теоретико-методичні засади навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики як основи сучасної концепції навчання дисципліни в педагогічному університеті. На підставі запропонованих концептуальних положень створено й впроваджено методичну систему навчання дисципліни, орієнтовану на формування фундаментальних знань і фахової компетентності майбутніх учителів фізики з урахуванням принципу цілісності, що базується на взаємозв'язку науково обґрунтованих компонентів та передбачає реалізацію концептуальних підходів і організаційно-педагогічних умов, за яких забезпечується ефективне досягнення освітніх цілей. Розроблена методична система навчання теоретичної фізики є відкритою та гнучкою. Оптимізація процесу навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики реалізується за рахунок взаємозв'язків між компонентами методичної системи, які забезпечують її функціонування.

Основні положення другого розділу дисертації висвітлені автором у публікаціях [394], [402], [413], [414], [416], [427].

## РОЗДІЛ 3

### РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДИЧНОЇ СИСТЕМИ НАВЧАННЯ ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ

#### **3.1. Реалізація принципу взаємозв'язку й наступності курсів загальної і теоретичної фізики у підготовці майбутніх учителів фізики**

Концептуальною основою сучасної освіти є формування всебічно розвиненої творчої особистості, виховання її активної пізнавальної позиції, спрямованість освіти на найповнішу реалізацію здібностей, потреб, інтелектуального й духовного потенціалу молодій людині, вироблення стійких механізмів самонавчання, самовиховання й саморозвитку. Саме тому неперервну освіту розглядають як стратегію сучасних освітніх реформ, що надає їй ступневому характеру ознак цілісності й спрямованості. Ідею неперервної освіти висловив ще Я. Каменський, наголошуючи на тому, що “все життя – школа”. Однак до останнього часу ця думка більшою мірою мала статус просвітницького ідеалу і декларувалася як абстрактна необхідність розвитку людини шляхом систематичного оновлення й розширення знань, поглядів, культурного рівня. Найважливішою особливістю становлення сучасної неперервної освіти є її системний, цілісний характер. При цьому між окремими освітніми ланками, що забезпечують поступальність і поетапність набуття особистістю знань, умінь, досвіду діяльності повинен існувати чіткий взаємозв'язок та узгодженість цілей, змісту і технологій навчання. Тому особливо актуальною є проблема забезпечення принципу взаємозв'язку й наступності не тільки на кожному етапі навчання, але й у кожній конкретній його підсистемі. Мова йде насамперед про “стикування” окремих ланок фахової підготовки майбутніх учителів фізики та перетворення їх в органічну взаємопов'язану систему фаз і стадій розвитку, що послідовно змінюють одна одну.

Наступність передбачає осмислення студентами навчального матеріалу на більш високому рівні, глибше розуміння взаємозв'язків між елементами наукових знань, розширення й збагачення кола наявних умінь і навичок, практичного

досвіду, особистісних якостей. Незважаючи на значну увагу науковців до проблеми наступності у навчанні та наявність ґрунтовних праць, вона не втратила своєї актуальності, про що свідчить реальна освітня практика, зокрема у навчанні фізики. У педагогічному університеті останню, як відомо, вивчають у два етапи. Спочатку студенти опрацьовують навчальний матеріал курсу загальної фізики, який має переважно експериментальний характер та створює надійний фундамент для розуміння основ фундаментальних фізичних теорій у курсі теоретичної фізики. Остання тісно пов'язана з фізикою експериментальною, але різняться вони між собою як за методами, так і за характером отриманих результатів. У логічній структурі фізичних знань зазвичай розрізняють два рівні (методи пізнання) – *експериментальний* і *теоретичний*. Перший передбачає отримання нових емпіричних фактів, перевірку відомих закономірностей, властивостей і характеристик досліджуваних об'єктів. Інший використовує математичний формалізм і моделювання реальних фізичних об'єктів, за допомогою яких з'ясовують їх властивості, зв'язки, особливості функціонування, еволюцію розвитку за тих чи інших умов.

Найбільш загальним елементом цих методів слугують основні поняття, ідеї та принципи, що визначають головні особливості фізичного пізнання й світорозуміння у певний історичний період. Закони збереження і перетворення енергії, принципи відносності й причинності, співвідношення невизначеностей та інші мають силу для будь-яких фізичних явищ. Саме останні повинні бути в центрі уваги навчального процесу, створювати надійну основу фундаментальності знань майбутніх учителів фізики. Однак реальна практика свідчить про те, що певна частина випускників має труднощі з поясненням фізичної сутності основних понять (маса, енергія, ентропія, електричний заряд, поле, спін та ін.), принципів (дуалізму, відповідності, доповнюваності, симетрії та ін.), фундаментальних фізичних взаємодій. Складними для багатьох студентів є питання методологічного характеру: аналіз логічної структури фізичного знання, визначення ролі та значення фундаментальної ідеї/досліду в структурі фізичної теорії, з'ясування особливостей наукового пізнання в рамках певних фізичних картин світу та ін.

Таке становище можна пояснити, по-перше, фрагментарністю базових знань і слабким рівнем володіння студентами математичним апаратом; по-друге, недостатньою реалізацією принципу взаємозв'язку й наступності у навчанні курсів загальної і теоретичної фізики та необхідністю координації зусиль і більш тісної співпраці викладачів з метою формування у студентів цілісних, системних, методологічно важливих знань про сучасну фізичну картину світу як невід'ємної складової наукового світогляду – основи їх фахової компетентності.

Ідеї наступності в системі фахової підготовки вчителів фізики певним чином реалізовані у відповідних навчальних планах педагогічних університетів, але разом з тим не запобігає існуванню цілої низки проблем: 1) узгодження навчальних програм зазначених дисциплін, що виключає дублювання матеріалу та створює надійну основу для свідомого й послідовного засвоєння студентами теоретичного ядра сучасної фізичної науки; 2) засвоєння студентами фундаментальної фізичної теорії як цілісного об'єкту із зв'язками, структурно адекватними науковій теорії, що сприятиме свідомості й системності знань, а отже, поліпшенню якості їх фундаментальної підготовки; 3) усвідомлення студентами складної діалектики та єдності емпіричного й теоретичного, логічного та історичного в структурі фізичного знання й пізнання, що запобігає фрагментарності спеціальних/предметних, світоглядних і методологічних знань.

Актуальність розв'язання зазначених проблем зумовлюється не лише тенденцією фундаменталізації сучасної фізичної освіти, але й відсутністю, на відміну від загальноосвітньої школи, комплексних наукових досліджень проблеми наступності в системі фундаментальної фахової підготовки майбутніх учителів фізики. Мова йде про необхідність реалізації в практиці сучасного педагогічного університету цілісної системи поетапного формування, розширення й поглиблення знань студентів з фундаментальних основ фізичної науки, оволодіння ними методами наукового пізнання та способами продуктивної діяльності із застосування знань на практиці, створення оптимальних умов для послідовного й неухильного зростання світоглядного і загальнокультурного потенціалів особистості, здобуття досвіду успішної самоосвітньої діяльності.

Саме такий підхід, на нашу думку, сприятиме розв'язанню більш широкого й фундаментального завдання – реалізації системи неперервної фізичної освіти. З урахуванням зазначеного нижче наведено авторський підхід щодо реалізації принципу взаємозв'язку й наступності курсів загальної і теоретичної фізики у підготовці майбутніх учителів фізики.

Зміст і структура зазначених дисциплін, взаємозв'язок та оптимальне поєднання окремих організаційних форм навчання (лекції, практичні/семінарські, лабораторні заняття, самостійна робота) має суттєвий вплив на якість сприйняття і засвоєння студентами навчального матеріалу. Звичайно, часовий інтервал між різними видами занять повинен бути мінімальним, що сприятиме ефективній реалізації у навчанні пізнавальної схеми: актуалізація/ознайомлення → оволодіння → застосування. Цілі і зміст цих занять різні. Як їх оптимально поєднати між собою з метою досягнення запланованих освітніх результатів – завдання в педагогічній науці не нове, але далеке від свого остаточного розв'язання, особливо за умов сучасних освітніх трансформацій в контексті європейських вимог, тому воно завжди перебуває в полі зору вчених, є доволі складним і потребує експериментального вирішення.

Формою вираження змісту навчальних дисциплін є відповідні програми, що містять детальний перелік основних розділів і тем, послідовність їх вивчення, методичні та організаційні рекомендації, перелік відповідної літератури. Основне завдання програм – надання викладачам і студентам орієнтовного плану дій, використання засобів і методів щодо вивчення окремих питань, тем, розділів. Але цього явно недостатньо, оскільки зміст дисципліни – не просто сума повідомлень, правил і законів; це система наукових знань, що складає основу фахової компетентності вчителя, його кваліфікаційної характеристики. Рівень та якість освітніх результатів визначають не лише змістовим компонентом; вони залежать від багатьох чинників, головними серед яких, на нашу думку, є “ступінь включення” студента в роботу, його активна позиція в усіх видах навчально-пізнавальної діяльності, що свідчить про свідомість та особистісну значущість засвоєння ним нової наукової інформації.

Одним з основних завдань у вивченні дисципліни є визначення у її змісті головного, інваріантного, методологічно важливого та його системне, послідовне й міцне засвоєння студентами. Зміст навчального матеріалу, як відомо, характеризують певною системою внутрішніх зв'язків між елементами, які визначають його логічну структуру. Найповніше вони представлені в навчальних програмах дисциплін, у зв'язку з чим нами було проаналізовано відповідні архівні нормативні освітні документи, починаючи з 20-х років ХХ ст. (підрозділ 1.1, рис. 1.1). Таблиця 3.1 містить інформацію щодо розподілу годин курсів загальної і теоретичної фізики згідно навчального плану підготовки вчителів фізики НПУ імені М.П.Драгоманова 2013-2014 рр. Як бачимо, в цілому цей розподіл є оптимальним, з незначним дисбалансом аудиторних годин складових курсу теоретичної фізики. Більша кількість годин загальної фізики є цілком зрозумілою, що пов'язано з її експериментальним характером і відповідною роллю у наступному оволодінні студентами дисциплінами фахового спрямування.

Таблиця 3.1

**Розподіл годин у навчанні курсів загальної і теоретичної фізики  
(навчальний план 2013/2014 рр.)**

№ з/п	Назва дисципліни	Розподіл за семестрами		Кількість годин						
		екзамени	кількість кредитів ECTS	Загальний обсяг	аудиторні					самостійна робота
					Всього	у тому числі				
						лекції	практичні, семінарські	лабораторні	індив. роб.	
<b>Загальна фізика</b>				<b>1584</b>	<b>780</b>	<b>198</b>	<b>180</b>	<b>324</b>	<b>78</b>	<b>804</b>
1.	Механіка	2	9	324	160	36	36	72	16	164
2.	Молекулярна фізика і термодинаміка	3	9	324	160	36	36	72	16	164
3.	Електрика і магнетизм	4	9	324	160	36	36	72	16	164
4.	Оптика	5	9	324	160	36	36	72	16	164
5.	Атомна і ядерна фізика	6	8	288	140	54	36	36	14	148
<b>Теоретична фізика</b>				<b>864</b>	<b>436</b>	<b>188</b>	<b>206</b>	<b>-</b>	<b>42</b>	<b>428</b>
1.	Теоретична механіка і основи механіки суцільних середовищ	5	6	216	120	54	54	-	12	96
2.	Електродинаміка	6	6	216	100	36	54	-	10	116
3.	Квантова механіка	7	6	216	120	54	54	-	12	96
4.	Термодинаміка і статистична фізика	8	6	216	96	44	44	-	8	120



Процес викладання зазначених дисциплін у педагогічному університеті має свою специфіку, що позначається як на його змістовому, так і процесуальному компонентах. У курсі загальної фізики накопичують знання про фізичні явища і процеси, фундаментальні досліді, основні емпіричні закони. Хоча в ньому і вивчають елементи фізичних теорій, у цілому в курсі реалізується так званий феноменологічний підхід, тобто основну увагу звернено до самих явищ, їх дослідній інтерпретації, аналізу окремих законів. У теоретичній фізиці матеріал загальної фізики узагальнюють і детально вивчають фундаментальні фізичні теорії, кожна з яких у своїй галузі з єдиних позицій описує всі відомі фізичні явища, тобто дає можливість їх розрахувати, зрозуміти та передбачити.

Головне завдання курсу теоретичної фізики в педагогічному університеті полягає в оволодінні студентами сутністю фундаментальних фізичних ідей, принципів, законів і теорій. Остання, як відомо, є провідною формою систематизації знань, містить “у згорнутому вигляді” основні етапи циклу наукового пізнання і тому є засобом формування наукового стилю мислення. Саме на цьому освітньому завданні – формуванні наукового світогляду і стилю мислення школярів – акцентовано увагу в Державному стандарті базової і повної загальної середньої освіти (у частині його фізичного компоненту). Однак, як свідчать результати державних екзаменів, у яких дисертант безпосередньо приймав участь, у цьому контексті маємо дві проблеми: фрагментарний характер знань частини випускників з основ фундаментальних фізичних теорій та відсутність систематизації й узагальнення знань на рівні сучасної фізичної картини світу. Варто зазначити, що остання не є механічною сумою знань, автоматичним результатом “проходження” студентами курсів загальної і теоретичної фізики, а тим рівнем освіченості (фундаментальної підготовки), на якій вони можуть піднятися в результаті цілеспрямованої, системної й поетапної роботи. Особливе місце у розв’язанні зазначеної проблеми належить курсу теоретичної фізики, що завершує фундаментальну підготовку майбутніх учителів фізики в педагогічному університеті, зумовлюючи таким чином його провідну освітню мету. Завдання формування наукового світогляду і відповідного стилю мислення студентів можна вирішити за умови, якщо стратегія курсу відповідатиме

формам теоретичних узагальнень, а саме усвідомленню ними змісту й структури фундаментальних фізичних теорій з наступним узагальненням знань на рівні сучасної фізичної картини світу (основні підходи до розв'язання зазначеної проблеми розглянуто в четвертому розділі).

Фундаментальні теорії як основа сучасної фізичної картини світу є прямим втіленням науково-теоретичного способу мислення у своїй предметній галузі та одночасно його продуктом. Спробуємо з'ясувати структуру, основні модельні уявлення й принципи, універсальні поняття і закони фундаментальних фізичних теорій, що складають найзагальніші “клітинки” фізичного пізнання та які повинні бути в центрі уваги викладачів і студентів у межах окремих розділів навчальної дисципліни “Теоретична фізика”. Усвідомлення та системне засвоєння студентами наведеної нижче інформації, представленої з урахуванням принципу взаємозв'язку й наступності курсів загальної і теоретичної фізики, на нашу думку, сприятиме розширенню й поглибленню базових знань, підвищенню рівня та якості їх фундаментальної підготовки, формуванню базових складових фахової компетентності.

Вивченню першої з чотирьох фундаментальних фізичних теорій передують усвідомлення студентами їх *загальної структури* (рис. 3.1) та специфічних у науці *функцій*. Хоча зміст останніх буде з'ясовано ними по ходу вивчення дисципліни, акцентування уваги на цьому аспекті з першого лекційного заняття, на нашу думку, піде лише на користь справі. До основних функцій теорії як цілісної системи наукових знань відносять: 1) *синтетичну* (поєднання окремих емпіричних фактів і теоретичних положень в єдину, цілісну систему); 2) *пояснювальну* (виявлення причинно-наслідкових зв'язків досліджуваного об'єкту/явища, його характеристик і властивостей, механізму перебігу); 3) *методологічну* (формування на базі теорії методів, способів і прийомів пізнавальної діяльності); 4) *практичну* (розв'язання практичних задач на основі системи наукових знань); 5) *евристичну* (передбачення за допомогою теоретичних уявлень і математичного аналізу нових, експериментально ще не відкритих явищ, властивостей, особливостей функціонування досліджуваних об'єктів).

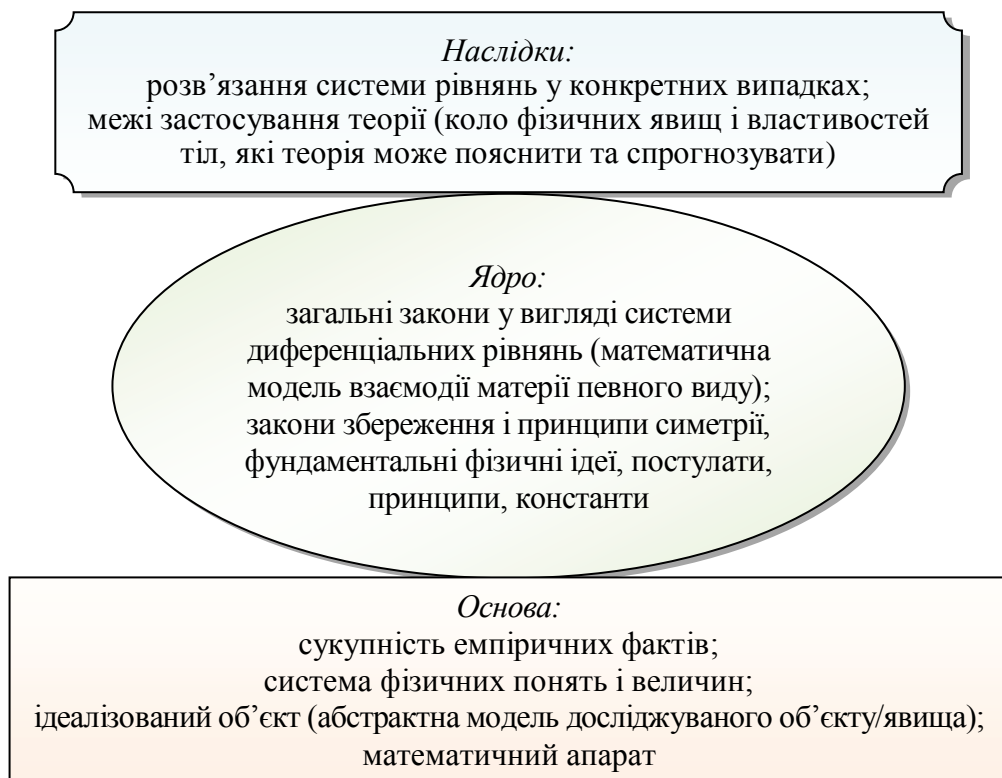


Рис. 3.1. Структура фундаментальної фізичної теорії

Принципового значення у навчанні теоретичної фізики має реалізація його основної мети: методика викладання дисципліни повинна відображати методологію сучасної фізичної науки, оскільки сутністю навчання є не тільки оволодіння “мовою”, але й “методом мислення” науки. У зв'язку з цим студенти мають чітко усвідомлювати роль і значення теоретичних узагальнень у логічній структурі фізичного знання, ідейний зміст фундаментальних теорій, їх багатofункціональність та ієрархічність відповідно до певних просторових інтервалів і фундаментальних взаємодій. Доцільним і необхідним у методологічному відношенні є ознайомлення студентів з двома типами фізичних теорій – *динамічними* та *статистичними*, що відповідає класифікації, прийнятій у курсі теоретичної фізики Л. Ландау і Е. Ліфшиця. До теорій динамічного типу відносять: класичну механіку і теорію гравітації, механіку суцільних середовищ, феноменологічну термодинаміку, макроскопічну електродинаміку Максвелла. У цих теоріях стан досліджуваного об'єкту/системи однозначно визначають певними фізичними параметрами: у класичній механіці – значеннями координат і проекцій швидкостей матеріальних точок; у механіці суцільних середовищ – функціями просторового розподілу

фізичних величин (густини, тиску, швидкості та ін.); у термодинаміці – за допомогою термодинамічних параметрів (тиск, об'єм, температура, внутрішня енергія, ентропія та ін.); в електродинаміці – значеннями основних характеристик електромагнітного поля (напруженості та індукції).

Майже всі зазначені вище теорії були створені у XVIII – XIX ст., являючи собою перший (класичний) етап методології наукового пізнання. Наступним етапом, пов'язаним з дослідженням явищ мікросвіту і становленням нового (некласичного) типу наукової раціональності, стала поява статистичних теорій. До них відносять: статистичну механіку (статистичну фізику), мікроскопічну електродинаміку, всі квантові теорії. На відміну від динамічних у статистичних теоріях поведінку системи описують не значеннями певних фізичних величин, а законами їх розподілу (статистичними законами ймовірності), що дозволяють однозначно визначити лише їх середні значення з наступним експериментальним підтвердженням. Важливим у методологічному відношенні є розуміння студентами того, що навколишнім світом керують не однозначні детерміністичні закони і не абсолютна випадковість. Детермінізм і ймовірність – два граничних випадки опису реальних фізичних систем. Таким чином, у теоретичній фізиці розроблено два різних підходи до моделювання природних явищ – *динамічний* (детерміністські рівняння руху) для простих систем та *ймовірнісний*, що спирається на статистичний аналіз усереднених величин для складних систем. Хоча вищезазначені підходи мають принципові відмінності між ними є багато спільного, що зумовлює єдність усіх фундаментальних фізичних теорій. Остання, зокрема, полягає у:

- спільності базових фізичних понять (маса, енергія, імпульс, сила) та основних законів (представлення у вигляді системи диференціальних рівнянь та їх зв'язок із законами збереження);

- єдності принципів інваріантності по відношенню до певної групи перетворень (лоренц-інваріантності);

- універсальності фундаментальних фізичних констант, що відображають якісні межі різних форм руху матерії;

- наступності, що ілюструє принцип відповідності;

– застосуванні методів одних теорій у вирішенні проблем інших (наприклад, використання математичного формалізму теорії Гамільтона-Якобі у розв’язанні задач квантової механіки).

Реалізація принципу взаємозв’язку і наступності вивчення студентами основних елементів фундаментальних фізичних теорій у курсах загальної і теоретичної фізики представлено в Додатках А.1-4. При цьому засвоєння студентами фундаментальних фізичних теорій як основних дидактичних одиниць змісту курсу теоретичної фізики має ряд принципових аспектів:

1) перед *класичною механікою*, як першим розділом курсу теоретичної фізики не стоїть завдання – формування наукового світогляду, але з уведенням відповідної фізичної аксіоматики та нового математичного апарату прокладається шлях до інших розділів теоретичної фізики, де його успішно вирішують. Вивчення основних положень першої в науці фундаментальної теорії повинно базуватися на використанні варіаційних принципів і канонічного формалізму, розкривати зв’язок законів збереження з властивостями симетрії простору й часу та проводити з більш загальних (релятивістських) позицій. Основна увага має акцентуватися на розумінні студентами єдиної фізичної основи аналітичних методів механіки, усвідомленні більшого рівня наочності методу Ньютона у вивченні механічних систем порівняно з методами Лагранжа і Гамільтона, оскільки останні на відміну від звичайного евклідового простору і декартової системи координат пов’язані з використанням більш абстрактних багатовимірних просторів – конфігураційного простору узагальнених координат і фазового простору узагальнених координат та імпульсів відповідно. Важливого значення має також і те, що саме в рамках метода Ньютона можна найпростіше (з математичної точки зору) вивести закони збереження енергії, імпульсу та моменту імпульсу з симетрій простору і часу, що озброює студентів сучасним науковим розумінням законів збереження та їх зв’язків з фундаментальними фізичними симетріями та рівняннями руху.

Методика вивчення студентами основ спеціальної теорії відносності повинна базуватися на використанні перетворень Лоренца в розкритті фізичного змісту всіх кінематичних наслідків, завдяки чому забезпечується її доказова база і завершеність,

прослідковується взаємозв'язок просторових координат з часом, формуються уявлення про властивості єдиного чотиривимірного простору-часу, що загалом виступає основою для розвитку відомостей про сучасну фізичну картину світу;

2) враховуючи релятивістсько-коваріантний характер *класичної електродинаміки*, її вивчення повинно базуватися на принципах теорії відносності. Іншими словами для коректного опису електромагнітних явищ необхідно обов'язкове врахування релятивістських ефектів, навіть якщо вони й нескінченно малі. У зв'язку з цим обґрунтування основних положень електродинаміки та рівнянь Максвелла слід проводити на основі принципу відносності та закону Кулона, що відповідатиме рівню та методології сучасної фізичної науки. Основну увагу студентів слід звернути послідовному аналізу властивостей електромагнітного поля рівномірно й прямолінійно рухомої зарядженої частинки та моделі взаємодії двох рухомих заряджених частинок, що дозволяє обґрунтувати “релятивістський” характер багатьох електродинамічних питань (єдність електромагнітного поля та умовність його поділу на окремі складові, струм зміщення як джерело магнітного поля в околі провідника зі струмом, магнітна взаємодія, властивості магнітного поля постійних і квазістаціонарних струмів та ін.). Відповідна перебудова змістового компоненту методики навчання електродинаміки на засадах генералізації знань студентів навколо принципу відносності та поняття електромагнітного поля виступатиме реалізацією характерної тенденції фізичної науки: сформулювати та пояснити всю сукупність фізичних явищ і законів, спираючись на невелику кількість основних принципів;

3) вивчення *квантової механіки* повинно спиратися на використання оптичних аналогій, а також реалізовувати єдність статистичного та ймовірнісного підходів у поясненні закономірностей мікросвіту. Такий методичний підхід зумовлений не тільки використанням складного понятійного і математичного апарату теорії, але й, головним чином, відсутністю відповідної наочності, яка б полегшувала сприйняття й розуміння студентами квантових явищ. Більш широке застосування методу аналогії у навчанні пов'язано з реалізацією загальноновизнаної ідеї сучасної фізичної освіти, а саме: відповідності процесу навчання логіці розвитку науки, а також тим методам пізнання, які стали в ній вирішальними.

Аналіз наукових першоджерел доводить, що на першому етапі становлення квантової механіки оптичні уявлення та оптико-механічні аналогії мали визначальне значення для інтуїтивного формування нових понять та ідей. Про це свідчать наукові праці Л. де Бройля, Е. Шредінгера, М. Планка, В. Гейзенберга, А. Зоммерфельда. Оптична аналогія квантових ефектів є фізично коректною, оскільки зумовлена хвильовими властивостями мікрочастинок та електромагнітного випромінювання і має чітку математичну основу, оскільки пов'язана з розв'язанням математично ідентичних рівнянь: основного рівняння квантової механіки (рівняння Шредінгера:  $\nabla^2\Psi + \frac{2m}{\hbar^2}E\Psi = 0$ ), що описує стаціонарні стани мікрочастинки, та основного рівняння хвильової оптики (рівняння Гельмгольца:  $\nabla^2 A + \frac{\omega^2 n^2}{c^2} A = 0$ ), що описує електромагнітну хвилю. У цих рівняннях:  $\Psi$  – хвильова функція мікрочастинки, ( $h = 2\pi\hbar$ ) – стала Планка,  $m$  і  $E$  – маса та енергія частинки;  $A$  і  $\omega$  – амплітуда і частота електромагнітної хвилі,  $n$  – показник заломлення середовища,  $c$  – швидкість світла у вакуумі. Різниця цих рівнянь полягає лише в тому, що в першому випадку маємо справу з хвильовою функцією, квадрат якої визначає ймовірність перебування частинки в певній області простору, в іншому – з амплітудою електромагнітної хвилі, квадрат якої визначає інтенсивність світла в даній точці. Аналогія стає ще більш повною, якщо порівнювати випромінювання не з одиничним електроном, а з потоком, що містить статистично велику кількість частинок (у цьому випадку квадрат хвильової функції визначає число частинок потоку в певній області простору).

Цей історичний аспект нам видається дуже важливим і корисним у навчанні. Психологічний бар'єр несприйняття студентами квантових явищ значною мірою знизиться, якщо останні поєднують не з класичною механікою, а хвильовою оптикою. На цій підставі пропонується систематично використовувати у навчанні аналогічні пари явищ квантової, а точніше, хвильової механіки і хвильової оптики: а) рух мікрочастинки крізь потенціальний бар'єр (відбиття/проходження світла на межі двох середовищ та його поширення крізь тонку металеву пластинку або крізь тонкий

шар діелектрика за умови порушення повного внутрішнього відбиття); б) рух мікрочастинки над потенціальною ямою кінцевої ширини (відбиття/проходження електромагнітної хвилі у повітряному зазорі між діелектриками); в) резонансне тунелювання (багатопроменева інтерференція в інтерферометрі Фабрі-Перо) [428].

Важливого значення має також розуміння студентами принципової відмінності дослідження квантових систем від класичних, яка полягає в тому, що статистика, неминуча у дослідженні систем з великим числом ступенів вільності, тут накладається на статистику, яка притаманна об'єктам мікросвіту через специфічний, квантовий характер їх руху. У квантовій механіці немає місця законам, які керують змінами індивідуального об'єкту з часом; замість цього ми маємо закони, які керують змінами ймовірності з часом;

4) вивчення *термодинаміки і статистичної фізики* повинно розкривати специфіку та взаємозв'язок термодинамічного і статистичного методів дослідження властивостей макросистем і сприяти розумінню студентами необхідності використання статистичних уявлень у розкритті глибинного ймовірнісного характеру основних понять і законів термодинаміки. У зв'язку з цим вивчення студентами багатьох питань курсу (закони термодинаміки, елементи теорій ідеальних і неідеальних систем, флуктуацій, рівноваги фаз і фазових перетворень, нерівноважних систем) має відбуватися з єдиних позицій, методично поєднаних спільною ідеєю. Це сприяє отриманню студентами систематизованих знань, узагальнених навколо єдиного теоретичного ядра, формуванню наукового світогляду і відповідного стилю мислення, а отже, поліпшенню якості їх фундаментальної підготовки.

**Фундаментальні фізичні взаємодії.** Усе розмаїття проявів оточуючого нас світу – фізичні явища і процеси, властивості, будова й рух фізичних об'єктів – зумовлений взаємодіями. Пізнання світу є по суті пізнанням взаємодій. Конкретних фізичних взаємодій у світі дуже багато, але всі вони зводяться наукою до чотирьох вихідних/фундаментальних. Останні різняться між собою характерною відстанню й часом, відношенням сил, енергіями, що припадають на мікрочастинку, інтенсивністю (табл. 3.2).



Таблиця 3.2

### Основні характеристики фундаментальних фізичних взаємодій

№ з/п	Тип взаємодії	частинка-носії	відносна інтенсивність	радіус дії, м	характерний час, с
1.	Сильна	глюон	1	$\approx 10^{-15}$	$\approx 10^{-23}$
2.	Електромагнітна	фотон	$\approx 10^{-2}$	$\infty$	$\approx 10^{-20}$
3.	Слабка	$(W^+, W^-, Z^0)$ бозони	$\approx 10^{-13}$	$\approx 10^{-18}$	$\approx 10^{-13}$
4.	Гравітаційна	гравітон (гіпотетич.)	$\approx 10^{-38}$	$\infty$	?

У навчанні теоретичної фізики в аспекті зазначеної проблеми особливе місце займає питання усвідомлення студентами фізичної сутності та специфічних особливостей кожної з чотирьох фундаментальних взаємодій, оскільки саме вони є предметом вивчення фундаментальних фізичних теорій. Окрім суто предметного боку увага повинна звертатися на внутрішню єдність, наступність і логічний взаємозв'язок різних фізичних теорій, їх відповідність і своєрідну ієрархію в рамках просторових областей досліджуваних фізичних взаємодій. Так, зокрема, стосовно *гравітаційної взаємодії* студенти мають знати, що вона є універсальною, тобто виявляється для будь-яких матеріальних об'єктів, але суттєвою тільки за наявності масивних тіл, а отже, на макроскопічних відстанях. Вона здійснюється за допомогою гравітаційного поля, квантами якого є гравітони – гіпотетичні частинки з нульовою масою спокою та спіном, що дорівнює двом. Особливістю гравітаційної взаємодії є її прояв лише у вигляді притягання двох тіл з ненульовими масами. У випадку слабких полів і невеликих швидкостей (порівняно зі швидкістю світла) гравітаційну взаємодію описує теорія гравітації Ньютона, згідно якої остання передається у просторі миттєво (далекодія). У цій теорії справедливий принцип суперпозиції полів: кожна маса створює незалежно від інших власне гравітаційне поле. Узагальнення теорії гравітації Ньютона проведено Ейнштейном на основі принципів відносності в термінах геометрії простору-часу загальної теорії відносності.

*Електромагнітна взаємодія* на багато порядків інтенсивніша за гравітаційну і єдина причина, за якою вона не виявляється в космічних масштабах – електрична нейтральність матерії, тобто наявність у кожній області Всесвіту балансу позитивних і негативних електричних зарядів. З усіх типів взаємодій

електромагнітна найбільш вивчена. У ній передбачається обов'язкова участь електромагнітного поля. На відміну від слабкої і сильної електромагнітна взаємодія також як і гравітаційна є далекодіючою, що зумовлює її прояви як на макроскопічному, так і мікроскопічному рівнях. Фактично переважна більшість фізичних сил у класичній механіці (сили пружності, тертя, поверхневого натягу та ін.) мають електромагнітну природу. Електромагнітна взаємодія визначає більшість фізичних властивостей макроскопічних тіл, зокрема, зміну цих властивостей під час їх агрегатних перетворень; складає основу хімічних реакцій; електричні, магнітні та оптичні явища також зводяться до електромагнітної взаємодії. На мікроскопічному рівні (з урахуванням квантових ефектів) вона визначає структуру електронних оболонок атомів, структуру молекул та їх комплексів.

У випадку слабких і повільно змінних електромагнітних полів застосовують класичну теорію електромагнітного поля Максвелла. Загальною теорією електромагнітних явищ є *квантова електродинаміка*, яка пояснює далекодіючий характер електромагнітної взаємодії за допомогою кванта поля (фотона) з нульовою масою спокою. Через відсутність заряду фотони між собою не взаємодіють, як наслідок, електромагнітні поля в просторі поширюються незалежно. Квантова електродинаміка має достатньо розвинений математичний апарат і дозволяє одержати результати з великою точністю. Розрахунки цієї теорії покладені в основу атомної фізики, квантової теорії випромінювання й технології лазерів, фізики плазми, фізики твердого тіла, електроніки та квантової хімії. Електромагнітна взаємодія адронів і ядер дає можливість більш ґрунтовної перевірки й удосконалення теорії сильної взаємодії. Кваркова модель адронів у теорії електромагнітної взаємодії дає добре узгоджені з експериментом результати щодо визначення магнітних моментів частинок, ймовірностей радіаційного розпаду адронів, перерізів пружного та непружного розсіяння електронів.

*Сильна взаємодія* виявляється в масштабах порядку атомного ядра й менше, відповідаючи за взаємодію між його нуклонами, важкими частинками та розпад квазічастинок. Теоретичний опис сильної взаємодії – одна з найбільш розроблених галузей теоретичної фізики елементарних частинок, яка продовжує швидко

розвиватися. Сьогодні не існує цілісної теорії сильної взаємодії, але основні властивості сильно взаємодіючих частинок (адронів) зараз пояснюють на основі *квантової хромодинаміки*. За цією теорією всі адрони складаються з кварків, а взаємодія між кварками пов'язана з обміном глюонами – квантами поля сильної взаємодії. Кварки мають певну масу, внутрішні квантові числа, але найнезвичнішим є їх дробовий електричний заряд. Усі відкриті адрони складаються з шести різних типів кварків (у них різні квантові числа – “аромат”). Кварк кожного “аромату” може перебувати у трьох “кольорових станах”, або кажуть, що вони мають різні “кольорові заряди”. Останні є джерелами глюонних полів, які й забезпечують зв'язок між кварками. Усього розрізняють вісім різних глюонів; вони безмасові, електрично нейтральні, мають одиничний спін і різняться між собою комбінаціями “кольорових зарядів”. Наявність останніх у глюонів зумовлює їх якісну своєрідність: сили обмінної (глюонної) взаємодії зростають із збільшенням відстані між кварками. Саме цей висновок і зумовлює той факт, що кварки не можуть існувати у вільному стані.

*Слабка взаємодія* виявляється в процесах розпаду атомних ядер, самовільному поділі елементарних частинок та відповідає за процеси зіткнення нейтрино з ядрами. Її назва зумовлена тим, що дві інші суттєві для ядерної фізики взаємодії (сильна та електромагнітна) характеризуються значно більшою інтенсивністю. Слабка взаємодія є короткодіючою і виявляється на відстанях значно менших за атомне ядро. Носіями останньої є векторні бозони ( $W^+, W^-, Z^0$ ). При цьому розрізняють взаємодію так званих заряджених і нейтральних слабких струмів. Перша з них (за участі заряджених бозонів  $W^\pm$ ) приводить до зміни зарядів частинок і перетворенню одних на інших лептонів і кварків. Інша взаємодія (за участю нейтрального бозона  $Z^0$ ) не змінює заряди частинок і переводить лептони і кварки у ті ж самі частинки. Теорія слабкої взаємодії має багато спільного з електромагнітною взаємодією, у результаті чого була побудована *теорія електрослабкої взаємодії*, основний зміст якої зводиться до твердження, що всі проміжні бозони і фотон є різними станами однієї частинки – кванта поля електрослабкої взаємодії. Для остаточного завершення цієї теорії потрібно мати прискорювачі частинок з енергіями  $10^3$  GeV, але це справа майбутнього.

**Основні моделі взаємодії.** Вивчення студентами матеріалів курсу теоретичної фізики повинно сприяти усвідомленню не тільки моделей матеріальних об'єктів у рамках окремих теорій, але й моделей взаємодії цих об'єктів між собою, що використовують у макро- та мікросвіті.

*Механічна модель.* Механічна система складається з тіл, що моделюються матеріальними точками, розташованими на деяких відстанях між собою у пустому просторі. Взаємодія між ними здійснюється на відстані миттєво (далекодія), результат якої полягає у зміні імпульсу та кінетичної енергії матеріальних точок під час руху в просторі (точки рухаються з прискоренням). Механічну модель взаємодії застосовують у певних умовах (макросвіт, нерелятивістський випадок руху). Це означає, що кінцеву швидкість передачі взаємодії не беруть до уваги, а разом з тим і її носія – фізичне поле. Механічну модель застосовують тільки до гравітаційної та електромагнітної статичної взаємодії.

*Польову модель* застосовують до системи заряджених тіл та електромагнітного поля. Взаємодія здійснюється за допомогою поля, тобто на електричний заряд діє поле інших зарядів (близькодія). У результаті взаємодії змінюються неперервно як характеристики поля, так і рух заряджених тіл (останній може бути як класичним, так і релятивістським). Що стосується поля, то це гранично релятивістський об'єкт, оскільки поширюється в просторі зі швидкістю світла.

*Квантово-релятивістська модель* стосується систем, що складаються з мікрочастинок, взаємодія між якими здійснюється іншими частинками – квантами поля. Взаємодія полягає у тому, що дві частинки обмінюються іншою – носієм взаємодії. Для електромагнітної взаємодії ним є фотон, сильної – глюони,  $\pi$ -мезони; слабкої – проміжні векторні бозони ( $w^+, w^-, z^0$ ). Що стосується гравітаційної взаємодії, то його прояви на макрорівні експериментально не виявлені, а очікуваний носій (гравітон) не знайдений. У результаті взаємодії мікрочастинки не лише змінюють стан руху, але й взаємно перетворюються – зникають одні та виникають інші (відповідно до законів збереження енергії, імпульсу, електричного заряду та деяких інших величин). Квантово-релятивістську модель застосовують у мікросвіті за високих, релятивістських енергій мікрочастинок.

**Ієрархія відстаней – фундаментальних взаємодій – теорій.** Фізичні явища, властивості фізичних об'єктів, форми руху матерії зумовлені просторовими інтервалами й відповідними їм фундаментальними взаємодіями. У цьому аспекті спостерігається своєрідна ієрархія взаємодій і фізичних теорій, їх підпорядкування у рамках досліджуваних просторових областей (табл. 3.3). Як бачимо, тип взаємодії, характер руху та відповідна теорія визначаються розмірами фізичних об'єктів і відстаней між ними.

Таблиця 3.3

### Об'єкти вивчення фізичних теорій

<i>Область простору, м</i>	<i>Фундаментальна взаємодія</i>	<i>Типові фізичні явища</i>	<i>Розділ теоретичної фізики</i>
$10^{13} \div 10^{-8}$	гравітаційна, електромагнітна	рух планет, тіл на Землі, світлові явища	класична механіка, електродинаміка
$10^8 \div 10^{-8}$	гравітаційна, електромагнітна	теплові явища в надрах зірок, планет, макроскопічних тіл	термодинаміка і статистична фізика
$10^{-10} \div 10^{-15}$	електромагнітна	рух електронів в атомі	квантова механіка
$10^{-10} \div 10^{-18}$	електромагнітна	взаємодія електронів і фотонів	квантова електродинаміка
$10^{-13} \div 10^{-18}$	електромагнітна, сильна, слабка	стійкість і розпад ядер, взаємні перетворення елементарних частинок	ядерна фізика, теорія елементарних частинок, теорія сильної і слабкої взаємодій

Варто також зазначити: якісно своєрідні форми руху матерії, що відповідають різним структурним рівням її поділу, різняться кількісно – характерними енергіями. Це або енергії руху, або енергії зв'язку (тобто енергії, необхідні для поділу системи на складові). Характерні енергії можна порівняти з енергією спокою тіла, частинки або між собою. Так, зокрема область класичної механіки визначають нерівністю  $E \ll mc^2$ , релятивістську область – сумірними з енергією спокою значеннями енергій тіл або частинок, а гранично релятивістську – енергіями частинок, що значно переважають енергію їх спокою. Порядок питомої, що припадає на одну частинку, енергії наведено в таблиці 3.4. Як бачимо, проникнення вглиб матерії вимагає все більших енергій. Відповідно використання процесів, що відбуваються на суб'ядерному рівні матерії, обіцяє величезні енергетичні виходи.

Таблиця 3.4

### Порядок величин характерних питомих енергій зв'язку та енергій спокою

№ з/п	Вид енергії	Величина енергії
1.	Енергія нуклона під час руху макроскопічного тіла зі швидкістю 1 км/с (надано для порівняння)	$10^{-21}$ (Дж) $\approx$ 0,01 (eВ)
2.	Енергія зв'язку молекул (атомів) у твердому тілі	0,1...1 (eВ)
3.	Енергія зв'язку атомів у молекулі	1...10 (eВ)
4.	Енергія зв'язку електронів в атомі	від кількох (eВ) до кількох (keВ)
5.	Енергія зв'язку нуклонів у ядрі	1...10 (MeВ)
6.	Енергія спокою електрона	0,5 (MeВ)
7.	Енергія спокою протона	1 (GeV)

Звертаємо увагу, що фундаментальні фізичні теорії мають відносний характер і певні межі застосування. Вони є частиною загального наукового знання та етапами нескінченного процесу пізнання людиною природи. Єдність матеріального світу зумовлює пошуки шляхів об'єднання фізичних теорій. Послідовної та єдиної теорії фізичних взаємодій поки що не існує, хоча багато експериментальних фактів вже узагальнено на основі найбільш фундаментального теоретичного підходу, що базується на квантово-релятивістській моделі взаємодії і законах квантової механіки. Перші успіхи на цьому шляху вже досягнуто: електромагнітна й слабка взаємодії поєднані в єдину електрослабку; при цьому відповідні теоретичні висновки підтверджуються дослідженнями, що проводилися на межі найменших відстаней і надвисоких енергій частинок. У міру розвитку фізична наука збагачується новими теоріями, предметом яких стають явища нових, ще не вивчених просторових областей. Фундаментальні теорії ж є відносно стійкими і завершеними, їх основні положення справедливі та цілком надійні. Кожна з них носить модельний характер і справедлива для своєї предметної області. Тому концепції фундаментальних фізичних теорій, доповнюючи одна одну, складають основу сучасного світорозуміння.

У викладанні курсу теоретичної фізики, на нашу думку, слід ширше користуватися відносною самостійністю концепції фундаментальних фізичних теорій – основи сучасної фізичної картини світу. Специфіка майбутнього фаху студентів, рівень їх базової та математичної підготовки, зумовлюють необхідність реалізації у навчанні курсу стратегії теоретичного узагальнення

спеціальних/предметних знань на рівні сучасної фізичної картини світу як головного освітнього завдання їх фундаментальної фахової підготовки. Безумовно, його вирішення багато в чому залежатиме від ступеня реалізації у підготовці майбутніх учителів фізики принципу взаємозв'язку й наступності курсів загальної і теоретичної фізики. Останнє повинно передбачати змістовне повторення й узагальнення раніше вивченого матеріалу в процесі актуалізації опорних знань студентів, встановлення логічних зв'язків у новому матеріалі; широке використання аналогій, мисленевого експерименту, математичного моделювання. Предметом особливої уваги повинні стати фундаментальні фізичні ідеї, поняття, принципи, закони і взаємодії, що складають ядро фізичних теорій. Отже, теоретичне обґрунтування і практична реалізація методичної системи навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики з урахуванням принципу взаємозв'язку й наступності з курсом загальної фізики, що сприятиме підвищенню рівня та якості їх фундаментальної підготовки, формуванню наукового світогляду і відповідного стилю мислення, є важливою і актуальною проблемою сучасної дидактики фізики вищої педагогічної школи.

### **3.2. Модульне навчання теоретичної фізики майбутніх учителів як передумова ефективного використання інноваційних освітніх технологій**

Нинішній етап розвитку фізичної освіти в Україні характеризується інтенсивними та цілеспрямованими пошуками принципово нового в теорії і практиці навчання, в управлінні навчально-виховним процесом. Усі зміни, які вносять щось нове, звичайно називають нововведеннями, *інноваціями* (лат. *innovatio* – оновлення, новизна, зміна). Нововведення у навчанні не є особливістю сьогодення, однак наш час можна називати періодом фундаментальних змін в усіх суспільних галузях, у тому числі й освіті. Інновацію варто розглядати як реалізоване нововведення в освіті – у цілях, змісті і технологіях навчання; у діагностиці й контролі його результатів, в організації та управлінні освітньою системою, що загалом підвищує якість навчально-виховного процесу. Останнє є, з одного боку, закономірним результатом удосконалення сучасної теорії і практики навчання, узагальненням передового

педагогічного досвіду, з іншого, зумовлено концептуальними змінами, пов'язаними з модернізацією вітчизняної освітньої системи в контексті європейських вимог.

Суттєвою ознакою сучасних інноваційних процесів у дидактиці фізики вищої педагогічної школи є їх технологізація. Історично поняття *технологія* (грец. *techne* – мистецтво, майстерність і *logos* – слово, вчення) в педагогіку увійшло зі сфери виробництва та означає фактично алгоритмічний процес з гарантованим результатом. Однак, специфічні особливості педагогічного процесу, а також неможливість ототожнення навчання з виробництвом зумовили розбіжності в розумінні й вживанні цього поняття (сьогодні налічують близько 300 його визначень). Дискусія з приводу того, чи існує *педагогічна (дидактична) технологія* як певний інструмент організації навчально-виховного процесу, яким може оволодіти кожен педагог, триває дотепер. Одні фахівці переконані, що навчання й виховання є творчими процесами, інтуїтивним осягненням світу іншої людини і відповідним впливом на цей світ. Їх опоненти доводять, що педагогічний процес має інструментальний характер і полягає у формуванні особистості із задалегідь заданими властивостями.

Технологічний підхід у навчанні фізики як феномен сучасної педагогічної освіти нині є об'єктивним процесом, який постійно розвивається. Його реалізація стала можливою на основі системного підходу, що дозволяє порівняти різноманітні педагогічні вміння та впливи, які сукупно гарантують певний освітній результат. Системний аналіз архівних джерел і науково-методичних праць свідчить, що стан вітчизняної фізичної освіти в кожен історичну епоху можна оцінювати за рівнем розвитку педагогічних технологій. Якщо відстежити динаміку цих процесів, можна помітити, що саме розвиток засобів навчання та пов'язаних з ними методик, збільшення їх ваги в педагогічних системах стимулювали процес технологізації навчання спеціальних фахових дисциплін (загальної і теоретичної фізики). Історія становлення й розвитку фізичної освіти у вітчизняній вищій педагогічній школі свідчить про послідовне виникнення та реалізацію у підготовці майбутніх учителів фізики технологій диференційованого, концентрованого, розвивального, програмованого, модульного, проблемного, контекстного, особистісно зорієнтованого, інтерактивного, ігрового навчання.



Модульне навчання, витoki якого беруть свій початок з 60-х років ХХ століття в англomовних країнах, стало логічним продовженням програмованого навчання і було спрямоване відповідно до теорії поетапного формування розумових дій на безпосереднє управління пізнавальною діяльністю школярів/студентів та оперативний контроль якості їх навчальних досягнень. Значний внесок у розробку загальних концептуальних засад модульного навчання було зроблено Дж. Расселом, П. Сікорським, А. Фурманом, П. Юцявічене. Наукові засади модульного навчання фізики розроблялися і адаптувалися такими провідними вітчизняними фахівцями-методистами як П. Атаманчук, О. Бугайов, Г. Грищенко, О. Ляшенко, Ю. Пасічник, П. Самойленко, В. Сергієнко, М. Шут. Системний підхід до впровадження модульного навчання фізики в українській вищій педагогічній школі було запропоновано І. Тичиною, яка теоретично обґрунтувала і розробила орієнтовний перелік компонентів-модулів освітньої галузі з фізики, що сприятимуть цілісності й системності знань студентів, розвитку їх логічного мислення, формуванню наукового світогляду і стилю мислення [347, с. 93]. Особливості реалізації модульної технології у навчанні фізики розглядалися в кандидатських дисертаціях Л. Благодаренко (модульна технологія як чинник структурування навчання та забезпечення цілісно-дискретного засвоєння знань) [44], Л. Гуляєвої (реалізація проблемно-модульного підходу в шкільному курсі фізики) [118]. Проблема технологізації навчання фізики у загальноосвітній і профільній школі стала предметом ґрунтовних науково-методичних досліджень О. Іваницького, який не лише дослідив феномен педагогічної технології, але й розробив психолого-педагогічні засади впровадження сучасних технологій навчання, встановив їх класифікацію, визначив базові закономірності і тенденції розвитку, а також критерії вибору тієї чи іншої технології залежно від конкретних умов і пріоритетних цілей педагогічного процесу [150].

О. Іваницький переконливо доводить, що створення педагогічних технологій – це інноваційний процес, що має комплексний, багатоплановий характер і втілює в собі єдність науково-методичних, психолого-педагогічних, технологічних та організаційних заходів. *Технологія навчання фізики* – це педагогічно оптимізований

і теоретично обґрунтований системний спосіб організації навчально-виховного процесу, за якого гарантоване досягнення прогнозованих освітніх результатів забезпечується узгодженим поєднанням організаційних форм, методів і засобів навчання фізики. При цьому будь-яка педагогічна технологія навчання фізики повинна відповідати певним методологічним вимогам (критеріям технологічності), до яких належить: концептуальність, системність, керованість, ефективність, відтворюваність. Так зокрема, *технологія модульного навчання фізики* забезпечує гнучкість навчання, пристосування до індивідуальних особливостей студента, рівня його базової підготовки шляхом спеціально підібраних, логічно завершених, відносно самостійних та функціонально зорієнтованих навчальних модулів/блоків, що послідовно й повністю розкривають зміст навчальної дисципліни. Різновидом модульного навчання є *кредитно-модульна технологія навчання фізики*, яка ґрунтується на принципах європейської кредитно-трансферної системи (ESTS), поєднанні модульних технологій і використанні залікових освітніх одиниць/кредитів, що сприяє мобільності студентів у навчанні, більш високому рівню мотивації й відповідальності за результати власної навчальної діяльності, оперативності та об'єктивності в оцінці якості їх фахової підготовки.

У розробленій нами методичній системі навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики реалізовано основні принципи модульного навчання [438]: *структуризації змісту навчання на окремі елементи, динамічності, діяльнісного підходу, дієвості й оперативності знань та їх системи, гнучкості, усвідомленої перспективи, паритетності*. Створення авторської системи потребувало чіткого узгодження тематики лекційних, семінарських і практичних занять у межах кожного змістового модулю навчальної дисципліни, розробки методів активізації пізнавальної діяльності студентів, підвищення якості їх самоосвітньої діяльності. Отже, виникла потреба чіткого конструювання взаємопов'язаних компонентів методичної системи навчання теоретичної фізики (цільового, змістовно-процесуального і діагностично-результативного) з метою її перетворення у своєрідний технологічний процес з прогнозованим освітнім результатом.

*Перший компонент методичної системи навчання* теоретичної фізики майбутніх учителів фізики передбачав цілеспрямоване й системне проектування загальної мети та основних завдань курсу з урахуванням специфіки майбутнього фаху студентів і тенденцій розвитку сучасної фізичної освіти. При цьому ми виходимо з того, що за умов сучасної особистісно зорієнтованої парадигми вищої освіти досягнення запланованих результатів цілком і повністю залежатиме від реалізації педагогом у навчанні відповідних *концептуальних підходів та організаційно-педагогічних умов*, сутність яких представлена в підрозділі 2.6. Усі компоненти навчально-виховного процесу з курсу теоретичної фізики мають працювати на студента, сприяти його особистісному та фаховому зростанню, підвищенню якості фундаментальної підготовки.

*Змістовно-процесуальний компонент* методичної системи навчання в контексті реалізації модульної технології передбачав на першому етапі розробку модульної програми навчальної дисципліни “Теоретична фізика” для студентів напряму підготовки Фізика\* педагогічних університетів з урахуванням вимог державного галузевого стандарту вищої освіти (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

### Опис навчальної дисципліни “Теоретична фізика”

<i>Курс: третій, четвертий</i>	<i>Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень</i>	<i>Характеристика навчального курсу</i>
кількість кредитів ECTS: 24 модулів: 2 змістових модулів: 4 загальна кількість годин: 720 год. тижневих годин: 10 год.	0402 фізико-математичні науки  6.040203 Фізика*  бакалавр	нормативна, 5-8 семестри, лекції: 192 год., практичні: 192 год., сам. робота: 336 год., вид контролю: екзамен

У побудові програми поділ навчального матеріалу в межах кожного розділу відбувався шляхом логічного структурування на окремі дидактичні одиниці (змістові модулі), які подавалися в лінійній послідовності та взаємозв'язку. З урахуванням загальновизнаної ідеї сучасної освіти, а саме відповідності процесу навчання логіці розвитку науки, а також тим методам пізнання, які стали в ній вирішальними, основу структурування змісту курсу теоретичної фізики склав принцип: *від логіки розвитку*

*фізичної науки до логіки виникнення окремої фундаментальної теорії, а від неї до логіки вивчення й застосування цієї теорії у поясненні/прогнозуванні нових фізичних явищ і процесів.* Подібне структурування навчального матеріалу в цілому співпадає з шкільним курсом фізики та загальної фізики, тому такий підхід у навчанні теоретичної фізики повною мірою відповідає провідним принципам педагогіки вищої школи – фундаментальності та фахової спрямованості навчання. Крім того, проектування змістового компоненту методичної системи навчання теоретичної фізики за модульним принципом відбувалося з урахуванням двох головних умов: а) навчальний курс має бути єдиним і цілісним, у зв'язку з чим ґрунтовне засвоєння студентами одного змістового модулю є передумовою якісного опанування матеріалами наступного, що в підсумку сприятиме послідовності й системності процесу формування фундаментальних знань студентів; б) навчальний курс має враховувати специфіку майбутнього фаху студентів, що зумовлює необхідність виявлення інваріантного (теоретичного) ядра та його основних змістових ліній (спеціальної/предметної, світоглядної, методологічної), на розкриття і засвоєння яких спрямовувався кожний змістовий модуль.

Модульна програма навчальної дисципліни “Теоретична фізика” поєднує в собі *систему знань* і *систему діяльності*, які забезпечують розвиток професійно спрямованих якостей особистості студента та набуття ним фахової компетентності. Програма передбачає такі основні види діяльності студентів: 1) пізнавальна діяльність (інтелектуальні розумові дії, спостереження, аналіз емпіричних даних, усвідомлення проблеми, висунення гіпотез, побудова математичних моделей досліджуваних об'єктів і явищ, встановлення причинно-наслідкових зв'язків, усвідомлення методології наукового пізнання); 2) загально-навчальна діяльність (пошук інформації за друкованими та електронними джерелами, навички спілкування); 3) особистісно-орієнтована діяльність (пошук індивідуального змісту та цілей навчання, індивідуалізація навчання; саморегуляція, самоаналіз і самоконтроль). Згідно програми на вивчення навчальної дисципліни “Теоретична фізика” відводиться 720/24 навчальних годин/кредитів ECTS, які рівномірно розподіляються на чотири семестри (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

## Структура навчальної дисципліни “Теоретична фізика”

№ з/п	Назви змістових модулів і тем	усього годин	лекції	практ., семінар	сам. робота
1	2	3	4	5	6
<b>КЛАСИЧНА МЕХАНІКА І ОСНОВИ МЕХАНІКИ СУЦІЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩ</b>					
1.1	Теоретична фізика і фізична картина світу. Методологія фізики. Основні поняття, теореми і закони класичної механіки.	30	8	8	14
1.2	Основи аналітичної механіки.	30	8	8	14
1.3	Задача двох тіл. Розсіювання частинок. Малі коливання механічних систем.	30	8	8	14
1.4	Рух в неінерціальних системах відліку. Основи динаміки абсолютно твердого тіла.	30	8	8	14
1.5	Основні поняття механіки суцільного середовища. Теорія пружності. Гідродинаміка.	30	8	8	14
1.6	Основи спеціальної теорії відносності.	30	8	8	14
	<b>Усього годин:</b>	<b>180</b>	<b>48</b>	<b>48</b>	<b>84</b>
<b>ЕЛЕКТРОДИНАМІКА</b>					
2.1	Експериментальні основи класичної електродинаміки. Система рівнянь Максвелла.	30	8	8	14
2.2	Стаціонарне електромагнітне поле у вакуумі. Випромінювання і поширення е/м хвиль.	30	8	8	14
2.3	Релятивістська електродинаміка. Електромагнітне поле в середовищі. Основні поняття і рівняння.	30	8	8	14
2.4	Елементи електростатики. Магнітостатика.	30	8	8	14
2.5	Квазістаціонарне електромагнітне поле. Поширення е/м хвиль у суцільному середовищі.	30	8	8	14
2.6	Елементи загальної теорії відносності.	30	8	8	14
	<b>Усього годин:</b>	<b>180</b>	<b>48</b>	<b>48</b>	<b>84</b>
<b>КВАНТОВА МЕХАНІКА</b>					
3.1	Експериментальні і теоретичні основи квантової механіки.	30	8	8	14
3.2	Математичний апарат квантової механіки.	30	8	8	14
3.3	Одномірний рух. Лінійний гармонійний осцилятор.	30	8	8	14
3.4	Рух частинки в центральносиметричному полі. Атом водню. Електрон в ідеальному кристалі.	30	8	8	14
3.5	Теорія збурень. Атоми та молекули. Взаємодія атома з електромагнітним полем.	30	8	8	14
3.6	Теорія розсіювання. Релятивістська квантова механіка.	30	8	8	14
	<b>Усього годин:</b>	<b>180</b>	<b>48</b>	<b>48</b>	<b>84</b>

1	2	3	4	5	6
<b>ТЕРМОДИНАМІКА І СТАТИСТИЧНА ФІЗИКА</b>					
4.1	Основні поняття, закони і методи термодинаміки.	30	8	8	14
4.2	Умови рівноваги і стійкості термодинамічних систем. Фазові переходи і критичні явища.	30	8	8	14
4.3	Основні поняття і принципи статистичної фізики. Розподіл Максвелла-Больцмана.	30	8	8	14
4.4	Розподіли Гіббса. Принцип Больцмана. Зв'язок термодинамічних і статистичних величин.	30	8	8	14
4.5	Статистична теорія ідеальних систем. Поняття про статистичну теорію неідеальних систем.	30	8	8	14
4.6	Теорія флуктуацій. Елементи теорії нерівноважних систем.	30	8	8	14
	<b>Усього годин:</b>	<b>180</b>	<b>48</b>	<b>48</b>	<b>84</b>
	<b>Разом:</b>	<b>720</b>	<b>192</b>	<b>192</b>	<b>336</b>

Специфіка реалізації дисертантом *процесуального компоненту методичної системи навчання теоретичної фізики* в контексті модульного підходу передбачала системне поєднання організаційних форм, методів і засобів навчання в межах окремих змістових модулів дисципліни, об'єднаних спільною метою і стратегією реалізації. Це не механічне, а системне поєднання елементів, що забезпечує якісно інший освітній результат: переведення навчальних матеріалів курсу на рівень особистісного досвіду студентів на основі особистісно зорієнтованого і діяльнісного підходів, створення умов для реалізації ними індивідуального освітнього маршруту, формування рефлексивних здібностей, ціннісного відношення до знань та процесу їх набуття.

Кожний змістовий модуль дисципліни передбачає використання різних організаційних форм навчання. Гнучкість їх поєднання забезпечується за рахунок виділення інваріантної та варіативної складових. Першу утворюють: лекції, практичні заняття (індивідуальна, парна, фронтальна робота студентів), самостійна робота з вивчення й поглиблення лекційного матеріалу та підсумковий модульний контроль. З урахуванням підготовленості аудиторії іншу утворюють: семінарські заняття, колоквіуми, міні-конференції, дидактичні ігри. Кожна з організаційних форм навчання має свої завдання, а разом вони складають систему, що сприяє досягненню прогнозованого освітнього результату змістового модулю.

Важливим аспектом у навчанні теоретичної фізики є реалізація *проблемного підходу*, що відповідає сутності розвивального навчання, а також методології наукового (фізичного) пізнання. Послідовне й цілеспрямоване створення проблемних ситуацій різного характеру, що містять суперечності та передбачають активну самостійну пошукову діяльність студентів у процесі їх розв'язання, сприяє ґрунтовному засвоєнню ними не тільки навчальних матеріалів курсу, але й самого процесу отримання нових знань, розвитку їх критичного мислення, пізнавальних і творчих здібностей. Безумовно, проблемний метод викладання не є універсальним і має органічно поєднуватися з іншими методами навчання, враховувати специфіку навчального матеріалу, підготовленість аудиторії. Деякі проблемні питання лекцій слід залишати на практичні/семінарські заняття, давати студентам час на роздуми, сприяючи, таким чином, набуттю ними особистісного пізнавального досвіду. Головним при цьому має стати “пробудження думки”, активізація розумової діяльності студентів, формування пізнавальної самостійності, комунікативних навичок, здатності до обґрунтування думок, відповідальності за результати власної діяльності, радості від успіху. Власний педагогічний досвід викладання курсу “Термодинаміка і статистична фізика” свідчить про ефективність розв'язання проблемних ситуацій (що встановлюють невідповідність між раніше засвоєними знаннями, власним досвідом студентів і новими фактами та явищами, які слід пояснити) шляхом аналізу таких питань:

- як змінюється температура деякої маси ідеального газу, який розширюється за законом: а)  $pV^2 = const$ ; б)  $p^2V = const$ ; в)  $p/V = const$  ?
- як змінюється тиск газу під час процесу  $ABC$  (рис. 3.2, а), якщо  $m = const$  ?
- якій з ізоентроп ідеального газу відповідає більша ентропія (рис. 3.2, б) ?
- чи можуть адіабати перетинатися ? Як це можна довести ?
- чому ідеальний газ (замкнена система) завжди переходить у рівноважний стан ? Як залежить цей перехід від кількості частинок системи ? Чи зростає ймовірність флуктуацій із збільшенням числа частинок системи ?

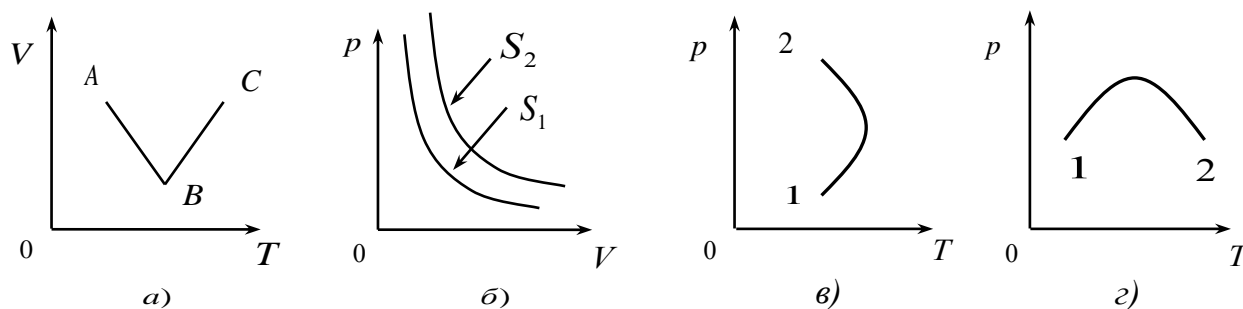


Рис. 3.2

- поглинає чи віддає теплоту ідеальний газ у процесах  $1 \rightarrow 2$  на рис. 3.2 (в, г) ?
- чому ККД циклу Карно завжди більший ніж для будь-якого іншого довільного циклу за тих самих температур ? Порівняти цикли на діаграмі  $(T, S)$ ;
- чому небо має блакитний колір, а зоря – червоний ? Яким був би їх колір, якби повітря не розсіювало світло, а його дисперсія була значною ?
- чому середня довжина вільного пробігу молекул не залежить від температури газу ?
- водень чи кисень є найкращим провідником теплоти ? Чим пояснити, що під час дроселювання за кімнатної температури водень нагрівається, а кисень – охолоджується ?

У ході проведення *лекційних занять* курсу особливе значення має використання опорних конспектів, структурно-логічних схем, узагальнюючих таблиць, що сприяють системності й цілісності знань студентів. Реалізація у навчанні теоретичної фізики методики укрупнення дидактичних одиниць відповідає відомим психологічним закономірностям: “укрупнені знання засвоюються ефективніше”, “навчальний матеріал, компактно розміщений у певній системі, сприймається легше”, “виділення у матеріалі, що вивчається опорних пунктів сприяє ефективності його запам’ятовування”.

Безумовно, лекційні заняття повинні задавати загальну атмосферу і тон навчально-пізнавальної діяльності студентів, створювати умови для входження ними у “творчу лабораторію вченого”, усвідомлення структури і змісту фундаментальних фізичних теорій як складових сучасної фізичної картини світу та її еволюції. Важливого значення при цьому має орієнтація засобів педагогічного впливу не тільки на пізнавальну, але й на емоційну сферу



особистості студентів. У цьому зв'язку цікавими та повчальними є слова Л. Больцмана про власний метод викладання теоретичної фізики: “Мій метод читання лекцій може декому здатися незвичним, але, можливо, що він-то і є істинно академічним. Академічна лекція в найвищому сенсі слова має на меті не стільки навчати готовим рішенням проблем, скільки ставити ці проблеми і спонукати до їх вирішення” [436]. Усвідомлюючи визначальну роль першої лекції для успішного проведення наступних, він закінчував її приблизно так: “Сьогодні я хотів вам дати лише небагато, але, між тим все, що я маю, весь мій образ думок і почуттів, те, що знаходиться вглибині моєї душі, інакше кажучи, мене самого. У ході моїх лекцій я також маю багато чого вимагати від вас: напруженої уваги, відповідальності й невтомної роботи. Але сьогодні я хочу просити вас про щось зовсім інше: про вашу довіру, вашу прихильність, любов, одним словом, про те краще, що ви маєте, про вас самих”. Важко не погодитися з тим, що таке щире звернення до слухачів, а головне, вільна, у вигляді бесіди, побудова самої лекції можуть багато в чому визначити доброзичливу і разом з тим ділову атмосферу проведення наступних аудиторних занять. У своїй роботі ми намагаємося діяти подібним чином.

Важливий елемент забезпечення дієвості здобутих студентами теоретичних знань – розв’язування задач на *практичних заняттях* з теоретичної фізики. Це сприяє кращому розумінню фізичної сутності основних понять, принципів і законів, виробленню практичних умінь і навичок застосування загальних теоретичних положень курсу до розв’язання проблемних та евристичних завдань. У цьому розумінні розв’язування задач виступає одним з активних методів навчання, завдяки чому забезпечується розширення, поглиблення й закріплення знань студентів, розвиток їх інтелектуальних і творчих здібностей. Використання у навчанні практичних задач різного типу (розрахункових, якісних, графічних, задачі-рисунок та ін.) дозволяє підтримувати на належному рівні пізнавальну активність студентів, розвивати їх логічне мислення, фахово спрямовані якості особистості, забезпечувати диференціацію та індивідуалізацію навчання.

Власний педагогічний досвід свідчить про доцільність та ефективність послідовного використання у ході практичних занять з теоретичної фізики таких методичних прийомів: а) розв'язування типової задачі викладачем на дошці із залученням студентів; б) розв'язування студентами задач на дошці з активним колективним обговоренням; в) розв'язування задач усіма студентами на місцях з коментуванням окремих етапів; г) самостійне розв'язування задач усіма студентами на місцях з наступним представленням на дошці та обговоренням. Такі форми проведення практичних занять у ході дослідження мали значну навчальну та професійно-педагогічну цінність, оскільки сприяли не лише активізації пізнавальної діяльності студентів, формуванню практичних умінь, комунікативних навичок, розвитку самостійності й відповідальності, але й набуттю навичок і досвіду проведення подібних занять у школі. Як показали власні дослідження, корисними у ході проведення практичних занять були такі види й форми роботи: самостійне розв'язування студентами задач у позааудиторний час з обов'язковим наступним педагогічним контролем, виконання індивідуальних завдань, розрахунково-графічних робіт, парна/групова підготовка навчальних презентацій за результатами опрацювання теоретичних матеріалів курсу або розв'язування практичних задач.

*Семинарські заняття* з курсу теоретичної фізики проводилися в таких формах: евристична бесіда, дискусія, міні-конференція (фіксовані доповіді студентів тривалістю 10-12 хв.). Окрім суто предметних завдань, пов'язаних з аналізом фізичного змісту основних понять, принципів і законів, особлива увага приділялася обговоренню результатів складання студентами опорних конспектів і структурно-логічних схем. З дидактичної точки зору цінність таких завдань очевидна: вони сприяють не лише цілісності й міцності знань студентів, але й виробленню фахових умінь і навичок системного узагальнення навчальної інформації, враховуючи взаємозв'язок і наступність її окремих елементів.

Особливе місце у навчанні теоретичної фізики в контексті модульного підходу займає *самостійна робота студентів*, головним призначенням якої є стимулювання їх прагнення до систематичного активного опанування знаннями. Тематика відповідних завдань може бути найширшою: опрацювання теоретичних матеріалів

лекцій, наукових першоджерел, розв'язування практичних задач, виведення та аналіз формул, підготовка повідомлень і презентацій до семінарських занять, розробка педагогічних програмних засобів та ін. Важливо, щоб студент мав можливість самостійно оцінювати свій рівень підготовки, обирати й визначати рівень засвоєння знань, реалізувати власні здібності, відчувати задоволення від навчання.

*Діагностично-результативний компонент методичної системи навчання теоретичної фізики* в контексті модульного підходу передбачав такі види контролю успішності навчання студентів: поточне, тематичне та підсумкове за семестр оцінювання. Формами контролю навчально-пізнавальної діяльності студентів є: усне опитування, фізичний диктант, самостійне розв'язання задач, тестування (поточне і підсумкове), підготовка рефератів за результатами опрацювання літературних джерел з обов'язковим виступом й обговоренням у ході семінарських занять, виконання індивідуальних завдань, розрахунково-графічних робіт, колоквиум, самоконтроль, взаємоконтроль. Основна мета поточного контролю – забезпечення зворотного зв'язку між викладачем і студентами, управління навчальною мотивацією студентів. Завданням поточного контролю є перевірка рівня та якості засвоєння студентами навчального матеріалу окремого змістового модулю дисципліни, вироблених навичок розв'язання практичних задач, умінь самостійно осмислювати зміст певної теми, публічно або письмово представити матеріал, що винесений на самостійну роботу.

Критерії оцінки рівня знань студентів на семінарських/практичних заняттях:

- а) рівень самостійності під час аналізу теоретичних питань курсу та розв'язування задач;
- б) послідовний, логічний, обґрунтований та безпомилковий виклад теоретичного матеріалу на папері під час проведення самостійних і контрольних робіт;
- в) вміле користування довідковою літературою;
- г) сумлінне та охайне ведення конспектів лекцій і практичних занять.

Характерною особливістю проведення дисертантом поточних самостійних і контрольних робіт стала індивідуальність пропонованих студентам завдань, що з одного боку виключало можливість запозичення ними чужих відповідей, з іншого – створювало умови для виявлення індивідуальних творчих здібностей. Приклади таких завдань з дисципліни “Термодинаміка і статистична фізика” наведено в Додатку Б.2.

Загальна оцінка з дисципліни “Теоретична фізика” у межах окремих її розділів визначалася за результатами підсумкового модульного контролю (ПМК) – екзамену, що передбачав перевірку рівня та якості знань студентів, глибини й системності засвоєння ними програмного матеріалу курсу, здатності творчого використання накопичених знань у розв’язанні теоретичних і практичних завдань, уміння сформулювати своє ставлення до певної проблеми навчального курсу. Студент умовно допускався до ПМК, якщо він відвідував усі лекційні заняття, успішно працював у ході практичних і семінарських занять, самостійної роботи та отримав відповідні позитивні оцінки, але не нижче 50 балів (за 100-бальною шкалою). Крім того, додаткові бали кожний студент мав можливість отримати за виконання завдань творчого характеру (участь у роботі наукового гуртка, проблемної групи, студентської наукової конференції; розробка комп’ютерної моделі фізичного об’єкту, створення педагогічних програмних засобів, підготовка матеріалів наукових публікацій тощо). Розроблені нами завдання до ПМК з теоретичної фізики за модульно-рейтинговою системою передбачають виявлення рівня досягнення у процесі навчання:

- **освітніх цілей** – сформованість у студентів цілісної системи знань з основ фундаментальних фізичних теорій та меж їх застосування; оволодіння основами математичного апарату, науковою термінологією (“мовою”) фізичної науки; сформованість цілісних уявлень студентів про структуру і зміст сучасної фізичної картини світу та її еволюцію; наявність теоретичного підґрунтя для наступного вивчення дисциплін циклу професійної та практичної підготовки;

- **виховних цілей** – сформованість у студентів діалектико-матеріалістичного світогляду; раціонального методологічного підходу до пізнавальної і практичної діяльності; працелюбності, відповідальності, потреби у постійній самоосвіті й самовдосконаленні; національної самосвідомості, ціннісного відношення до наукової спадщини та фізичної науки як елементу загальнолюдської культури;

- **розвивальних цілей** – сформованість у студентів логічного мислення; умінь щодо розв’язування практичних задач курсу з використанням відповідного математичного апарату, графічних засобів, довідникової літератури; розвиток

пізнавальної активності, критичного мислення, комунікативних навичок; сформованість навичок самостійного здобуття знань за допомогою друкованих та електронних джерел інформації.

Результати навчально-пізнавальної діяльності студентів з теоретичної фізики в контексті модульної технології можна оцінювати як традиційно, так і за рейтинговою системою. Однак, власний педагогічний досвід свідчить, що традиційна система контролю рівня фундаментальної підготовки студентів у вигляді підсумкового екзамену не сприяє їх активній і ритмічній самостійній роботі протягом семестру. У разі застосування модульно-рейтингової форми контролю студенти мають можливість у межах окремого змістового модулю дисципліни накопичувати рейтингові бали за різноманітні види діяльності, результати якої обов'язково враховуються у підсумковому оцінюванні. Для запобігання репродуктивного характеру перевірки набутих студентами компетенцій під час проведення ПМК передбачалося використання теоретичних питань, навчальних задач різного типу й рівня складності, а також творчих евристичних завдань. За результатами системної й поетапної навчально-пізнавальної діяльності протягом семестру та накопичених рейтингових балів під час ПМК студент отримував підсумкову оцінку відповідно до розроблених нами критеріїв оцінювання [343].

У підсумку зазначимо, що інноваційні процеси в системі сучасної фізичної освіти можна вважати стійкою тенденцією. Ефективність освітнього процесу в цілому, і процесу навчання теоретичної фізики зокрема, значною мірою визначається адекватним вибором та реалізацією конкретних педагогічних технологій. При цьому жодна з них не є універсальною, такою, що вирішує комплекс взаємопов'язаних завдань фундаментальної фахової підготовки майбутніх учителів фізики. Доцільним у досягненні прогнозованих освітніх результатів є застосування як репродуктивних та інформаційно-ілюстративних, так і продуктивних методів навчання (проблемний, частково-пошуковий, дослідницький). Власний педагогічний досвід свідчить про ефективність реалізації у навчанні теоретичної фізики кредитно-модульної технології, яка на основі

особистісно зорієнтованого і діяльнісного підходів забезпечує індивідуалізацію навчання, стимулює пізнавальну активність студентів, систематичну самостійну роботу протягом семестру. Навчання за таких умов стає не лише накопиченням знань і вмінь, а й постійним збагаченням особистісного пізнавального досвіду, формуванням необхідних компетенцій, навичок самоосвіти, самоконтролю й самовдосконалення.

### **3.3. Навчально-методичний комплекс з теоретичної фізики (теоретичні та практичні аспекти створення)**

Інтеграційні процеси в освітній сфері європейських країн, активним учасником яких є Україна, зумовлюють системну трансформацію університетської фізичної освіти, орієнтованої на підготовку фахівців відповідно до міжнародних стандартів. Саме з цією метою впроваджено *модульну (кредитно-трансферну) систему організації навчально-виховного процесу* (ECTS), що забезпечує гнучкість і мобільність системи професійної підготовки фахівців, пристосування до їх індивідуальних особливостей шляхом спеціально підібраних, логічно завершених та функціонально зорієнтованих навчальних модулів (залікових кредитів) усіх дисциплін навчального плану, об'єднаних спільною метою та стратегією реалізації.

Упровадження кредитно-трансферної системи навчання передбачає істотне збільшення питомої ваги самоосвітньої діяльності студентів за рахунок значного скорочення обсягу аудиторних годин. У зв'язку з цим зростає роль навчально-методичного забезпечення як самостійної роботи студентів, так і навчально-виховного процесу в цілому. Одним з можливих шляхів підвищення ефективності останнього є розробка та впровадження в практику педагогічних університетів сучасних навчально-методичних комплексів (НМК) з окремих дисциплін.

Про необхідність створення новітнього навчально-методичного забезпечення, яке б раціонально акумулювало мотиваційну, інформаційну, самоосвітню та контролюючі функції, сприяло оптимізації та інтенсифікації навчально-виховного процесу, відповідало сучасним освітнім тенденціям та вимогам державних

стандартів йдеться у багатьох законодавчих документах: Законах України “Про освіту”, “Про вищу освіту”, “Національній доктрині розвитку освіти України”. Варто зазначити, що ідея створення єдиного та уніфікованого навчально-методичного забезпечення в педагогічній науці не є новою. Обґрунтуванню теоретичних засад створення НМК з фізики присвячені дослідження П. Атаманчука, Л. Благодаренко, І. Богданова, О. Бугайова, О. Іваницького, А. Касперського, І. Круцило, О. Ляшенка, М. Мартинюка, В. Мендерецького. О. Сергєєва, В. Сергієнка, В. Сиротюка, М. Шута та ін. Сьогодні у методичній науці і педагогічній практиці накопичено значний досвід щодо розробки та реалізації цілісних НМК з фізики, однак більшість з них стосується загальноосвітніх і середніх спеціальних навчальних закладів. Незважаючи на значну кількість наукової та навчально-методичної літератури, яка є в розпорядженні сучасного викладача курсу теоретичної фізики педагогічного університету, стан справ з цього питання не можна визнати задовільним. Відсутність єдиної теоретико-методичної основи створення НМК, недостатній зв’язок між окремими складовими, слабка фахова спрямованість, суб’єктивний авторський підхід, відсутність рекомендацій МОН України, безумовно, не сприяє якості подібних видань та загальній ефективності навчально-виховного процесу. Слід зазначити, що цілісний НМК з курсу теоретичної фізики для майбутніх учителів фізики досі в Україні відсутній, що й зумовило необхідність теоретичного обґрунтування засад створення (і власне створення) в умовах кредитно-модульної системи організації освітнього процесу в сучасному педагогічному університеті.

У своїй роботі ми керуємося визначенням базового поняття дослідження, запропонованого в роботі [50, с.90]: “НМК – це багатокомпонентний освітній продукт, який являє собою інформаційну модель навчально-виховного процесу з дисципліни і призначається для практичного використання як викладачами, так і студентами. Він регламентує всі види навчальної роботи студентів в єдиному інформаційному полі, сприяє їх науково-технічній, творчій діяльності, значно полегшує роботу викладача за рахунок активного використання методичного забезпечення”. Принципи побудови НМК та освітнього процесу як засобу

формування його складу і змісту обґрунтовано в роботах [20], [50], [66], [188], [351]. Екстраполяція наведених положень на навчання теоретичної фізики в педагогічному університеті дозволяє виділити такі концептуальні засади створення навчально-методичного комплексу:

- *єдина теоретико-методична основа*, що забезпечує досягнення освітніх цілей за рахунок структурної цілісності й системності усіх компонентів;
- *онтологічна відповідність змісту навчання та вимогам державного стандарту вищої освіти*, що розглядається в методологічному, структурно-логічному і дидактичному аспектах та передбачає наукове обґрунтування його загального складу, а саме: категоріальний апарат, фундаментальні ідеї, принципи, закони і теорії, методи наукового пізнання; друковані та електронні підручники (посібники), що містять теоретичний, довідниковий та історичний матеріал з дисципліни; емпіричний базис – практичне, прикладне застосування фізичних теорій; математичний апарат – якісні й кількісні висновки теорій, збірники практичних завдань;
- *відкритість і динамічність*, що передбачає здатність до оновлення та вдосконалення на основі генерування й впровадження нових дидактичних ідей і технологій;
- *функціональність*, що передбачає реалізацію не тільки гносеологічних, але й прикладних (фахово зорієнтованих) функцій на засадах діяльнісного підходу з метою набуття студентами фахової компетентності;
- *інформативність і лаконічність*.

Загальна структура НМК з теоретичної фізики представлена на рис. 3.3. Акцентуємо увагу на тому, що процес створення останнього має бути спрямований на реалізацію основних дидактичних функцій (мотиваційно-стимулюючої, інформаційно-освітньої, організаційно-методичної, самоосвітньої, політехнічної, діагностичної, виховної), забезпечувати у навчанні диференційований підхід, можливість вибору студентами індивідуального освітнього маршруту та передбачати наявність електронних версій усіх складових з метою їх системного використання за дистанційної форми навчання.



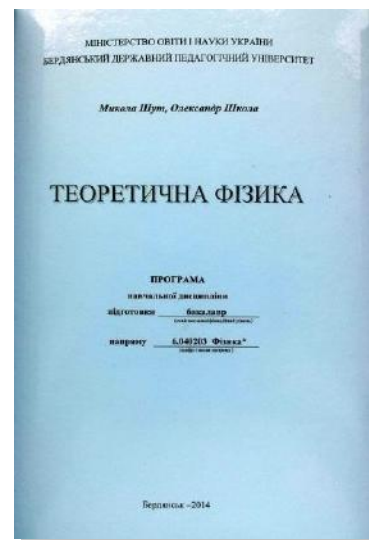


Рис. 3.3. Структура навчально-методичного комплексу з теоретичної фізики

Розглянемо детальніше складові НМК з теоретичної фізики. Зрозуміло, що вихідним елементом комплексу є модульна програма курсу, яка має відповідати державному стандарту вищої освіти. Специфіка викладання курсу теоретичної фізики в педагогічному університеті полягає в тому, що процес навчання повинен не тільки сприяти підвищенню рівня їх фундаментальної підготовки, формуванню наукового світогляду і стилю мислення, але й мати чітку фахову спрямованість з урахуванням міждисциплінарних зв'язків дисципліни та сучасних інтеграційних процесів у фізичній науці й педагогічній освіті. Для майбутніх учителів фізики навчальна дисципліна “Теоретична фізика”, з одного боку, є логічним продовженням курсу загальної фізики, що сприяє послідовному й системному оволодінню ними теоретичним ядром сучасної фізичної науки, з іншого – є важливим з точки зору подальшого вивчення дисциплін спеціальної підготовки. Вагомим у проектуванні змісту модульної програми є врахування та реалізація методологічного і

світоглядного потенціалів фізичної науки, сучасного стану теоретичної фізики, що забезпечуватиме фундаментальну базову складову підготовки майбутніх учителів фізики, становлення і розвиток професійно спрямованих якостей особистості.

Спираючись на викладені вище положення, нами було розроблено модульну програму навчальної дисципліни “Теоретична фізика” для студентів напряму підготовки Фізика\* педагогічних університетів [343], яка містить усі необхідні складові нормативних освітніх документів подібного типу: предмет, мету, основні завдання, міждисциплінарні зв’язки, системо утворювальні елементи, інформаційний обсяг змістових модулів, рекомендовану літературу, форми контролю та засоби діагностики успішності навчання студентів. Програму підготовлено на основі системного аналізу нормативних освітніх документів, логічних схем побудови курсу у провідних вітчизняних педагогічних вишах та було спрямовано на розв’язання його основного завдання: засвоєння фундаментальних наукових знань повинно сприяти розвитку особистості майбутнього педагога, має носити діяльнісний характер та бути органічно включено в процес формування його фахової компетентності. Особливу увагу звернено проектуванню теоретичного ядра та основних змістових ліній, навколо яких об’єднується програмний матеріал курсу; забезпеченню його цілісності й варіативності, взаємозв’язку й наступності з курсом загальної фізики; реалізації розвивального й виховного потенціалів навчальної дисципліни. Пропонована модульна програма може виступати основою складання відповідними кафедрами педагогічних університетів робочих програм з дисципліни.



Центральне місце інформаційного блоку НМК належить базовому підручнику з дисципліни. Слід зазначити, що в розпорядженні викладача курсу теоретичної фізики сьогодні достатньо різноманітної навчально-методичної літератури (як вітчизняної, так і перекладної). Це насамперед підручники І. Вакарчука; С. Величка; Є. Венгера, В. Грибаня і О. Мельничука; С. Королюка, С. Мельничука і О. Валя; А.Самойловича, А. Федорченка; російськомовні підручники А. Ансельма,

І. Базарова, А. Василевського і В. Мултановського, Г. Вороніна, Л. Ландау і Є. Ліфшиця; І. Мещерського, І. Савельєва, а також переклади таких іншомовних видань, як “Берклєєвський курс фізики”, “Фейманівські лекції з фізики”, праці А. Ісіхари, Р. Кубо, А. Райфа, Е. Фермі та ін.

Незважаючи на наукову й методичну цінність цих видань, необхідність оновлення й удосконалення змісту і структури підручника як основного засобу навчання дисципліни, що відповідає сучасним освітнім тенденціям та специфіці майбутнього фаху студентів, є цілком очевидною. Особливого змісту ця робота набуває за умов докорінної перебудови вітчизняної системи вищої педагогічної освіти на інтеграційній основі та впровадження положень Болонської декларації. Варто зазначити на актуальності й необхідності створення “лінійки” вітчизняних підручників з теоретичної фізики для педагогічних університетів. У зв’язку з чим важливого значення має врахування досвіду створення на високому науково-методичному рівні подібних навчальних видань з окремих розділів теоретичної фізики [174], [175], [237 – 239].

Спираючись на викладені вище положення, нами було розроблено навчальний посібник “Основи термодинаміки і статистичної фізики” [406], рекомендований МОН України, в якому здійснено спробу викласти послідовно, лаконічно та максимально зрозуміло усі без винятку складові навчальної дисципліни згідно пропонованої нами модульної програми. Термодинаміка розглядається як наслідок основних принципів статистичної фізики. Головну увагу приділено фізичній суті основних понять, принципів і законів, що поряд із детальними математичними викладками дає можливість студенту самостійно опанувати навчальний матеріал. Автор не ставив за мету детальне викладання всіх проблем цієї галузі сучасної фізичної науки. Для поглиблення своїх знань з окремих питань курсу студент може звернутися до списку літератури, який нараховує 111 джерел. Нижче наведено стислий зміст посібника:

*Передмова, модульна програма курсу.*

Розділ 1. Елементи теорії ймовірностей.

Розділ 2. Основні принципи статистичної фізики.

Розділ 3. Статистичні розподіли Гіббса.

Розділ 4. Статистичне обґрунтування термодинаміки.

Розділ 5. Класична статистика ідеального газу.

Розділ 6. Квантова статистика ідеального газу.

Розділ 7. Флуктуації та броунівський рух.

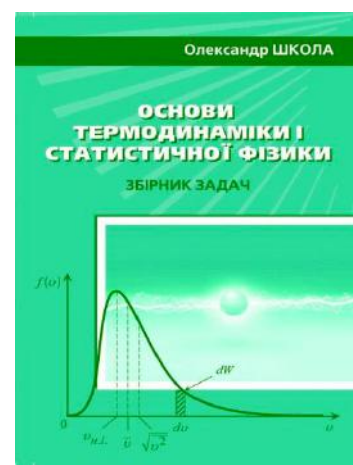
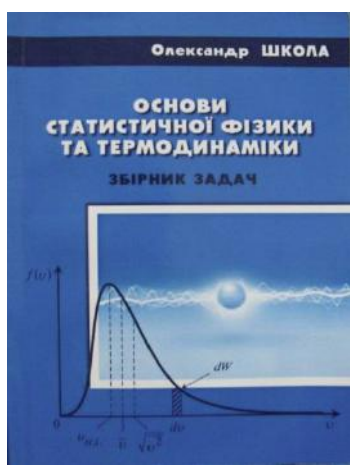
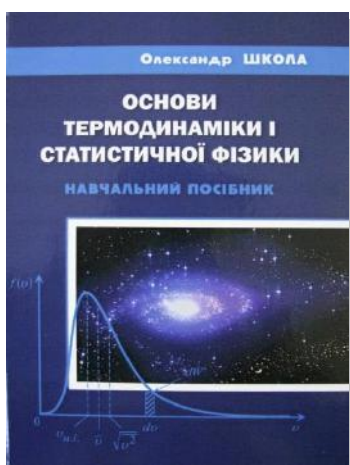
Розділ 8. Елементи фізичної кінетики.

Розділ 9. Реальний газ.

Розділ 10. Рівновага фаз і фазові перетворення.

Розділ 11. Історичний огляд розвитку термодинаміки і статистичної фізики.

*Математичний додаток, предметний покажчик, література.*



Структура і зміст навчального посібника відповідають вимогам організації повноцінної аудиторної та самостійної роботи студентів в умовах кредитно-модульної (трансферної) системи навчання. До кожного розділу наведено перелік контрольних запитань, які виступають зручним та ефективним способом повторення, перевірки й систематизації знань, умінь і навичок студентів під час самостійного опанування ними матеріалів навчального курсу. Посібник ілюстровано рисунками, графіками, схемами (загалом близько 80), що допомагає студенту зрозуміти складний теоретичний матеріал і перевірити основні закономірності розрахунком. Особливе місце в посібнику займає короткий історичний огляд наукових досягнень, які так чи інакше вплинули на становлення й розвиток термодинаміки і статистичної фізики як складової сучасної фізичної науки. Безумовно, знайомство читача з еволюцією поглядів на атоми, природу теплоти, необоротність та ймовірнісний характер теплових явищ, специфіку класичного і квантового підходів до вивчення властивостей макросистем сприятиме більш глибокому та міцному засвоєнню навчального матеріалу. Навчальний посібник має електронну версію і може бути

використаний за дистанційної форми навчання. Він пройшов тривалу й широку апробацію, тому може використовуватися не тільки викладачами теоретичної фізики і студентами, окремі питання навчального курсу будуть корисними також для вчителів фізики та учнів загальноосвітніх шкіл з поглибленим вивченням фізики.

Доповненням до навчального посібника є видання “Основи статистичної фізики та термодинаміки. Збірник задач” [405], рекомендований МОН України, що містить 550 задач і якісних запитань з усіх складових частин навчального курсу з досить широким діапазоном рівня складності. У збірнику використано трирівневу рубрикацію: розділ – тема – задачі та питання. До кожної теми наведено короткі теоретичні відомості та приклади розв’язання типових задач. Відповіді до складних задач супроводжуються вказівками та розв’язаннями. Обсяг відповідей становить майже третину загального обсягу збірника, тому він може використовуватися викладачами теоретичної фізики як методичний матеріал, а також студентами під час самостійної роботи. Збірник містить довідкові таблиці фізичних величин і деякі необхідні відомості з математики. Стислий зміст посібника:

*Передмова, методичні вказівки до розв’язання задач.*

Розділ 1. Елементи теорії ймовірностей.

- 1.1. Статистична вага та ймовірність стану системи.
- 1.2. Функція розподілу ймовірностей.

Розділ 2. Класична статистика ідеального газу.

- 2.1. Основи молекулярно-кінетичної теорії.
- 2.2. Розподіл Максвелла – Больцмана. Характерні швидкості молекул.
- 2.3. Закони статистичного розподілу.

Розділ 3. Основи термодинаміки.

- 3.1. Перший закон термодинаміки. Теплоємність газів.
- 3.2. Другий закон термодинаміки. Ентропія.
- 3.3. Термодинамічні функції ідеального газу.

Розділ 4. Квантова статистика ідеального газу.

- 4.1. Розподіли Бозе-Ейнштейна і Фермі – Дірака.
- 4.2. Квантова теорія теплоємності газів і твердих тіл.
- 4.3. Квантова теорія рівноважного випромінювання.

Розділ 5. Флуктуації та броунівський рух.

- 5.1. Флуктуації термодинамічних величин.

5.2. Межа чутливості вимірювальних приладів. Броунівський рух.

Розділ 6. Явища переносу в газах.

6.1 Середня довжина вільного пробігу молекул. Число зіткнень.

6.2. Дифузія, в'язкість, теплопровідність.

Розділ 7. Реальний газ та фазові перетворення.

7.1. Реальний газ. Ефект Джоуля – Томсона.

7.2. Фазові переходи першого та другого роду.

*Відповіді, вказівки та розв'язання, математичний додаток, література.*

Як відомо, знання та вміння знаходяться у діалектичній єдності, взаємно збагачують і доповнюють один одного. Очевидно, що розв'язання задач певної теми збірника буде найефективнішим тільки разом із попереднім опрацюванням студентами відповідних теоретичних матеріалів навчального курсу. Збірник задач також пройшов тривалу й широку апробацію, у результаті чого виникла практична необхідність його другого видання. Разом розроблені посібники складають основу навчально-методичного комплексу, підготовленого автором як узагальнення власного педагогічного досвіду викладання курсу протягом останніх років на фізико-математичному факультеті Бердянського державного педагогічного університету.

Особливу увагу ми приділили блоку діагностики. Важливою передумовою підвищення рівня фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики є розвиток та удосконалення форм і методів системного й неперервного контролю їх навчальних досягнень, який реалізує зворотній зв'язок у навчанні, забезпечує можливість оперативного реагування та корегування цього процесу. Контроль повинен охоплювати всі ланки навчально-виховного процесу та сприяти його вдосконаленню. У зв'язку з цим дисертантом було розроблено комплекс засобів контролю успішності навчання студентів, зазначених на рис. 3.3. Серед традиційних форм контролю (усне опитування, фізичний диктант, контрольна робота та ін.) усе більшу популярність набуває тестування, у тому числі й комп'ютерне. Тому нами було підготовлено відповідно до модульної програми навчальний посібник “Термодинаміка і статистична фізика: збірник тестових завдань”, рекомендований Вченою радою Бердянського державного педагогічного університету [421].

Посібник містить тестові завдання з усіх складових цього розділу курсу теоретичної фізики, що дозволяє активізувати навчально-пізнавальну роботу студентів як на аудиторних заняттях, так і під час самостійної роботи, провести оперативний та об'єктивний контроль, самоконтроль і корегування успішності їх навчання. Матеріали посібника стали основою розробки засобу комп'ютерного тестування якості навчальних досягнень студентів з дисципліни. Більш детально теоретичні засади комп'ютерного тестування студентів та методичні рекомендації щодо його використання у навчанні теоретичної фізики розглянуто в наступному підрозділі.



Таким чином, апробація розробленого нами навчально-методичного комплексу та його окремих елементів у низці ВНЗ України, що виступали експериментальною базою дослідження, протягом тривалого часу дозволила дійти висновку: презентований навчально-методичний комплекс з теоретичної фізики для студентів-фізиків педагогічних університетів є потужним засобом поліпшення рівня їх фундаментальної підготовки, стимулювання самоосвітньої діяльності, диференціації та індивідуалізації навчання, розвитку інтелектуальних і творчих здібностей.

#### **3.4. Теоретичні та методичні особливості використання сучасних інформаційних технологій у навчанні теоретичної фізики**

Кінець ХХ – початок ХХІ ст. ознаменувались стрімким зростанням інформаційного потоку, який надзвичайно швидко почав змінювати зміст та якість життя сучасного постіндустріального суспільства. Незалежно від бажання людей влилися і стали його органічною частиною електронні засоби зв'язку, комп'ютерна техніка, цифрові технології, мультимедіа, локальні мережі, Інтернет-ресурси. Графіка, анімація, фото, відео, звук, текст, можливості використання віддаленого доступу до зовнішніх ресурсів і баз даних в інтерактивному режимі роботи створюють інтегративне інформаційне середовище, в якому користувач знаходить якісно нові

можливості. Необхідність обробки значного об'єму інформації, швидкого поповнення й оновлення знань, постійного підвищення рівня своєї загальноосвітньої та фахової компетентності, інформаційної культури стала невід'ємним атрибутом діяльності кожного фахівця. Тому проникнення сучасних інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) в освітню галузь є закономірним і невідворотнім.

Модернізація вітчизняної системи університетської фізичної освіти в контексті європейських вимог супроводжується істотними змінами в педагогічній теорії і практиці, пов'язаними з унесенням коректив до цілей, змісту і технологій навчання, які мають бути адекватними сучасним технічним можливостям, відповідати методології наукового пізнання і тенденціям розвитку освітньої галузі. Суспільні потреби щодо підвищення якості фахової підготовки майбутніх учителів фізики вимагають пошуку шляхів інтенсифікації навчально-виховного процесу. Одним з пріоритетних напрямків вирішення цієї проблеми є раціональне та оптимальне використання поряд з традиційними сучасних інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) навчання. При цьому мова йде не лише про технічне забезпечення педагогічних університетів новітньою електронно-обчислювальною технікою та якісним програмно-методичним супроводженням, але й комплексним і послідовним її застосуванням у навчально-виховному процесі та відповідною системною підготовкою педагогів до використання засобів ІКТ у професійній діяльності.

Під засобами ІКТ розуміємо програмно-апаратні пристрої, що функціонують на базі мікропроцесорної обчислювальної техніки, а також сучасні засоби і системи інформаційного обміну, що забезпечують операції з генерування, накопичення, збирання, зберігання, обробки та передавання інформації. До засобів ІКТ відносимо ЕОМ, ПЕОМ, комплекти термінального та периферійного обладнання, локальні мережі, пристрої для перетворення даних з графічної або звукової форми у цифрову і навпаки; сучасні засоби зв'язку; системи штучного інтелекту; програмні комплекси тощо.

Педагогічний досвід свідчить: на основі раціонального поєднання традиційних та ІКТ навчання вдається значно ефективніше розвинути й примножити природні задатки і здібності людини. Використання останніх у



навчанні загальної і теоретичної фізики педагогічних університетів зумовлює оновлення освітніх цілей і завдань, змістовного й процесуального компонентів, дозволяє досягнути значно більших результатів навчальної діяльності, забезпечити можливість вибору кожним студентом власної освітньої траєкторії та шляхів набуття фахової компетентності. Це пов'язано з появою нових, практично необмежених педагогічних можливостей для індивідуалізації і диференціації навчального процесу, інтенсифікації навчально-пізнавальної діяльності, забезпечення процесів самоосвіти й самокорекції тих, хто навчається; застосуванням додаткових інформаційних навчальних ресурсів, широкого спектру педагогічних методів і технологічних варіантів навчання, розширенням масштабу і змінами характеру навчальних комунікацій, посиленням процесуальних і мультимедійних характеристик засобів навчання, розширенням простору інноваційної педагогічної діяльності тощо. Протягом останніх двох десятиріч у вітчизняній дидактиці фізики з'явився та активно розвивається новий напрям – розроблення ІКТ навчання і програмно-методичних навчальних комплексів з фізики, що базуються на широкому застосуванні інтерактивних методів навчання, мультимедійних засобів і віртуальних педагогічних технологій, які дозволяють суттєво підвищити рівень методичного забезпечення освітнього процесу, відкривають нові можливості для підвищення якості фізичної освіти. Тому інформатизація й комп'ютеризація є одним із найважливіших і водночас найскладніших сучасних завдань освітньої галузі.

Розробці загальних концептуальних засад та методичних основ проектування і реалізації ІКТ навчання у практиці загальноосвітньої і вищої шкіл присвячена ціла низка досліджень, зокрема, питання інформатизації освіти, створення комп'ютерно зорієнтованих навчальних середовищ, педагогічних програмних засобів (ППЗ) різного дидактичного призначення, формування комп'ютерної грамотності та інформаційної культури педагога, проблеми й перспективи впровадження мультимедіа, хмарних технологій та дистанційної форми навчання досліджували В. Биков, Р. Гуревич, А. Гуржій, М. Жалдак, Ю. Жук, Ю. Машбиць, Н. Морзе, І. Підласий, Є. Полат, С. Раков, А. Хуторський та ін.

Різним аспектам системного використання ІКТ у навчанні фізиці присвячені дослідження: Л. Благодаренко і М. Мартинюка (методологічні засади розробки педагогічних програмних засобів з фізики різного дидактичного призначення), І. Богданова і А. Касперського (принципи впровадження ІКТ у навчанні фізико-технічних дисциплін, імітаційне комп'ютерне моделювання радіоелектронних процесів), С. Величка і В. Тищука (удосконалення системи навчального фізичного експерименту на основі ІКТ), Ю. Жука (системне використання комп'ютерно зорієнтованих засобів навчання фізики в школі), В. Заболотного (мультимедійні технології в підготовці вчителів фізики), О. Іваницького (формування інформаційної культури майбутніх учителів фізики засобами технології контекстного проблемно-модульного навчання), О. Коновала (комп'ютерне моделювання фізичних явищ і процесів, що забезпечують розуміння основних положень класичної електродинаміки як релятивістської теорії), О. Ляшенка і М. Шута (концептуальні засади створення індустрії сучасних інформаційних засобів навчання з фізики), О. Сергєєва (методологічні основи розробки та впровадження ІКТ у навчанні фізиці), В. Сергієнка (комплексна підтримка навчання загальної фізики засобами нових інформаційних технологій), Н. Сосницької і Б. Суся (дидактичні вимоги створення програмно-методичного забезпечення з фізики, імітаційне комп'ютерне моделювання фізичних явищ і процесів), В. Шарко (медіазасоби в умовах неперервної підготовки вчителів фізики) та ін.

Численні дослідження щодо раціонального та методично обґрунтованого застосування ІКТ у навчанні фізиці педагогічних університетів свідчать не лише про пошуки шляхів істотного підвищення рівня та якості фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики, але й забезпечення сприятливих умов формування їх інформаційної культури та фахової компетентності. Останнє пояснюється широким спектром унікальних дидактичних можливостей використання ІКТ навчання, до яких більшість фахівців відносять: візуалізацію, інтерактивність, режим мультимедіа шляхом створення специфічних кібернетичних середовищ на базі сучасних комп'ютерів і телекомунікаційних мереж. Використання на їх основі ППЗ різноманітного дидактичного призначення (демонстраційні, імітаційні, моделюючі,

тренувальні, діагностичні, контролюючі, тестові, ігрові) сприяє інтенсифікації, диференціації та індивідуалізації навчального процесу, підвищенню мотивації, пізнавальної активності й самостійності мислення студентів, формуванню їх наукового світогляду, інформаційної культури, навичок самоосвіти, ключових компетенцій. Сфери застосування ІКТ у навчанні теоретичної фізики в педагогічному університеті представлені на рисунку 3.4.



Рис. 3.4. Сфери застосування сучасних інформаційних технологій у навчанні теоретичної фізики в педагогічному університеті

Крім того, застосування сучасних інформаційних технологій у навчанні теоретичної фізики дозволяє вирішувати й ряд принципово нових дидактичних завдань: 1) *системне управління якістю фундаментальної підготовки студентів* на основі автоматизації процесів інформаційно-методичного забезпечення та організаційного управління навчально-виховним процесом, системного моніторингу, контролю (самоконтролю) і корекції його результатів; 2) ознайомлення студентів з *методом комп'ютерного моделювання* досліджуваних об'єктів мікро- і макросвіту як потужного інструменту наукового пізнання; формування практичних умінь і навичок представлення в зручному для вивчення масштабі й часі різних фізичних процесів і явищ, що реально протікають з дуже великою або дуже малою швидкістю з можливістю покрокового аналізу їх характеристик, властивостей, управління поведінкою; 3) ознайомлення студентів з *методами автоматизації процесів*

*обчислювальної інформаційно-пошукової діяльності*, а також обробки результатів навчального фізичного експерименту з можливістю багаторазового повторення як його окремого фрагменту, так і самого експерименту в цілому; 4) розробка комп'ютерно зорієнтованих НМК (електронних підручників і посібників, тренажерів формування практичних умінь і навичок, віртуальних лабораторій, бібліотек електронних наочностей, засобів тестового контролю та ін.) як складових *дистанційних технологій навчання фізики*, що реалізують принципи відкритої безперервної освіти, вільного доступу студентів до освітніх ресурсів і послуг, формування й розвиток індивідуальної траєкторії навчання.

Аналіз матеріалів науково-практичних конференцій, дисертацій, досвід колег та експертів свідчить: незважаючи на значне просування сучасних ІКТ у навчанні фізики їх системне застосування на всіх освітніх рівнях залишається скоріше винятком ніж правилом. Останнє можна пояснити низкою причин: 1) невеликою кількістю створених і впроваджених в освітню практику якісних програмних засобів навчального призначення; 2) недостатнім рівнем відповідної підготовки вчителів фізики; 3) необхідністю реалізації загальнодержавної програми щодо створення індустрії електронних інформаційних ресурсів навчального призначення для студентів за напрямком підготовки Фізика\*, оформлених в єдиному стилі, з єдиними методичними підходами й супроводженням, придатних для тиражування і практичного застосування. До сказаного можна додати ще одну специфічну проблему, розв'язання якої, нашу думку, сприятиме підвищенню рівня фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики. Як відомо, комп'ютерне моделювання фізичних явищ і процесів у сучасній фізичній науці є потужним інструментом наукового пізнання світу, активно розробляється вже десятки років, має солідну основу та широке практичне використання. На жаль, навчально-методичної літератури щодо ефективного використання дидактичного потенціалу комп'ютерного моделювання у навчанні теоретичної фізики сьогодні вкрай мало. Застосування цієї технології у практиці педагогічних вишів є перспективним, оскільки виступатиме могутнім інструментом пізнання фізичної реальності, ефективним засобом особистісного та професійного розвитку тих, хто навчається.

Використання ІКТ у навчанні теоретичної фізики дозволяє реалізувати широкі дидактичні можливості, серед яких важливе місце займає *технологія візуалізації*. У своїй роботі ми керуємося визначенням базового поняття дослідження, запропонованого в роботі [137, с.14]: “Візуалізація – сукупність процесів відбору, структурування та оформлення навчального матеріалу у візуальний образ, представлення якого сприяє активній мисленевій діяльності студентів під час споглядання й осмислення змісту поданого матеріалу”. Зазначену технологію можна реалізовувати на будь-якому етапі пізнавального процесу та за різних організаційних форм навчання, але власний педагогічний досвід свідчить про ефективність її використання під час аудиторних занять у процесі формування нових знань. Нижче наведено інформацію щодо застосування дисертантом у навчанні теоретичної фізики сучасних ІКТ на базі системи комп’ютерної математики Mathcad і презентаційного редактора Power Point пакету Microsoft Office [393].

Системи комп’ютерної математики Maple, Mathematica, Matlab і Mathcad, які реалізують інтерактивність і наочність навчання шляхом створення специфічних кібернетичних середовищ, істотно полегшують діалог студента з комп’ютером під час вирішення та візуалізації задач фізичного змісту. Систему Mathcad виділяє серед вищезазначених надзвичайно зручний інтерфейс, чудова графіка та мінімальна кількість відомостей, потрібних для запам’ятовування. На відміну від мов програмування Pascal, Delphi, СІ для оволодіння Mathcad не потрібно багато часу завдяки широкому спектру вбудованих функцій. Застосування усіх сучасних засобів мультимедіа (кольору, звуку, графіки, мультиплікації, відео) дозволяє максимально наблизити навчальну діяльність до реальних умов.

Використання комп’ютерного моделювання набуває особливого значення під час вивчення тих тем курсу теоретичної фізики, демонстраційний експеримент з яких ускладнений або зовсім неможливий. До таких тем курсу “Термодинаміка і статистична фізика”, зокрема, можна віднести “Розподіл Максвелла. Характерні швидкості молекул ідеального газу”. На основі розробленого нами навчального засобу в системі Mathcad (рис. 3.5) можна: 1) розкрити фізичну сутність функції розподілу Максвелла та з’ясувати загальний вигляд відповідної кривої;

2) проаналізувати залежність форми і висоти кривої розподілу від температури і маси молекул газу; 3) обчислити долю молекул газу, швидкості яких перебувають у певному інтервалі; 4) визначити характерні швидкості молекул газу; 5) на основі принципу інваріантності ймовірності отримати розподіл за імпульсами та кінетичними енергіями молекул газу, розрахувати відому зі шкільного курсу фізики середню енергію їх поступального руху та проаналізувати звідси фізичний зміст поняття абсолютної температури. Як свідчить досвід, реалізація такого алгоритму навчально-пізнавальних дій сприяє суттєвому підвищенню пізнавального інтересу, рівня та якості знань студентів.

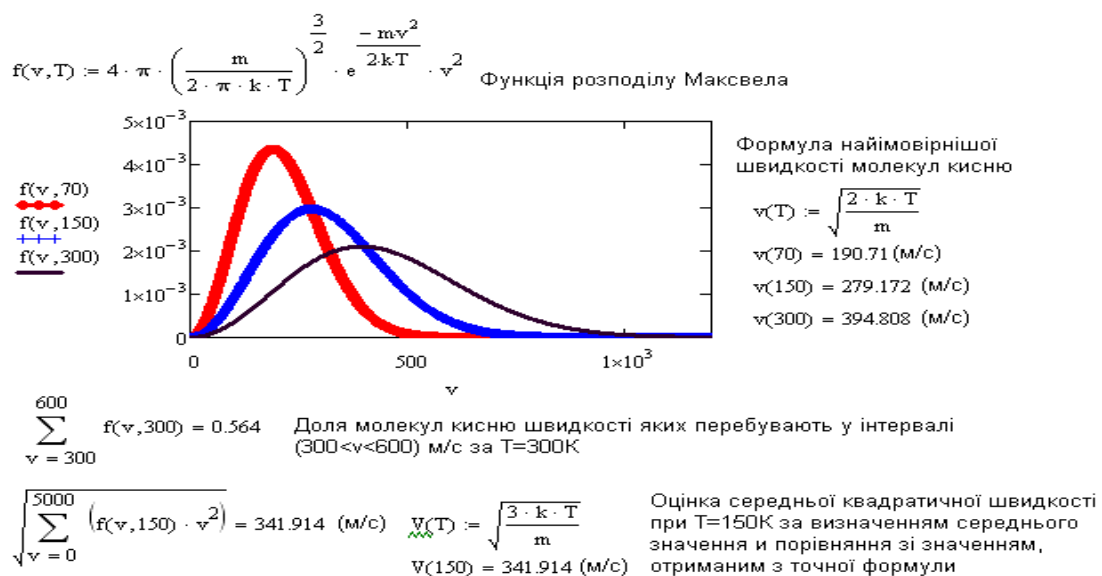


Рис. 3.5. Функція розподілу Максвелла в редакторі Mathcad та її аналіз

*Лекція з мультимедійним супроводом* за допомогою редактора Power Point дозволяє представити навчальний матеріал як систему яскравих анімаційних опорних конспектів (образів), наповнених логічно пов'язаною структурованою інформацією, зробити її більш насиченою, наочною і доступною за рахунок використання кольору, графіки, анімації, звуку, відеоряду тощо. У цьому випадку “включаються” різні канали сприйняття студентів, що уможливорює закласти інформацію у пам'ять не тільки у фактографічному, але й в асоціативному вигляді. Поєднання електронної імітації фізичного явища та відео реальної демонстрації, як свідчить досвід, забезпечує високу ступінь наочності та сприйняття студентами навчальної інформації. Завдяки застосуванню засобів

мультимедіа формуються педагогічні умови для організації й управління пізнавальною діяльністю студентів, що забезпечують розвиток самостійності, відповідальності, критичного мислення, інформаційної культури. Використання засобів мультимедіа скорочує час на пояснення навчального матеріалу, збільшує інформативну ємність лекційних занять, сприяє підвищенню пізнавального інтересу та рівня знань майбутніх учителів фізики.

Варто пам'ятати, що результат навчання із застосуванням навіть найсучасніших ІКТ значною мірою залежить від того, як організована пізнавальна діяльність студентів на занятті. Одне лише споглядання або конспектування успіху не гарантує. Важливо залучити до активної роботи якнайбільшу кількість аналізаторів, постійно підтримувати з аудиторією зворотній зв'язок у формі евристичної бесіди, створити сприятливу психологічну атмосферу, спрямовану на пізнання нової навчальної інформації, усвідомлення й розв'язання мотивованих проблем фахового спрямування. Використання викладачем у навчанні теоретичної фізики мультимедійних технологій не лише підвищує його авторитет, але й сприяє вирішенню подвійного освітньо-професійного завдання: кращому сприйняттю й осмисленню студентами матеріалів навчального курсу, усвідомленню важливості самого процесу навчання та зразків використання засобів ІКТ у навчально-виховному процесі. Оскільки мультимедійний супровід розробляється з певною дидактичною метою, безумовно слід дотримуватись певних ергономічних і психолого-педагогічних вимог, основний перелік яких, на нашу думку, найповніше представлений у дисертації [137].

З урахуванням вищезазначеного нами розроблено та активно використовується комплект презентаційних матеріалів для проведення лекцій з мультимедійним супроводженням курсу “Термодинаміка і статистична фізика”. У них передбачена не тільки візуалізація навчального матеріалу, але й аудіосупровід (коментування), виведення формул, аналіз проблемних ситуацій, міжпредметних зв'язків з курсом загальної фізики та шкільного курсу фізики, історичні відомості тощо. Важливо, що у створенні таких презентацій беруть активну участь студенти факультету фізико-математичної, комп'ютерної і технологічної освіти


Бердянського державного педагогічного університету, що загалом сприяє формуванню складових їх фахової компетентності. Нижче наведено приклад однієї з таких лекцій на тему: “Перший закон термодинаміки. Теплоємність ідеального газу”. Розроблена мультимедійна підтримка лекції містить у собі ряд цифрових дидактичних матеріалів з 11 кадрів, які згруповані за допомогою презентаційного редактора Power Point.

Перший слайд ілюструє тему та основні питання лекції (рис. 3.6). Актуалізація опорних знань студентів на початковому етапі заняття проводиться шляхом короткого історичного екскурсу з історії відкриття першого принципу термодинаміки як фундаментального закону збереження й перетворення енергії для теплових процесів (рис. 3.7, рис. 3.8).

**Тема: Перший закон термодинаміки.  
Теплоємність ідеального газу**

1. Історична довідка. Фізичний зміст основних понять (внутрішня енергія, кількість теплоти, робота розширення ідеального газу).
2. Термодинамічний і статистичний зміст першого закону термодинаміки.
3. Застосування першого закону термодинаміки до ізопроеесів.
4. Теплоємність ідеального газу. Рівняння Майєра.

—•—•—•—•—•—•—



*У будь-якій науці, у будь-якому мистецтві найкращий учитель – досвід.  
Мисль де Серпантес*

Рис. 3.6. План лекційного заняття

**Зародження атомістичної ідеї**



**Демокрит**  
(460 – 370 до н. з.)

*“Не існує нічого, крім атомів і чистого простору, все інше є тільки наш уявлення... Атоми недсяжні нашим очам, вони нескінченні за кількістю й нескінченно різноманітні за формою... Різниця між речами зумовлена різницею їх атомів у числі, величині, формі та порядку...”*

---



**Епікур**  
(342 – 270 до н. з.)

*“Небачене може бути матеріальним... Атоми мають вагу, перебувають у безперервному русі і в пустоті падають з однаковою швидкістю”.*



**Лукрецій**  
(99 – 55 до н. з.)



**Засновники молекулярно-кінетичної теорії**



**Д.Бернуллі**  
(1700 - 1782)

*“Теплота – це хаотичний рух частинок матерії... Усюди, де збільшується внутрішній рух частинок, теплота зростає... Тиск газу є результатом зіткнень частинок матерії зі стінками посудини”.*



---



*“Теплота полягає у внутрішньому русі матерії (поступальному, обертальному, коливальному)... Корпускули матерії (атоми й молекули) мають кулеподібну форму... Температура й рух частинок матерії пропорційні”.*



**М.В.Ломоносов**  
(1711 - 1765)

Рис. 3.7. З історії відкриття першого закону термодинаміки (перший етап)

Як свідчить власний педагогічний досвід, використання елементів історизму в курсі теоретичної фізики має важливе наукове та освітньо-професійне значення у підготовці майбутніх учителів фізики, оскільки сприяє не тільки реалізації у навчанні принципу єдності логічного та історичного у науковому пізнанні, але й глибшому засвоєнню ними самої фізики, підвищенню пізнавального інтересу, рівня



та якості знань, вихованню національної самосвідомості, оволодінню історичним підходом до викладання фізики в загальноосвітніх навчальних закладах.

**Розвиток теплотехніки на межі XVIII-XIX ст.**

Парова машина для відкачування води з шахт



**Т. Ньюкомен**  
(1663 - 1729)

Універсальний паровий двигун



**Дж. Уатт**  
(1736 - 1819)



Паролав (1807)



Парова (1814)

**"Міркування про рухому силу вогню"**  
(дослідження принципів дії теплових машин)

**"Теплота є не що інше, як рухома сила або, скоріше, рух, який змінив свою форму... Максимум рухомої сили не може перевищувати отриманого тепла".**



**С. Карно**  
(1796 - 1832)



**Г. Гельмгольц**  
(1821 - 1894)

**Автори першого закону термодинаміки**



**Ю. Майєр**  
(1814 - 1878)

"Тепло вихикає з руху... Рух і теплота являють собою явища, які вимірюються один одним та переходять один в одній... Теплота є силою: вона може бути перетворена на механічний ефект".




**Д. Джоуль**  
(1818 - 1889)

**"Неможливо за існування будь-якої довільної комбінації тіл природи отримувати безперервно з нічого рухому силу... максимум роботи, яку можна отримати, є певним, кінцевим".**

Рис. 3.8. З історії відкриття першого закону термодинаміки (другий етап)

Реалізації принципу фахової спрямованості у навчанні теоретичної фізики сприяє аналіз інформації, наведеної на рис. 3.9. Перший слайд дозволяє організувати обговорення та усвідомлення студентами фізичного змісту базового поняття лекції, способам його зміни; провести зв'язок з курсом загальної фізики та характером викладання відповідної інформації у шкільному курсі фізики.

**Способи зміни внутрішньої енергії тіла**



**Внутрішня енергія термодинамічної системи**

Внутрішня енергія термодинамічної системи визначається кінетичною енергією теплового (поступального, обертального і коливального) руху частинок речовини та потенціальною енергією їх взаємодії (виступає однозначною функцією (параметром) її стану).

Для ідеального газу:  $U_{\text{вн}} = E_{\text{кін}} + E_{\text{пот}} = N \cdot \frac{i}{2} kT = N \cdot \frac{i}{2} kT$  або  $dU_{\text{вн}} = \frac{i}{2} \nu R dT$ ,  
де  $\frac{i}{2} kT$  - середня кінетична енергія теплового руху молекул газу,  
 $i = i_{\text{пост}} + i_{\text{оброт}} + 2i_{\text{кол}}$  - число ступенів вільності молекули.

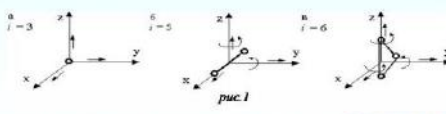


рис.1

У загальному випадку для макроскопічних тіл:


$$U_{\text{вн}} = U_{\text{вн}}(T, V)$$


Рис. 3.9. Внутрішня енергія термодинамічної системи та способи її зміни

У традиційному представленні зазначений методичний прийом займає значний інтервал часу. Використання мультимедійного супроводу дозволяє відтворити відоме (робота і теплопередача як основні способи зміни внутрішньої енергії термодинамічної системи) та розглянути нове (внутрішня енергія системи

як однозначна функція/параметр її стану, залежність від числа ступенів вільності молекул ідеального газу) за рахунок високого ступеня наочності, компактності й темпу подання інформації.

Детальний розгляд наступних слайдів передбачає з'ясування фізичної сутності базових понять першого закону термодинаміки (рис. 3.10). Так, зокрема студенти мають чітко усвідомлювати, що, оскільки внутрішня енергія системи є однозначною функцією її стану, її зміна не залежить від шляху переходу системи і визначається лише значеннями у початковому та кінцевому стані. З математичної точки зору це означає, що  $dU$  є повним диференціалом деякої функції стану системи. Значення  $Q$  та  $A$ , навпаки, суттєво залежать від характеру процесу, тому для їх розрахунку недостатньо знати тільки початковий та кінцевий стани системи:  $\delta Q$  і  $\delta A$  не є повними диференціалами деякої функції стану термодинамічної системи. Якщо не вказаний шлях переходу системи з одного стану в інший, то неможливо вказати, яка частина  $dU$  спричинена роботою, а яка – теплою. Встановлення математичного виразу роботи розширення ідеального газу дозволяє на цьому етапі навчальної презентації з'ясувати фізичну сутність універсальної газової сталої.

**Кількість теплоти** – це частина внутрішньої енергії, наданої тілу ( $m/\theta$  системі) у результаті теплообміну без виконання макроскопічної роботи (мікроскопічний спосіб зміни внутрішньої енергії).

$$\delta Q = C dT$$

а) нагрівання-охолодження:  $Q = cm(t_2 - t_1)$ ;  $c$  - питома теплоємність речовини;  
 б) пароутворення-конденсація:  $Q = Lm$ ;  $L$  - питома теплота пароутворення речовини;  
 в) плавлення-кристалізація:  $Q = \lambda m$ ;  $\lambda$  - питома теплота плавлення речовини;  
 г) згоряння палива:  $Q = qm$ ;  $q$  - питома теплота згоряння палива.

**Робота ідеального газу** за ізобаричного розширення (макроскопічний спосіб зміни внутрішньої енергії)

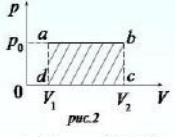
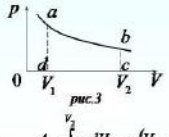



рис.2                      рис.3

$$A = S_{abcd} = p_0(V_2 - V_1); \quad \delta A = p dV; \quad A = \int_{V_1}^{V_2} p dV = p(V_2 - V_1)$$

Фізичний зв'язок універсальної газової сталої:  $R = \frac{\delta A}{\nu dT}; \quad R = 8,31 \left( \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \right)$

**Перший закон термодинаміки**

$$\delta Q = dU + \delta A$$

Кількість теплоти, що надається системі, витрачається на зміну її внутрішньої енергії та виконання системою роботи проти зовнішніх сил.

**Альтернативні формулювання закону:**

- енергія не виникає і не виникає з нічого, вона лише переходить з однієї форми в іншу, від одного тіла до іншого (закон збереження та перетворення енергії для теплових процесів);
- енергія замкненої системи за будь-яких процесів всередині залишається сталою;
- енергія замкненої системи виступає однозначною функцією її стану;
- для колових процесів:  $dU = 0$  або  $\delta Q = \delta A$ , тобто неможливо побудувати періодично працюючу машину, яка б виконувала роботу, не запозичуючи енергію ззовні (ляжання про неможливість існування вічного двигуна першого роду);
- ентропія замкненої системи виступає однозначною функцією її стану ( $S = k \ln W_r$ ).

Рис. 3.10. Перший закон термодинаміки

Другий слайд на рисунку 3.10 потребує підвищеної уваги та детального аналізу кожного з наведених еквівалентних формулювань першого закону термодинаміки. Особливого значення має усвідомлення студентами його статистичного змісту на

основі останнього з наведених тверджень та з'ясування у зв'язку з цим тісної аналогії між поняттям ентропії та внутрішньої енергії системи. Розгляд зазначеного навчального матеріалу проводимо із застосуванням міжпредметних зв'язків з курсом загальної фізики. Так, зокрема, студенти мають усвідомити, що, по-перше, *обидві величини є однозначними функціями стану системи і, отже, їх прирости є повними диференціалами*. Зауважимо, що неможливість існування вічного двигуна другого роду відразу призводить до неможливості перетину адіабат, тобто до однозначності ентропії. По-друге, *основними визначеннями обох функцій є диференціальні рівняння, які дають можливість знаходити лише їх зміни*. Звідси, ентропія, як і внутрішня енергія, може бути визначена тільки з точністю до адитивної сталої інтегрування.

Якщо у формулі  $\int_1^2 \frac{\delta Q}{T} = S_2 - S_1$  зафіксувати перший стан як початковий, то ентропія системи у другому довільному стані дорівнюватиме:  $S = \int \frac{\delta Q}{T} + S_0$ , де  $S_0$  і є згадана стала ентропії. По-третє, *ентропія, як і внутрішня енергія, є адитивною величиною*. Це безпосередньо виходить з формули, бо кількість теплоти, якою обмінюється система з зовнішніми тілами, за заданих інших умов пропорційна її масі, тим часом як температура від маси системи зовсім не залежить.

**Застосування першого закону термодинаміки до ізопроцесів**

Процес	Рівняння процесу	Рівняння першого закону термодинаміки
Ізотермічний	$pV = \text{const}$	$\delta Q = \delta A = \nu RT \ln(V_2/V_1)$
Ізобаричний	$V/T = \text{const}$	$\delta Q = dU + \delta A = C_p dT + p dV = C_p dT$
Ізохоричний	$p/T = \text{const}$	$\delta Q = dU = C_v dT$
Адіабатичний	$\delta Q = 0; pV^\gamma = \text{const}$	$\delta A = -dU = -C_v dT$
Політропний	$C = \text{const}; pV^n = \text{const}$	$\delta Q = C dT$

$\gamma = \frac{C_p}{C_v}$  - показник адіабати;  $n = \frac{C - C_p}{C - C_v}$  - показник політропи.

**Теплоємність ідеального газу:**  $C_{\text{мін}} = \frac{\delta Q}{dT}; C_v = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_v; c_p = \frac{C}{\nu} - c_v$

**Рівняння Майера:**  $C_p - C_v = \nu R$

**Молярні теплоємності ідеального газу:**  $C_v = \frac{i}{2} R; C_p = \frac{i+2}{2} R$

**Література:**

1. Василевский А.С. Статистическая физика и термодинамика / А.С.Василевский, В.В.Мултановский. - М.: Просвещение, 1985. - 255 с. (§ 9).
2. Венгер Е.Ф. Основы статистической физики и термодинамики / Е.Ф.Венгер - К.: Вища школа, 2004. - 255 с. (§ 21-23).
3. Мороз І.О. Теоретико-методичні засади вивчення термодинаміки і статистичної фізики в педагогічних університетах: монографія / І.О.Мороз. - Харків: ТОВ "Діа плюс", 2012. - 382 с. (§ 1.3.1 та 2.4.1).
4. Трофимова Т.И. Курс физики. - М.: Высшая школа, 1990. - 478 с. (§ 50-55).
5. Школа О.В. Основы термодинамики и статистической физики: навч. посібник для студентів вищих навчальних закладів / О.В.Школа. - Донецьк: Юго-Восток, 2009. - 375 с. (§ 4.1).


 Образованный человек тем и отличается от необразованного, что продолжает считать свое образование незаконченным.

*А.Димов*

Рис. 3.11. Застосування першого закону термодинаміки до ізопроцесів

Презентаційний ряд завершує слайд, що ілюструє застосування першого закону термодинаміки до ізопроцесів та основні відомості щодо фізичного змісту поняття теплоємності ідеального газу (рис. 3.11). В останньому випадку виведення відомого

рівняння Майєра про зв'язок теплоємностей  $C_p$  і  $C_V$  ідеального газу на основі нескладних математичних перетворень проводимо шляхом актуалізації опорних знань студентів з курсу загальної фізики, спонукаючи до їх активної розумової діяльності. Останній слайд презентації містить перелік літературних джерел для розширення й поглиблення знань студентами з відповідної теми навчального курсу та підготовки до наступного семінарського/практичного заняття.

Таким чином, досвід проведення лекцій з курсу теоретичної фізики з мультимедійним супроводженням дозволяє зробити висновки:

- проведення таких лекцій не потребує спеціальної підготовки викладачів: методику їх проведення засвоїти достатньо легко;
- використання невеликої кількості ілюстративних матеріалів позитивно впливає на якість засвоєння студентами навчальної інформації;
- наочність, лаконічність, логічність, послідовність та естетичність пропонованого презентаційного матеріалу скорочує час на оформлення викладачем записів на дошці та вивільняє час на колективне обговорення з аудиторією актуальних навчальних питань;
- проектування презентаційних матеріалів повинно здійснюватися з урахуванням провідних дидактичних принципів педагогіки вищої школи – фундаментальності та фахової спрямованості. Інакше кажучи, пропонована в презентації навчальна інформація повинна розкривати фізичний зміст основних елементів фундаментальних фізичних теорій, сприяти цілісності й системності знань студентів, реалізації міжпредметних зв'язків дисципліни з курсом загальної фізики з обов'язковою проекцією на шкільний курс фізики;
- оскільки слайди презентації виступають своєрідними опорними конспектами з відповідної теми навчального курсу, необхідно домогтися активного сприйняття й усвідомлення студентами навчальної інформації шляхом використання активного діалогу, реалізації міжпредметних зв'язків, наведення відповідних історичних відомостей, створення проблемних ситуацій тощо.

Останнє має принципове значення у навчанні теоретичної фізики, оскільки дозволяє замість крейдового виведення формул, представлення схем і таблиць,

збільшити глибину й обсяг висвітлення матеріалу, вказати студентам можливі шляхи поповнення, відтворення попередніх та здобуття нових знань. Варто пам'ятати, що презентаційний матеріал має стати для студентів своєрідним зразком проектування й реалізації технології візуалізації, який вони використовуватимуть у своїй майбутній професійній діяльності. Тому він має реалізовувати головні освітні цілі курсу, відповідати відомим дидактичним принципам і потребує відповідної педагогічної майстерності викладача. У зв'язку з цим акцентуємо увагу на необхідності формування кожним студентом – майбутнім учителем фізики – бібліотеки інформаційних ресурсів, що сприятиме їх самоосвіті та фаховому вдосконаленню. Так, зокрема у навчанні курсу теоретичної фізики корисними будуть матеріали таких сайтів:

1. Архів наукової та навчально-методичної літератури:

- <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics.htm>;
- <http://www.twirpx.com/files/physics/commons>;
- <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics.htm>.

2. Електронні наукові бібліотеки:

- [www.poiskknig.ru](http://www.poiskknig.ru);
- <http://rsl.ru>.
- <http://elementy.ru/physics>.

3. Каталог наукових та освітніх інтернет-ресурсів на сайті:

- <http://www.edu.ru>;
- <http://www.elibrary.ru>;
- [http://intellect-invest.org.ua/rus/educ\\_resources\\_university\\_libraries/](http://intellect-invest.org.ua/rus/educ_resources_university_libraries/).

4. Сайт Інституту теоретичної фізики ім. М.М.Боголюбова НАН України:

- <http://www.bitp.kiev.ua/news.html>.

5. Сайт фізичних симуляцій:

- <http://phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics>;

• розроблений комплект презентаційних матеріалів для проведення лекцій може стати складовою електронного НМК (банку даних), що разом з іншими елементами (електронний підручник, тренажер розв'язування задач, засіб комп'ютерного тестування, індивідуальні творчі завдання та ін.) забезпечуватиме індивідуальний підхід за дистанційної форми навчання курсу теоретичної фізики.

Ефективному оволодінню майбутніми учителями фізики сучасними ІКТ сприятиме поєднання у навчанні теоретичної фізики навчальної та науково-дослідницької роботи. Останнє має реалізовуватися на основі виконання індивідуальних творчих завдань, підготовки кваліфікаційної (дипломної) роботи, участі майбутніх педагогів у творчих конкурсах, олімпіадах, наукових гуртках, проблемних групах, науково-практичних конференціях. В одному з таких напрямків за безпосереднім керівництвом дисертанта було досягнуто певних результатів.

У березні 2012 року за результатами Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з природничих, технічних і гуманітарних наук (секція: “Теорія та методика професійної освіти”), який відбувся на базі Української інженерно-педагогічної академії (м. Харків), студент 4 курсу факультету фізико-математичної і технологічної освіти БДПУ Артур Галиця здобув II місце. Наукова робота (“Методика використання фізичного експерименту в системі професійної підготовки майбутнього вчителя”) присвячена аналізу місця й ролі навчального фізичного експерименту в системі фахової підготовки вчителя фізики, виявленню закономірностей і тенденцій його розвитку, висвітленню досвіду розробки навчального фізичного експерименту з використанням засобів ІКТ на тему: “Дослідження теплового розширення твердих тіл”. Результати проведеного дослідження впроваджено в систему підготовки майбутніх учителів фізики факультету фізико-математичної, комп’ютерної і технологічної освіти БДПУ.

### **3.5. Системно-діяльнісний підхід до організації самостійної роботи студентів з курсу теоретичної фізики**

На сучасному етапі українське суспільство, інтегруючись у світовий простір, зазнає досить активних змін в усіх сферах життєдіяльності. Усе більшої актуальності набуває питання якості освіти та духовного зростання молоді, про що йдеться у багатьох державних нормативних освітніх документах. Так, зокрема у “Національній доктрині розвитку освіти України” наголошується: “якість освіти є національним пріоритетом і передумовою національної безпеки держави”, що

передбачає “формування у дітей та молоді сучасного світогляду, розвиток творчих здібностей, навичок самостійного наукового пізнання, самоосвіти та самореалізації; виховання особистості, здатної ефективно працювати і навчатися протягом життя” [248, с. 6]. Цілком зрозуміло, що реалізацію цих завдань може забезпечити лише той педагог, який сам володіє відповідним комплексом особистісних і фахових якостей.

У сучасних умовах суттєвого збільшення потоку інформації, підвищення професійної мобільності, зростання конкуренції на ринку праці принципово важливим стає не енциклопедичність знань фахівця, а навички їх самостійного здобуття та ефективного використання, уміння ставити перед собою певні цілі та досягати їх власними силами. Загальновідомо, що саме ті знання, які людина отримала самостійно завдяки власному досвіду, інтелектуальним зусиллям та активній пізнавальній діяльності є дійсно її особистісним надбанням. Саме тому самоосвіту сьогодні розглядають як одну з важливих компетентностей, а самостійність як провідну якість у структурі особистості сучасного педагога.

Вирішення проблеми якісної фахової підготовки майбутніх учителів фізики за умов впровадження у практику вищої педагогічної школи України кредитно-модульної (трансферної) системи організації навчально-виховного процесу тісно пов'язане з посиленням ролі та значення самостійної роботи. Сучасні нормативні освітні документи МОН України відводять останній до 2/3 загального обсягу навчального часу. Це свідчить про те, що самостійна робота – важливий резерв підвищення ефективності підготовки майбутніх учителів, один з головних засобів набуття ними фахової компетентності. Саме тому вища педагогічна школа поступово переходить від передавання інформації у готовому вигляді до організації та системного управління самоосвітою студентів, формування у них досвіду продуктивної самостійної пізнавальної діяльності, що забезпечує становлення цілісної особистості майбутнього педагога та його фахове зростання.

Розгляд практичних аспектів ефективної організації та контролю самостійної роботи студентів в умовах кредитно-модульної системи навчання теоретичної фізики в педагогічному університеті передбачає передусім уточнення сутності базового

поняття дослідження. Системний аналіз науково-методичних джерел свідчить, що самостійній роботі достатньо давно відводилася значна роль у навчально-виховному процесі вищої школи. Так, ще А. Дістервег відмічав: “Розвиток та освіта жодній людині не можуть бути надані або повідомлені; кожний повинен досягнути цього власною діяльністю. Те, що людина не придбала шляхом своєї діяльності – не його... Виховання, отримане людиною, досягло своєї мети, коли вона настільки дозріла, що володіє силою і волею навчати саму себе впродовж життя і знає спосіб і засоби, якими це можна зробити найефективніше” [125, с. 23].

Різні аспекти організації самостійної роботи студентів як невід’ємного компоненту навчально-виховного процесу вищої школи завжди були в центрі уваги вітчизняних науковців [22], [48], [60], [123], [151], [205], [235], [309], [321], [337], [378]. Незважаючи на широкий спектр проведених досліджень, накопичення значного теоретичного і практичного досвіду організації самостійної роботи, трактування сутності цього поняття у сучасній науково-методичній літературі є неоднозначним, що свідчить про його комплексний і багатогранний характер (табл. 3.7). Так, самостійну роботу науковці розглядають як: метод навчання (Ю. Бабанський, І. Лернер, А. Усова); прийом навчання (П. Гальперін, Г. Герасимова); форма організації пізнавальної діяльності (Б. Єсіпов, В. Мороз); засіб організації і виконання певної діяльності відповідно до поставленої мети (А. Алексюк, П. Підкасистий); специфічний вид навчально-пізнавальної діяльності (М. Махмутов, Р. Нізамов).

Таблиця 3.7

### Трактування сутності поняття “самостійна робота студентів”

А. Алексюк	“Самостійність у здобутті знань передбачає пізнавальну й розумову активність студентів, оволодіння складними вміннями і навичками бачити зміст і мету роботи, організовувати власну самоосвіту, вміння по-новому підходити до вирішуваних питань, здатність до творчості” [8, с.24].
П. Гальперін	“Самостійна робота у вищому навчальному закладі – це рушійна сила навчального процесу, найефективніший прийом навчання, один із важливих показників пізнавальної активності студентів” [95, с.82].
С. Гончаренко	“Самостійна навчальна робота учнів/студентів передбачає різноманітні види індивідуальної і колективної навчальної діяльності, яка здійснюється ними на навчальних заняттях або вдома за завданням і керівництвом учителя, однак без його безпосередньої участі... Самостійність – одна з властивостей особистості, що характеризується сукупністю засобів (знань, умінь і навичок),



	ставленням до процесу діяльності, її результатів і умов здійснення, а також зв'язками з іншими людьми, які складаються в процесі діяльності” [108, с.297].
А. Молібог	“Самостійна робота є основою будь-якої освіти, вона багатогранна і складається з таких елементів: творчого сприймання і осмислення студентами лекційного матеріалу, підготовки до практичних, семінарських і лабораторних занять, самостійного розв’язання задач; підготовки до заліків, екзаменів, курсових і дипломних робіт, проходження різних видів практики” [171, с.43].
П. Підкасистий	“Самостійна робота як засіб навчання є найважливішою умовою самоорганізації і самодисципліни того, хто навчається; вона передбачає будь-яку організовану викладачем активну діяльність студентів, спрямовану на виконання дидактичної мети в спеціально відведений для цього час” [277, с.8-9].
Б. Сусь	“Головною ознакою самостійної роботи є самостійна розумова діяльність. Самостійна робота – це перш за все самостійна думка. Творчо працювати може тільки той, хто мислить. Тому завдання лектора – пробудити мислення студентів, як на лекціях, так і під час розв’язування задач. Важливо, щоб студенти навчилися самостійно працювати без будь-яких вказівок з боку викладача, консультанта чи лектора” [338, с.22].
В. Шарко	“З точки зору діяльнісного підходу до навчання самостійна робота є способом саморегуляції пізнавальної діяльності суб’єкта, пов’язаної з розвитком її когнітивного, операційного й особистісного компонентів” [378, с.24].

Традиційно самостійну роботу визначають як форму організації навчально-виховного процесу, яку студенти виконують без участі, але за опосередкованим керівництвом викладача. Організація самостійної роботи з теоретичної фізики передбачає розв’язання двох взаємопов’язаних завдань: розвиток самостійності мислення студентів, тобто вміння здобувати та критично оцінювати нові знання, а також здатність самостійно їх використовувати у практичній діяльності. Студент, який володіє навичками самостійної роботи, активніше й глибше засвоює навчальний матеріал, відповідальніше відноситься до навчання, виявляється краще підготовленим до творчої праці, самоосвіти й самореалізації, що є особливо важливим в сучасних умовах швидкоплинного суспільного та професійного життя. Досвід свідчить: самовільне формування раціональних прийомів навчання проходить повільно й малоефективно. У зв’язку з чим, як слушно зазначено у роботі [48], розв’язання студентами конкретних завдань самостійної роботи зумовлює необхідність цілеспрямованого й системного їх навчання методами і формам такої роботи.

Зауважимо, що в педагогічній практиці часто зустрічаються два поняття: “самостійна робота” і “самоосвітня діяльність”. За всієї схожості ці категорії не є тотожними. На нашу думку, поняття “самоосвітня діяльність” є ширшим, об’ємнішим, ніж “самостійна робота”, оскільки передбачає як особисту постановку мети навчальної діяльності, так і визначення цілей викладачем, на відміну від самостійної роботи, де цілі регламентуються викладачем відповідно до програми навчального курсу. Обидві категорії ґрунтуються на діяльнісному підході і включають в себе такі компоненти: *мотиваційно-цільовий, змістовно-процесуальний, контроль-но-діагностичний*. Перший компонент забезпечує розвиток пізнавальної активності студентів і передбачає усвідомлення ними важливості та необхідності формування культури розумової і фізичної праці, навичок самоорганізації, самоосвіти й самовдосконалення. Організаційним вирішенням проблеми змістового наповнення самоосвітньої діяльності студентів в умовах модульного підходу до навчання теоретичної фізики може бути створення відповідних навчально-методичних комплексів, що включають в себе цільову програму дій, банк інформації та методичне керівництво з досягнення запланованих освітніх цілей.

Процесуальний компонент за всього різноманіття видів самостійної роботи студентів з фізики (табл. 3.8) умовно можна поділити на дві форми: *аудиторну* під час проведення лекційних, практичних/семінарських занять і *позааудиторну*, яка не передбачає безпосередньої участі викладача. До неї можна віднести:

- опрацювання наукової та навчально-методичної літератури за темами лекційних занять;
- кодування інформації (складання опорних конспектів, структурно-логічних схем, узагальнюючих таблиць, графіків);
- підготовка наукових повідомлень, доповідей, рефератів до семінарських занять і колоквиумів;
- виконання вправ, розв’язування практичних задач;
- вирішення індивідуальних творчих завдань;
- виконання письмових самостійних/контрольних робіт, у тому числі за допомогою комп’ютера та ін.

### Класифікація видів самостійної роботи студентів з фізики

<i>Класифікаційна ознака</i>	<i>Види самостійної роботи</i>
1. За дидактичною метою	<ul style="list-style-type: none"> <li>• формування нових знань;</li> <li>• формування нових практичних умінь і навичок;</li> <li>• закріплення та корекція знань, умінь і навичок.</li> </ul>
2. За місцем виконання	<ul style="list-style-type: none"> <li>• аудиторна;</li> <li>• позааудиторна.</li> </ul>
3. За джерелом отримання інформації	<ul style="list-style-type: none"> <li>• самостійна робота з друкованими носіями (підручники, посібники, збірник задач, довідники, роздатковий матеріал та ін.);</li> <li>• самостійна робота з використанням електронних джерел інформації (бази даних, локальні електронні мережі, Інтернет-ресурси).</li> </ul>
4. За ступенем самостійності студентів	<ul style="list-style-type: none"> <li>• самостійна робота за зразком (репродуктивна);</li> <li>• частково-пошукова самостійна робота (продуктивна);</li> <li>• дослідницька самостійна робота (евристична).</li> </ul>
5. За умовами виконання	<ul style="list-style-type: none"> <li>• індивідуальна самостійна робота;</li> <li>• самостійна робота у парах та малих навчальних групах;</li> <li>• фронтальна самостійна робота.</li> </ul>
6. За видом управління	<ul style="list-style-type: none"> <li>• самостійна робота під безпосереднім керівництвом викладача;</li> <li>• самостійна робота на основі співуправління (викладач-студент);</li> <li>• самостійна робота на основі самоуправління (студент).</li> </ul>
7. За формою подання результатів	<ul style="list-style-type: none"> <li>• усна (наукове повідомлення, доповідь, коментар та ін.);</li> <li>• письмова (опорні конспекти, структурно-логічні схеми, узагальнюючі таблиці, термінологічні словники, реферати, контрольні роботи, курсові та дипломні роботи та ін.);</li> <li>• конструкторська (моделі, макети, програмно-педагогічні засоби та ін.).</li> </ul>
8. За видом контролю результативності	<ul style="list-style-type: none"> <li>• самостійна робота з обов'язковим контролем кожного студента;</li> <li>• самостійна робота з вибіркоким контролем;</li> <li>• самостійна робота студента на основі самоконтролю й самооцінки.</li> </ul>

Здавалося б, самостійна робота майбутніх учителів фізики із спеціальних фахових дисциплін представлена в робочих програмах, щотижня на неї виділяється один день, кожний викладач традиційно визначає її обсяг, зміст і форми контролю. Проте тут виявляється цілий ряд актуальних проблем, які, на нашу думку, потребують особливої уваги та обов'язкового вирішення, якщо керуватися метою забезпечення оптимальної та ефективної організації системи фундаментальної підготовки майбутніх педагогів. Так, зокрема студентам-фізикам 3-4 курсів Бердянського державного педагогічного університету була запропонована анкета, яка мала на меті визначення їхнього ставлення до самостійної роботи з курсу теоретичної фізики, оцінку способів її організації та контролю. Анкета містила такі питання:

1). Чи вважаєте Ви самостійну роботу важливим компонентом навчально-виховного процесу ?

2). Чи виконуєте Ви всі завдання самостійної роботи, які пропонують викладачі ? Як при цьому організуєте свій час ? Скільки годин на тиждень у середньому присвячуєте самоосвіті ?

3). Які завдання самостійної роботи з курсу теоретичної фізики викликають інтерес ? У чому полягають основні труднощі щодо її якісного виконання ?

4). Чи допомагає Вам хто-небудь в організації самостійної роботи ? У чому виявляється допомога ? Якими джерелами інформації при цьому користуєтесь ?

5). Як Ви оцінюєте свій рівень сформованості умінь самостійно виконувати завдання (високий, середній, низький) ?

Абсолютно всі студенти вважають самостійну роботу невід'ємним компонентом навчально-виховного процесу, що сприяє їх особистісному й фаховому зростанню. Однак відношення до неї виявилось різним: “несамостійний, не організовую свій вільний час, не знаю як” – 12%; “роблю все в останній момент, іноді формально, часто потребую допомоги” – 32%; “організую, але ніколи не вдається все виконати самостійно” – 35%; “організую та виконую все самостійно” – 21 %. Протягом тижня на самоосвіту студенти витрачають в середньому 18 год. Завдання, які викликають труднощі: об'ємні, що потребують складних математичних розрахунків, проблемою є пошук та опрацювання матеріалу, не вистачає літератури. Завдання, які викликають інтерес: якісні задачі, дискусійні та евристичні питання, які вимагають творчого мислення та висловлення власної думки. Самооцінка студентами рівня самостійного виконання навчальних завдань з курсу теоретичної фізики: низький – 21%; середній – 65%; високий – 14%.

Отримані результати свідчать про необхідність системних змін в організації та проведенні самостійної роботи студентів з курсу теоретичної фізики під кутом цілісності, послідовності, багаторівневості й варіативності. Актуальним є не лише зміна загального відношення студентів до самостійної роботи як провідної форми навчально-виховного процесу в сучасних освітніх умовах, але й

проектування, розробка та впровадження комплексу навчально-методичного забезпечення, що сприятиме підвищенню рівня їх фундаментальної підготовки, досягненню запланованих освітніх цілей. Враховуючи те, що проблема організації самостійної роботи майбутніх учителів фізики з курсу теоретичної фізики не була предметом комплексних науково-методичних досліджень, вважаємо за необхідне висловити наш погляд щодо її розв'язання на основі системно-діяльнісного підходу, що базується на принципах педагогічної суб'єкт-суб'єктної взаємодії й співробітництва, індивідуалізації та диференціації навчально-пізнавальних завдань.

Зазначимо, що самостійна робота студентів дає позитивні результати тільки тоді, коли вона належно організована, тобто є системою. Оскільки самостійність є рисою особистості, а особистість формується в діяльності, специфічність цієї форми навчально-виховного процесу зумовлює реалізацію подвійного завдання: розвиток у студентів умінь і навичок самостійного здобуття й використання нових знань та формування самостійності як провідної фахової якості в структурі особистості майбутнього педагога. Останнє зумовлює створення у навчанні відповідних умов, що забезпечують реалізацію усіх компонентів самоосвітньої діяльності студентів (мотиваційно-цільового, змістовно-процесуального, контрольного-діагностичного). На нашу думку, при конструюванні завдань самостійної роботи з курсу теоретичної фізики слід враховувати те, що: вихідний рівень теоретичної і практичної підготовки, а також загальні навички самостійної роботи у студентів є різними; мають місце деякі гендерні та вікові особливості вивчення дисципліни; студенти мають різний рівень умінь і навичок творчого застосування засвоєних знань на практиці. Тому завдання для самостійної та індивідуальної роботи мають бути диференційованими, а найважливішою умовою розвитку самостійності студентів є індивідуалізація навчання.

На початку вивчення окремого розділу теоретичної фізики студенти ознайомлюються з робочою програмою курсу, розподілом навчального матеріалу за змістовими модулями, тематикою лекційних, практичних і семінарських

занять. Особлива увага студентів звертається на питання теоретичного і практичного характеру, що виносяться на самостійне опрацювання з повідомленням відповідних літературних джерел та зазначенням термінів, форм і методів контролю рівня їх засвоєння. Як свідчить власний педагогічний досвід, чітке планування навчально-виховного процесу й постановка пізнавальних завдань, інформування про особливості рейтингового контролю навчальних досягнень студентів сприятиме мобілізації ними внутрішніх зусиль, свідомому, системному й відповідальному підходу до навчання. У своїй практиці ми намагаємося не перетворювати лекцію у монолог з передачею готових знань; вважаємо, що викладач обов'язково має підтримувати з аудиторією постійний зворотній зв'язок, створювати доброзичливу робочу атмосферу, орієнтовану на пізнання нової навчальної інформації та розв'язання мотивованих проблем фахового спрямування.

Доцільно, на нашу думку, як підготовку до чергової лекції, пропонувати студентам розв'язати одне-два якісних/проблемних запитань, умови яких оголошуються наперед. Це примушує їх включитися в самостійну роботу над навчальним матеріалом; виникає потреба в консультаціях, опрацюванні додаткової літератури. Якщо у студента на лекції або в процесі самостійного навчання виникають запитання, це означає, що він починає думати. Приклади якісних запитань, які ми використовуємо під час лекційних занять з усіх складових курсу “Термодинаміка і статистична фізика”, наведено нижче.

#### **Змістові модулі №1-2. Основні поняття, закони та методи термодинаміки**

- У чому полягає фізична сутність першого закону термодинаміки та понять, які до нього входять? Яким чином можна збільшити ККД теплової машини? Чому цикл Карно вважають ідеальним? Для яких процесів він справедливий?
- Що спільного і чим різняться ентропія та внутрішня енергія системи як параметри її стану? Вода чи пара має більшу ентропію?
- Коли настане “теплова смерть Всесвіту”? Чи можна вважати другий закон термодинаміки абсолютним законом природи? У чому його обмеженість?
- Як можна отримати абсолютну шкалу температур? Чому не можна досягнути абсолютний нуль температур? За яких умов реалізуються від'ємні температури?

### **Змістові модулі № 3-4. Умови рівноваги і стійкості термодинамічних систем. Фазові переходи і критичні явища**

- Що спільного і чим різняться поняття: “фаза” та “агрегатний стан речовини”? Як можна пояснити, що існує, як правило, одна газова фаза, а число рідких та особливо твердих фаз може бути достатньо значним?
- Порівняти фізичні особливості фазових переходів першого й другого роду?
- У чому полягає фізичний зміст співвідношень Еренфеста, правила фаз Гіббса?
- Чому криві плавлення та сублімації не можуть обриватися, як це має місце для кривої випаровування в критичній точці? Чому на діаграмі стану речовини у більшості випадків нахил кривої рівноваги кристала та рідини додатний?

### **Змістові модулі № 5-6. Основні поняття і принципи статистичної фізики. Розподіл Максвелла-Больцмана**

- Чому середнє відхилення значень випадкової величини не може бути оцінкою розбіжності його значень? Як залежать флуктуації випадкової величини  $\delta_x$  та  $\eta_x$  від числа частинок в системі? Чому для реальних макросистем у більшості випадків ми спостерігаємо середні значення фізичних величин (параметрів стану)?
- Яка швидкість характеризує середню кінетичну енергію молекул газу? Як пояснити, що незважаючи на свою вагу, молекули газу не падають вниз як камінь? Чи справедливе твердження: у верхніх шарах атмосфери рухаються переважно швидкі молекули, у нижчих – більш повільні молекули?
- З якими труднощами зіштовхується класична теорія теплоємності газів під час пояснення експериментальних даних? У чому обмеженість закону Дюлонга і Пті? До якого результату призводить “ультрафіолетова катастрофа” у класичній теорії рівноважного електромагнітного випромінювання?

### **Змістові модулі № 7-8. Розподіли Гіббса. Принцип Больцмана. Зв'язок термодинамічних і статистичних величин**

- Що спільного і чим різняться мікроканонічний і канонічний розподіли Гіббса? Який з них відповідає більш ідеалізованим макросистемам?
- Який фізичний зміст величин, що входять до формули Больцмана?
- Чому ентропія системи у рівноважному стані максимальна? Чому не існує приладу для вимірювання ентропії? Чому ентропія механічного руху дорівнює нулю? Чому процеси в природі є практично необоротними?

**Змістові модулі № 9-10. Статистична теорія ідеальних систем. Поняття про статистичну теорію неідеальних систем**

– Які характерними особливостями володіє квантова система на відміну від класичної? У чому полягає сутність методу квазікласичного наближення? Що визначає тип симетрії хвильових функцій?

– За яких умов настає “виродження” газу? Чим характеризується стан бозе-конденсації квантового газу? Що визначає рівень Фермі? Як він змінюється з підвищенням температури (густини) квантового газу?

– Чому електронний газ у металі не впливає на його теплоємність? Яким чином “включаються” ступені вільності молекули ідеального квантового газу?

– Як пояснюють квантові теорії теплоємності Ейнштейна і Дебая хід залежності теплоємності твердого тіла від температури? У чому їх обмеженість? Чи спростовує квантова теорія рівноважного електромагнітного випромінювання “ультрафіолетову катастрофу”? Яку роль відіграє теплове випромінювання у життєдіяльності на Землі?

**Змістові модулі № 11-12. Теорія флуктуацій. Елементи теорії нерівноважних систем**

– Чому флуктуації обумовлюють чутливість вимірних приладів? Чи справедливі твердження: зі зменшенням коефіцієнта пружності мікроваг підвищується їх чутливість? збільшуючи розміри термометру (шляхом дрібнення його шкали) ми підвищуємо його чутливість?

– Чому небо має блакитний колір? Чому зоря червона?

– У чому полягає єдність процесів переносу? До якого результату приводить термічна ефузія двох газів? Який ефект називають радіометричним? Як “працює” радіометр Крукса?

– Як самоорганізація виявляє себе у живій та неживій природі?

На практичних заняттях з курсу теоретичної фізики відбувається розширення, поглиблення та закріплення набутих студентами теоретичних знань, розвиток умінь і навичок їх застосування у розв’язанні типових задач курсу, вирішенні проблемних та евристичних завдань. У виборі форм і методів роботи із студентами звертаємо особливу увагу на організацію їх самостійної роботи. З цією метою у структурі практичного заняття виділяємо й реалізуємо такі етапи: 1) колективне обговорення результатів самостійного виконання домашньої роботи; 2) перевірка теоретичної підготовки з теми заняття (усне опитування, фізичний диктант, експрес-тестування); 3) розгляд нового матеріалу на прикладі розв’язання кількох



типових задач; 4) самостійне розв'язування студентами задач за відомими алгоритмами; 5) колективний аналіз розглянутих задач, підведення підсумків. Як свідчить досвід, найбільш ефективним є розв'язання задач, що сприяють створенню та колективному вирішенню проблемної ситуації. Наведемо приклади таких задач за окремими темами курсу “Термодинаміка і статистична фізика”.

1. Яким числом способів можна дістатися з пункту  $A$  до пункту  $B$ , що розташований на  $m$  кварталів східніше та на  $n$  кварталів північніше пункту  $A$  (рис. 3.12, а), якщо ніколи не йти у напрямку протилежному до пункту  $B$  ?

2. Знайти дисперсію та флуктуацію випадкової величини, функція  $f(x)$  розподілу ймовірностей якої зображена на рис. 3.12, б.

3. Як змінювався об'єм газу при нагріванні під час процесу, зображеного на діаграмі  $(P, T)$  рис. 3.12, в ?

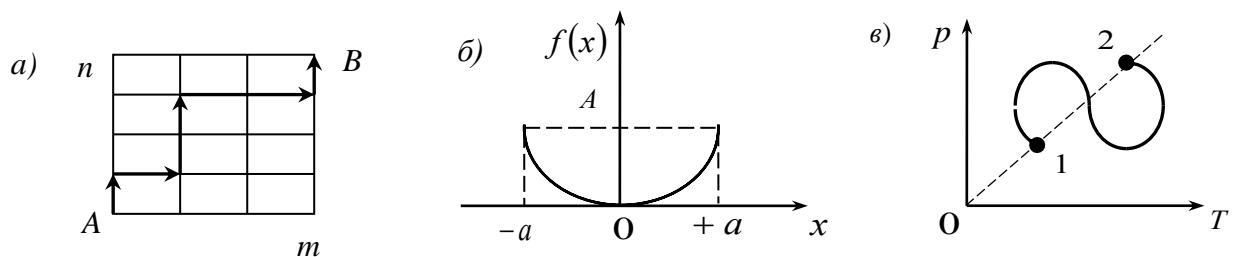


Рис. 3.12

4. Оцінити об'єм молекул та об'єм “порожнин” в 1 л води, вважаючи останні шариками з радіусом  $0,138 \text{ нм}$ .

5. Яка з двох середніх величин більша:  $\overline{(1/v)}$  чи  $1/\bar{v}$  ?

6. Побудувати фазову траєкторію для частинки, що вільно падає.

7. Оцінити ширину  $\Delta E$  та відносну ширину  $\delta_E$  канонічного розподілу Гіббса.

8. В якому з двох колових процесів: (1231) чи (3243) (рис. 3.13, а) газ виконує більшу роботу ?

9. На діаграмах, зображених на рисунку 3.13 б, в ідеальний газ (замкнена система) знаходиться у початковому стані  $A$ . У які стани газ може перейти самовільно ?

10. Оцінити кількість електронів у металі за кімнатної температури, енергія яких знаходиться вище рівня Фермі.

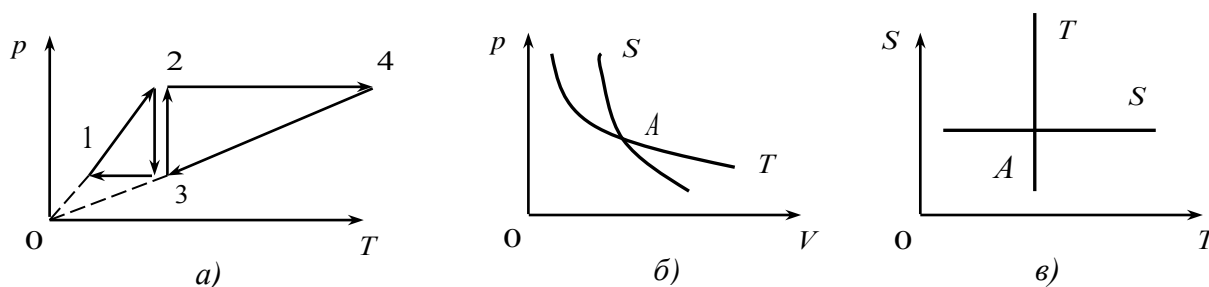


Рис. 3.13

11. Знайти середньоквадратичне флуктуаційне відхилення математичного маятника довжиною  $1\text{ м}$  і масою  $1\text{ г}$  ?

12. Як стверджував Д.І.Менделєєв, поверхневий натяг рідини у критичній точці дорівнює нулю. Як це можна пояснити ?

Зазначимо, що кожний студент протягом відповідного семестру повинен самостійно розв'язати й “захистити” індивідуальний перелік задач із збірників, що входять до основних джерел курсу теоретичної фізики.

Для успішного переходу від репродуктивного до пошукового, творчого рівнів самостійної роботи надзвичайно важливо сформуванати у студентів навички самостійної роботи з літературою, що можна ефективно реалізувати у ході семінарських занять з курсу теоретичної фізики. Основою цієї роботи є структурний аналіз навчального матеріалу, тобто виділення в ньому основних елементів знань (наукові факти, фізичні поняття, моделі, принципи, постулати, закони, теорії). У визначенні характеру самостійної роботи студентів з літературою важливо продумати словесне формулювання завдання, оскільки це значною мірою визначає і вид, і способи самоосвітньої діяльності, які вони доберуть для його виконання. Доцільним, на наш погляд, є подання завдань не лише у традиційній формі (переліку запитань за програмою курсу), а на основі урізноманітнення видів пізнавальних дій: описати, охарактеризувати, визначити, обґрунтувати, прокоментувати, порівняти; скласти план, тези, опорний конспект, структурно-логічну схему тощо. Завдання такого характеру сприяють активізації пізнавальної діяльності студентів, підвищують їх увагу, самостійність у роботі з навчальним текстом. У зв'язку з цим наводимо приклад плану семінарського заняття на тему “Основні принципи статистичної фізики”.

**План:**

1. Предмет і метод статистичної фізики. Мікроскопічний і макроскопічний стани системи.
2. Фазовий простір і траєкторія. Функція статистичного розподілу у фазовому просторі.
3. Макроскопічні величини як середні значення за станами. Ансамблі систем у фазовому просторі.
4. Теорема Ліувілля. Приклади описування систем у фазовому просторі.

**I. Самостійне опрацювання питань теми за літературними джерелами:**

1. Що являє собою макроскопічна система? Чому методи класичної механіки не спрацьовують у дослідженні властивостей макросистем?
2. У чому полягає сутність статистичного методу вивчення макросистем? Яке припущення складає зміст ергодичної гіпотези?
3. Чим різниться фазовий простір від звичайного евклідового простору? Що відображає певна точка у фазовому просторі? Що визначають рівняння Гамільтона у статистичній фізиці?
4. Якими властивостями володіє фазова траєкторія? Чи можна зобразити фазову траєкторію реальної макросистеми? Який вигляд має фазова траєкторія гармонічного осцилятора?
5. Як визначають математичне очікування (середнє статистичне) від деякої функції стану системи? Сформулюйте основне завдання статистичної теорії.
6. Що визначає функція статистичного розподілу ймовірностей системи за мікростанами? Які завдання вирішують з її допомогою?
7. З чого складається та як рухається у фазовому просторі статистичний ансамбль Гіббса?
8. У чому полягає фізична сутність теореми Ліувілля? Яким є математичний вираз теореми? Про що свідчить стан статистичної рівноваги макросистеми?

**II. Завдання та вправи:**

1. Вивчення теоретичних матеріалів курсу зазначеної теми заняття згідно плану самостійної роботи.
2. Підготовка опорного конспекту за матеріалами заняття та переліку основних понять, позначень і формул.
3. Аналіз математичних виразів основних складових теми заняття: а) рівняння Гамільтона у статистичній фізиці; б) елементарний об'єм фазового простору; в) рівняння фазової траєкторії гармонічного осцилятора; г) середнє статистичне від деякої функції стану макросистеми; д) флуктуація та відносна флуктуація параметру макросистеми; е) густина ймовірності станів макросистеми та умова її нормування; ж) рівняння безперервності, рівняння Ліувілля.

### ***III. Основна література:***

1. Василевский А. С. Статистическая физика и термодинамика / А. С. Василевский, В. В. Мултановский. – М. : Просвещение, 1985. – 255 с.
2. Королук С. Л. Основи статистичної фізики та термодинаміки / С. Л. Королук, С. В. Мельничук, О. Д. Валь. – Чернівці : Книги ХХІ, 2004. – 347 с.
3. Мороз І. О. Теоретико-методичні засади вивчення термодинаміки і статистичної фізики в педагогічних університетах : монографія / І. О. Мороз. – Харків : ТОВ “Діса плюс”, 2012. – 382 с.
4. Трофимова Т. И. Курс физики / Т. И. Трофимова. – М. : Академия, 2006. – 560 с.
5. Школа О. В. Основи термодинаміки і статистичної фізики : навч. посібник / О. В. Школа. — Донецьк : Юго–Восток, 2009. – 375 с.

### ***Додаткова література:***

6. Венгер Є. Ф. Основи статистичної фізики і термодинаміки / Є. Ф. Венгер, В. М. Грибань, О. В. Мельничук. – К. : Вища школа, 2004. – 255 с.
7. Горбачук І. Т. Загальна фізика : Фізичні основи механіки : Молекулярна фізика і термодинаміка / І. Т. Горбачук, І. М. Кучерук. – К. : Вища школа, 1995. – 416 с.
8. Федорченко А. М. Теоретична фізика : у 2 т. / А. М. Федорченко. – К. : Вища школа, 1993. – Т.2: Квантова механіка, термодинаміка і статистична фізика. – 416 с.
9. Чолпан П. П. Фізика : підручник / П. П. Чолпан. – К. : Вища школа, 2004. – 567 с.
10. Школа О. В. Основи статистичної фізики та термодинаміки. Збірник задач : навч. посіб. [для студ. вищ. навч. закл.] / О. В. Школа. — Донецьк : Юго–Восток, 2008. — 168 с.

Для здійснення систематичної самостійної роботи студентів важливе значення має чітко організований контроль і самоконтроль; необхідно наперед спланувати, де, як і коли буде проведена перевірка засвоєного студентами навчального матеріалу. З цією метою до кожної теми практичного і семінарського занять курсу було підготовлено індивідуальні завдання. Це також дозволяє перевірити рівень засвоєння матеріалу студентами, які з тих чи інших причин були відсутні на занятті. Відпрацювання пропущених ними занять проходить, як правило, у консультаційні години викладача. Отже, творча, наближена до наукового узагальнення та осмислення, самостійна робота студентів можлива лише на основі системно-діяльнісного підходу з урахуванням їх індивідуальних особливостей. У результаті самостійної роботи студент повинен навчитися свідомо і самостійно працювати спочатку з навчальним матеріалом, потім з науковою інформацією, використовувати

засади самоорганізації і самоконтролю з тим, щоб розвивати надалі вміння безперервно підвищувати рівень фундаментальної фахової підготовки.

Зупинимося ще на одному дуже важливому, на нашу думку, аспекті в організації самоосвітньої діяльності студентів з курсу теоретичної фізики – аналізі труднощів, що виникають у ході такої роботи. Вивчення літературних джерел, практики колег, власний педагогічний досвід дав можливість виявити та класифікувати останні за двома групами. До *першої* можна віднести труднощі, зумовлені відсутністю у студентів навичок самоосвіти – це невміння працювати планово, систематично й послідовно з джерелами інформації, у тому числі на електронних носіях. Причиною таких труднощів є невисока культура навчальної праці студентів, недостатній досвід самоосвіти. *Друга група труднощів* пов'язана із сприйманням та усвідомленням студентами навчальної інформації, зокрема: нерозвинена пам'ять, нестійкість уваги, невміння описувати фізичні явища і процеси, виділяти головне, логічно мислити, стисло викладати думки, робити узагальнення й висновки, слабкий рівень володіння математичним апаратом фізичної науки. Основна причина таких труднощів полягає в порушенні дидактичного принципу єдності навчання, виховання й розвитку, а також принципу взаємозв'язку і наступності курсу теоретичної фізики з дисциплінами природничо-математичного циклу.

Дидактичними умовами подолання зазначених труднощів є: створення в педагогічному університеті відповідного освітнього середовища для реалізації самоосвітньої діяльності студентів; високий рівень педагогічної майстерності й творчості викладачів, що забезпечує підтримку позитивної мотивації студентів та перетворення їх на активних учасників навчально-виховного процесу; надання особистісного смислу й конкретного фахового змісту самоосвітній діяльності студентів; наявність дієвої системи об'єктивного контролю. Отже, на сучасному етапі модернізації системи фізичної освіти у вищій педагогічній школі України в контексті європейських вимог проблема ефективної організації самостійної роботи студентів взагалі, і зокрема з курсу теоретичної фізики, стоїть досить гостро, потребує подальшого вивчення, оновлення й вдосконалення в напрямку створення оптимальних умов для їх самореалізації, самовдосконалення й фахового зростання.

### **3.6. Теоретичні засади та практична реалізація комп'ютерного тестування навчальних досягнень студентів з теоретичної фізики**

Ефективне управління, розвиток і вдосконалення освіти неможливі без створення відповідної національної системи моніторингу її якості. Останнє є не лише характерною ознакою та невід'ємною складовою історично закономірної технологізації навчального процесу в сучасній вищій педагогічній школі, але й важливою передумовою підвищення якості підготовки майбутніх фахівців. Цілеспрямований, науково обґрунтований, системний і неперервний контроль навчальних досягнень студентів реалізує зворотній зв'язок у навчанні, забезпечує можливість управління їх мотивацією, оперативного коригування навчально-виховного процесу, оптимального вибору засобів педагогічного впливу з метою досягнення запланованих освітніх результатів.

Важливість реалізації системної й неперервної діагностики успішності навчання студентів підвищується за сучасних умов модернізації освітньої галузі в контексті Болонських реформ, однією з характерних ознак яких є впровадження модульної (кредитно-трансферної) системи організації навчально-виховного процесу та її невід'ємної складової – модульно-рейтингової системи контролю якості освіти. Саме остання, на думку переважної більшості зарубіжних і вітчизняних фахівців, найбільшою мірою сприяє реалізації у навчанні ідей особистісно зорієнтованого і компетентнісного підходів; запровадженню принципів демократизації й відкритості, фундаменталізації, стандартизації, об'єктивності та прогнозованості. У зв'язку з цим підготовка майбутнього вчителя у стінах педагогічного університету передбачає цілеспрямований, системний і поетапний процес становлення особистості та набуття ним фахової компетентності відповідно до вимог державного освітнього стандарту шляхом засвоєння у межах кожної дисципліни навчального плану її основних дидактичних одиниць (змістових модулів) та їх обов'язковим наступним педагогічним контролем (вхідним, поточним, підсумковим). Так, зокрема загальну успішність студентів з навчальної дисципліни “Теоретична фізика” визначають за результатами підсумкового

модульного контролю, завданням якого є перевірка рівня фахової компетентності студентів, глибини й системності засвоєння ними основ фундаментальних фізичних теорій, наявності світоглядних переконань, здатності творчого використання накопичених знань у розв'язанні теоретичних і практичних завдань, уміння сформулювати своє ставлення до певної проблеми навчального курсу.

Серед можливих форм контролю навчальних досягнень студентів з дисципліни (усне та письмове опитування, фізичний диктант, самостійне розв'язування задач, колоквиум, індивідуальні творчі завдання, залік, іспит та ін.) все більшої популярності набуває тестування, у тому числі й комп'ютерне, що зумовлено низкою відповідних переваг: можливість одночасного контролю знань великої кількості студентів, простота і зручність процесу, об'єктивність оцінювання, оперативність контролю, достатня інформативність, широка можливість індивідуалізації та диференціації контролю, рівність умов, формування навичок самоконтролю студентів, можливість статистичної обробки результатів, застосування багатобальної шкали оцінювання тощо.

Крім переваг, тестування як форма контролю має також і певні недоліки. До них зазвичай відносять: підготовка тестів вимагає багато часу і зусиль, а також наявності у розробника високої кваліфікації й досвіду; формалізований характер відповіді та відсутність творчого підходу; результати тестування містять випадкову складову, припускаючи можливість угадування студентами вірної відповіді; відсутність безпосереднього діалогу між викладачем і студентом і, як наслідок, стандартизація мислення, проблеми в спілкуванні та оволодінні мовою фізичної науки. Але, безумовно, переваги тестів більш суттєві, ніж їх недоліки. Усуненню останніх значною мірою сприяє запровадження комп'ютерного тестового контролю, що є важливою складовою сучасних ІКТ навчання, які поступово й невідворотно втілюються в педагогічну практику і сьогодні є символом прогресу в ній.

Варто зазначити, що основи теорії педагогічного тестування докладно викладено у працях І. Анісімова, В. Беспалько, І. Булах, М. Жалдака, О. Локшиної, А. Майорова, П. Підкасистого, Ю. Романенко, М. Челишкової та ін., а також у

багатьох публікаціях в фахових журналах “Тестування і моніторинг в освіті”, “Інформаційні технології в освіті”, “Інформаційні технології і засоби навчання” та ін. За результатами проведених досліджень сьогодні теоретично обґрунтовано місце, роль і значення тестового контролю у навчанні; з’ясовано класифікацію педагогічних тестів та психолого-педагогічні аспекти їх реалізації; визначено форми тестових завдань і варіанти їх композиції відповідно до цілей діагностики; функції, види, особливості взаємодії суб’єктів контролю, алгоритми обробки та інтерпретації результатів тестування та ін. Разом з тим слід констатувати, що, незважаючи на достатньо широкий спектр проведених наукових пошуків, на жаль, в Україні стандартизованих тестів у системі вищої педагогічної освіти не існує, більшість з них має індивідуальний характер, реалізує різні концептуальні засади авторів щодо стратегії розробки, апробації й напрямків удосконалення процедур діагностики і моніторингу якості освітнього процесу.

Різним аспектам реалізації тестового контролю навчальних досягнень студентів з фізики приділяли увагу вітчизняні дослідники, зокрема П. Атаманчук, О. Бугайов, Л. Булавін, О. Іваницький, А. Касперський, Є. Коршак, О. Ляшенко, П. Самойленко, О. Сергєєв, В. Сергієнко, В. Шарко, М. Шут та ін. У практиці вітчизняних педагогічних університетів сьогодні широко використовують тестування майбутніх учителів фізики із спеціальних фахових дисциплін (переважно курсу загальної фізики). Разом з тим, вважаємо, що, проблема теоретичного обґрунтування та практичної реалізації комп’ютерного тестування студентів з курсу теоретичної фізики в педагогічному університеті не знайшла вичерпного розв’язку. У зв’язку з цим ми викладаємо власний погляд щодо можливих шляхів вирішення зазначеної проблеми, що сприятиме підвищенню рівня та якості фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики.

Діагностика і контроль набутих студентами компетенцій – невід’ємна складова навчально-виховного процесу з курсу теоретичної фізики в педагогічному університеті. *Тестування педагогічне* (англ. *testing* – випробування, дослідження) у широкому розумінні – спосіб одержання інформації про певний об’єкт і його характеристики шляхом випробувань; у вузькому, педагогічному розумінні – метод



оцінювання знань, умінь, навчальних досягнень, компетентності студентів за допомогою тесту. Уперше цей термін запровадив американський психолог Дж. Кеттл наприкінці XIX ст., розробивши систему відповідних вправ для діагностики широкого кола психічних функцій особистості (сенсорних, моторних, інтелектуальних та ін.). Починаючи з 90-х років XX ст. тестування набуло значного поширення в науці й освіті. Це пов'язано насамперед з визнанням та поширенням кількісних методів у психолого-педагогічних науках; із невдоволенням викладачів багатьма аспектами процесу перевірки знань тих, хто навчається; інтересом педагогічної громадськості до проблем дидактичної діагностики, необхідністю запровадження системного моніторингу якості університетської освіти.

Проведений нами аналіз науково-методичних джерел свідчить про різні позиції фахівців щодо розуміння сутності та методики реалізації у навчанні педагогічного тестування. Так, зокрема, у роботі [2] зазначено, що педагогічний тест являє собою сукупність взаємопов'язаних завдань зростаючої складності та специфічної форми, що дозволяє якісно оцінити структуру і рівень підготовленості учнів/студентів за обмежений проміжок часу. При цьому наголошується, що не слід до тестів відносити задачі, як це часто практикується; розв'язування задач має свої специфічні дидактичні цілі та методику реалізації, що суттєво відрізняє їх з іншими формами педагогічного контролю, зумовлюючи окреме місце й роль у навчально-виховному процесі.

Як зазначено в роботі [191], за цілями і змістом розрізняють: 1) тести інтелекту для аналізу рівня розвитку пізнавальних процесів та функцій мислення; 2) тести здібностей для оцінювання можливості оволодіння різними видами діяльності; 3) тести досягнень, за допомогою яких оцінюють формування знань, умінь, способів діяльності [191]. Як інструмент контролю якості навчальних досягнень тих, хто навчається, тести виконують ряд як традиційних (діагностична, навчальна, виховна, розвивальна), так і специфічних функцій (управлінська, прогностична). Саме останні надають тестуванню особливої дидактичної ваги порівняно з іншими формами педагогічного контролю.

У розумінні сутності базового поняття ми підтримуємо позицію автора роботи [64, с.31] про те, що *тестовий контроль* являє собою цілеспрямовану інформаційно-констатуючу, діагностико-навчальну та рефлексивну взаємодію суб'єктів освітнього процесу, зорієнтовану на встановлення відповідності його результатів державному галузевому стандарту вищої освіти, на вдосконалення навчального процесу та формування у студентів стійких навичок самоаналізу й самоконтролю власної пізнавальної діяльності. Тестування певною мірою допомагає долати суперечності між зростаючим обсягом знань і дефіцитом навчального часу на передачу та контроль за їх засвоєнням. Його ефективність суттєво залежить від чіткого визначення цілей оцінювання, виокремлення конкретного предмета вимірювання, обрання адекватного інструментарію, застосування обґрунтованих методів обробки та інтерпретації результатів. На наш погляд, загальні психолого-педагогічні та методичні засади тестового контролю навчальних досягнень студентів достатньо повно було розглянуто у роботах [195], [210], [227]. У зв'язку з чим останнє безпосередньо враховувалося нами під час проектування та реалізації педагогічного тестування студентів з курсу теоретичної фізики. Так, зокрема, тести повинні відповідати низці дидактичних вимог, а саме бути: *відносно короткотерміновими*, тобто не вимагати значних витрат часу; *однозначними*, тобто не допускати вільного тлумачення тестового завдання та виключати можливість формулювання багатозначних відповідей; *інформаційними*, тобто такими, що забезпечують можливість зіставлення кількісної та якісної оцінки обстежуваного за виконання тесту.

Основними характеристиками якості педагогічного тестування є: 1) *валідність* – комплексна характеристика, що характеризує ступінь відповідності тестових завдань тому, що передбачається перевірити у даній предметній області, для якої цей метод дає статистично вірогідні результати; 2) *надійність* – характеристика стабільності, точності, стійкості результатів, отриманих за декількох спроб тестування, що загалом дає можливість робити справедливі підсумкові висновки; 3) *об'єктивність* – питання тесту вважають об'єктивним, якщо всі експерти оберуть із запропонованого набору одну і ту ж правильну відповідність; 4) *ефективність* – наявність за одиницю часу більшої кількості незалежних даних про знання і вміння обстежуваних; 5) *наявність*

*диференціюючого характеру* – здатність питань тесту розрізняти студентів різного рівня підготовки, причому до кожної групи з “високими” і “низькими” результатами повинно входити близько третини від загальної кількості студентів (як засвідчують дослідження в галузі математичної статистики, саме така вибірка є оптимальною для випадків нормального розподілу результатів тестування). Крім того, для перевірки якості тесту зазвичай використовують такі показники/коефіцієнти: засвоєння, складності, кореляції Пірсона, диференціації, надійності. Методику визначення зазначених коефіцієнтів досить докладно розглянуто в роботах [195], [210], [227].

З розвитком інформаційних технологій усе більшого поширення набувають технології тестування із застосуванням комп’ютерів і спеціалізованих програм. Останнє є не випадковим, оскільки комп’ютерне тестування успішності дає можливість реалізувати основні дидактичні принципи педагогічного контролю: тематичності, індивідуального характеру та системності перевірки знань; однаковості вимог викладачів до студентів, диференційованої оцінки успішності навчання; а головне – реалізувати з максимальною повнотою особистісно зорієнтований підхід у навчанні та забезпечити усвідомлення студентами необхідності в самоосвіті, самоконтролі та постійному фаховому самовдосконаленні.

З урахуванням вищезазначених засад щодо реалізації у практиці вищої педагогічної школи комп’ютерного тестування якості навчальних результатів студентів нами було створено відповідний засіб з курсу термодинаміки і статистичної фізики. Основою останнього став навчально-методичний посібник [421], підготовлений відповідно до запропонованої нами модульної програми навчальної дисципліни “Теоретична фізика” для студентів напряму підготовки Фізика\* педагогічних університетів. Зазначимо, що представлені в посібнику та програмному продукті питання та якісні завдання, безумовно, не дозволяють системно засвоїти матеріал навчального курсу навіть за наявності вірних відповідей на всі тестові запитання. Головна мета інша: дати можливість студентам перевірити рівень власних навчальних досягнень не шляхом розв’язання ряду практичних задач курсу, а обдумуючи (і знаходячи) відповіді на питання теоретичного характеру не тільки під час аудиторних занять, але й у процесі самоконтролю й самооцінки.

Навчальний посібник містить 200 якісних запитань з усіх змістових модулів навчального курсу, які мають досить широкий діапазон рівня складності, передбачаючи для їх вірного виконання різну кількість логічних кроків. У якості основних було обрано найбільш поширені форми тестових завдань: закритого типу з вибором альтернативної відповіді чи множинного вибору, на встановлення відповідності, правильну послідовність, відкритого типу. Наведемо приклади окремих тестових завдань. Завдання першого (закритого) типу передбачають такі варіанти: вибір вірної відповіді серед існуючих; підтвердити чи заперечити певне твердження (вибір відповіді “так – ні”); заповнити пропущені місця в реченні. Така форма тестових завдань передбачала діагностування знань, розуміння й застосування студентами навчальної інформації з основ фундаментальних фізичних теорій (рис. 3.14).

<p><b>Яка з наведених формул розкриває статистичний зміст ентропії ?</b></p> <p>1) <math>dS = \frac{\delta Q}{T}</math>; 2) <math>S = k \ln W</math>; 3) <math>\Delta S = \int_1^2 \frac{dQ}{T}</math>; 4) <math>\lim_{T \rightarrow 0} S = 0</math>.</p>
<p><b>Чи погоджуєтесь Ви з твердженням про те, що за розподілом Максвелла-Больцмана швидкість молекули ідеального газу в полі тяжіння Землі залежить від її координати ?</b></p> <p>1) так; 2) ні; 3) відповідь потребує додаткових даних; 4) твердження є некоректним.</p>
<p><b>Реальний тепловий процес завжди є ...</b></p> <p>1) адіабатним; 2) рівноважним; 3) необоротним; 4) стаціонарним.</p>

Рис. 3.14. Перша форма тестових завдань

Завдання на встановлення відповідності передбачає визначення взаємозв'язків (логічних пар) між елементами двох множин; при цьому кожному елементу першої відповідає один і тільки один елемент другої множини (рис. 3.15).

Завдання третього типу передбачають встановлення правильної послідовності дій, процесів, обчислень, операцій тощо. Ця форма завдань призначена для перевірки навичок пізнавальної діяльності студентів, елементів логічного мислення, ланцюжка розумових дій, що утворює систему знань, умінь та уявлень. Приклади таких завдань наведено на рисунку 3.16.

<b>Встановити відповідність між елементами лівої та правої колонок таблиці:</b>	
А). Рівняння Ліувілля. Б). Рівняння Клапейрона-Клаузіуса. В). Рівняння Гіббса-Гельмгольца. Г). Формула Больцмана. Д). Формула Ейнштейна-Смолуховського.	1) $U = F - T \left( \frac{\partial F}{\partial T} \right)$ ; 2) $\frac{\partial \omega}{\partial t} = \{H; \omega\}$ ; 3) $S = k \ln W_T$ ; 4) $\delta_x = \sqrt{\frac{kT}{3\pi\eta}} \cdot \sqrt{t}$ ; 5) $\frac{dp}{dT} = \frac{q}{T(\tilde{v}_2 - \tilde{v}_1)}$ .
<b>Знайти відповідність між фізичними величинами та одиницями їх вимірювання:</b>	
А). Статистична вага стану макросистеми. Б). Питома теплоємність речовини. В). Універсальна газова стала. Г). Ентропія. Д). Модуль канонічного розподілу Гіббса.	1) $\frac{Дж}{К}$ ; 2) $\frac{Дж}{моль \cdot К}$ ; 3) $\frac{Дж}{кг \cdot К}$ ; 4) $К$ ; 5) безрозмірна величина.
<b>Знайти відповідність між фізичними картинами світу та їх основними принципами:</b>	
А). Механістична. Б). Електромагнітна. В). Квантово-польова. Г). Еволюційно-синергетична.	1) симетрії; 2) відповідності; 3) відносності Галілея; 4) збереження; 5) принцип Паулі; 6) доповнюваності; 7) суперпозиції; 8) причинності; 9) еквівалентності інертної та гравітаційної мас тіла; 10) нелінійності, відкритості та самоорганізації систем; 11) відносності Ейнштейна; 12) глобального еволюціонізму.

Рис. 3.15. Друга форма тестових завдань

Завдання відкритого типу передбачає стислу відповідь (словом, словосполученням, числом, символом). Коротка відповідь – це ключове слово, знання якого є найсуттєвішим для матеріалу, знання якого оцінюють. Така форма завдань діагностує знання, розуміння, застосування, аналіз, синтез та оцінювання студентами навчальної інформації, ступінь логічності та самостійності їх мислення (рис.3.17).

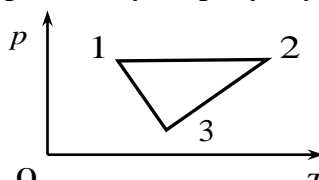
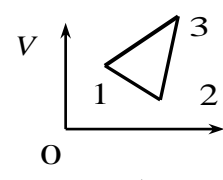
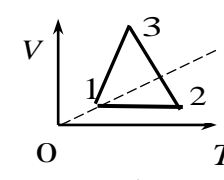
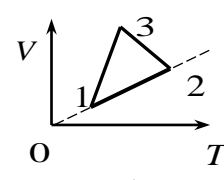
<b>Розташувати в порядку зростання складності структурні форми матерії:</b> 1) молекули; 2) протони, нейтрони; 3) макроскопічні тіла; 4) кварки; 5) атоми.			
<b>Розрахунок відносної флуктуації <math>\eta_x</math> випадкової фізичної величини за відомою функцією <math>f(x)</math> розподілу ймовірності її значень потребує послідовного визначення:</b> 1) дисперсії; 2) середніх значень $\bar{x}$ та $\overline{x^2}$ ; 3) константи функції розподілу з умови її нормування; 4) флуктуації.			
<b>Який з наведених нижче діаграм <math>(V, T)</math> відповідає замкненому процесу, зображеному на рисунку ?</b>			
			

Рис. 3.16. Третя форма тестових завдань

<p>Що ефективніше для збільшення ККД циклу Карно: підвищити температуру нагрівника <math>T_1</math> на <math>\Delta T</math> за <math>T_2 = const</math>, чи на стільки ж зменшити температуру холодильника <math>T_2</math> за <math>T_1 = const</math> ?</p>
<p>Яка термодинамічна функція залишається незмінною при дроселюванні газу у дослідах Джоуля-Томсона?          1) ентропія; 2) ентальпія; 3) вільна енергія; 4) термодинамічний потенціал Гіббса.</p>
<p>Яким числом способів можна розподілити <math>n</math> частинок за <math>N</math> станами у випадку:          а) статистики Бозе-Ейнштейна; б) статистики Фермі-Дірака ?</p>

Рис. 3.17. Четверта форма тестових завдань

Засіб комп'ютерного тестування студентів складається з трьох ступенів/модулів (рис. 3.18). Перший містить систему тестових завдань різної форми та рівня складності з усіх змістових модулів навчальної дисципліни. При цьому для кожного запитання на моніторі можна розміщувати вікно з його текстом, вікно із заздалегідь створеним у будь-якому графічному редакторі рисунком, анімацією, мультимедіа, кнопки з варіантами відповідей. Далі за допомогою редактора проектування тестів (генератора випадкових чисел) підготовлені з бази даних запитання групуються в окремі проекти, індивідуальні для кожного студента. Останній може містити будь-яку кількість тестових завдань з будь-яким заздалегідь заданим рівнем складності (у своїй практиці ми використовуємо проект з 40 тестових запитань).

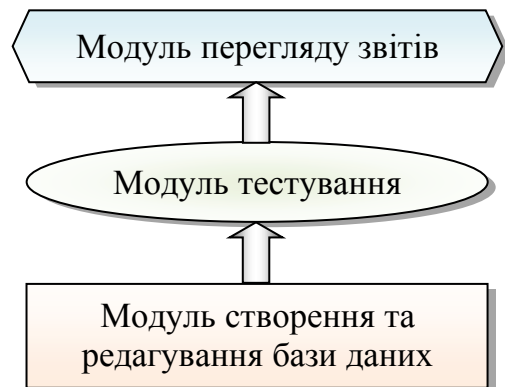


Рис. 3.18. Схема програмного продукту

Другий модуль – власне тест (на екрані монітора послідовно з'являються кадри, кожен з яких складається із тестових завдань різної форми і варіантів відповідей на них). Після реєстрації студента з'являється основне вікно програми (рис. 3.19). На екрані монітора відображається службова інформація – заставка, меню тестів та інструкції з виконання (загальні відомості, назви тем і розділів дисципліни, з яких пропонується тестування, методичні рекомендації).

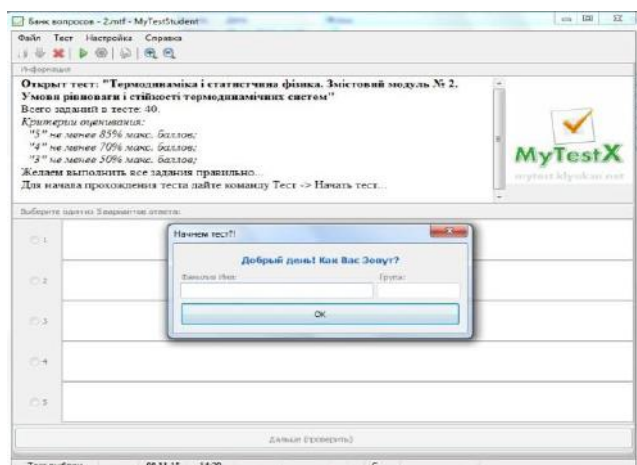


Рис. 3.19. Вікно входу до програми тестування

У ході тестування на екрані монітору відображається номер поточного тестового запитання, масштабна лінійка зі шкалою часу, витраченого на тест, і часу, що залишився на відповіді (рис. 3.20). Перше питання з'являється лише після натискання клавіші "Почати тест". Одночасно з цим починає працювати таймер зворотного відліку. Кількість елементів управління створеного програмного продукту мінімізована, оскільки вони не повинні відволікати студента від основного завдання – проходження тесту. Останній лише обирає варіант відповіді та підтверджує дію натисканням кнопки "Наступне питання".

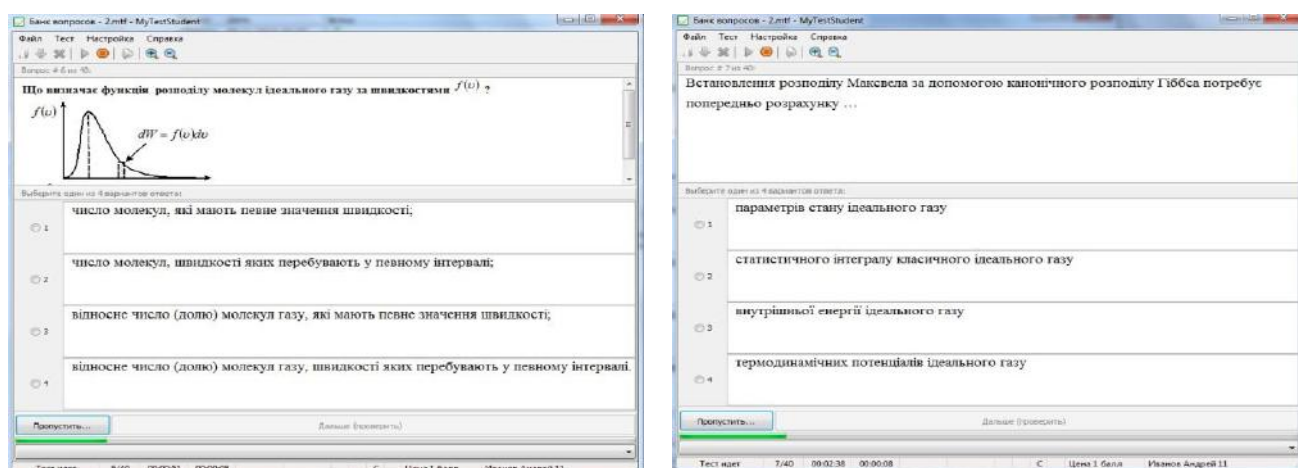


Рис. 3.20. Вигляд вікон програми під час тестування

Після відповіді на останнє запитання автоматично з'являється вікно з результатами тестування, у якому зазначено номер групи, прізвища студентів, підсумковий результат тестування, виражений у відсотках і балах; час тестування; номери завдань, у яких були допущені помилки. Програма виключає можливість несанкціонованого доступу до баз даних тесту, оскільки передбачає введення відповідного паролю, запускається у повноекранному режимі та завжди залишається поверх усіх вікон. Передбачено лише два способи закриття – дати відповідь на всі

запитання тесту або вихід за таймером (45 хвилин). Будь-яка спроба завершити програму аварійно призведе до скасування результатів тестування. До основних характеристик розробленого програмного продукту можна віднести:

- можливість одночасного тестування студентів з централізованим збереженням підсумкових результатів;
- індивідуальний відбір тестових завдань з бази даних для кожного студента, що забезпечує самостійність мислення та об'єктивність контролю, усуває можливість дублювання та колективного обговорення навчальної інформації;
- використання тестових завдань різної форми, що передбачає діагностування основних елементів когнітивної сфери студентів (знання, розуміння, застосування, аналіз, синтез, оцінювання);
- можливість додавання нової навчальної інформації та коригування будь-якого кадру (тестового завдання), у тому числі із застосуванням мультимедіа;
- максимальна зрозумілість інтерфейсу, простота і зручність роботи з програмою як за допомогою “миші”, так і клавіатури; врахування ергономічних особливостей, наявність україномовного інтерфейсу.

У підсумку зазначимо, що комп'ютерне тестування навчальних досягнень студентів з курсу теоретичної фізики є перспективним напрямом сучасної дидактики фізики вищої педагогічної школи, який швидко розвивається та вдосконалюється. Проте воно не є універсальним діагностичним інструментом і, звичайно ж, не виключає інших методів педагогічного контролю. Науково обґрунтований тест дозволяє лише чіткіше та об'єктивніше диференціювати студентів за рівнем фундаментальної підготовки, а отже оцінити якість навчального процесу. Тому воно в змозі вирішити одне з найскладніших освітніх завдань – сформувати у студентів потребу і вміння самоаналізу, самоконтролю й самовдосконалення, що є основною гуманізації, фундаменталізації та індивідуалізації системи їх фахової підготовки. Перспективи дослідження у даному напрямку ми вбачаємо в удосконаленні існуючої та створенні на єдиній основі нових тестових програм, як з використанням відомих оболонок, так і з залученням інших ефективних засобів програмування.



### Висновки до розділу 3

1. У контексті наукового дослідження проаналізовано шляхи реалізації принципу взаємозв'язку й наступності курсів загальної і теоретичної фізики у підготовці майбутніх учителів фізики, що забезпечує поступальність і поетапність набуття ними фундаментальних знань, умінь, досвіду продуктивної діяльності. На основі опрацювання літературних джерел з'ясовано особливості методичних підходів до вивчення студентами основ фундаментальних фізичних теорій засобами курсів загальної і теоретичної фізики; уточнено предметні галузі фундаментальних фізичних теорій, їх основні елементи, функції (синтетична, пояснювальна, методологічна, практична, евристична), типи (динамічні й статистичні) та модельні уявлення (механічна, польова, квантово-релятивістська моделі взаємодій), тобто виявлено найзагальніші “клітинки” фізичного пізнання, що об'єднують ці теорії в єдину систему (фізичну картину світу) та які повинні бути в центрі уваги учасників навчального процесу в межах окремих змістових модулів (розділів) дисципліни “Теоретична фізика”. Основну увагу акцентовано на розумінні студентами ролі й значення теоретичних узагальнень у логічній структурі фізичного знання, ідейного змісту фундаментальних фізичних теорій, їх єдності, багатофункціональності та ієрархічності відповідно до певних просторових інтервалів і фундаментальних взаємодій.

2. Засвоєння студентами фундаментальних фізичних теорій як основних дидактичних одиниць змісту курсу теоретичної фізики має ряд принципових аспектів: 1) вивчення класичної механіки повинно базуватися на використанні варіаційних принципів і канонічного формалізму, розкривати зв'язок законів збереження з властивостями симетрії простору й часу та проводити з більш загальних (релятивістських) позицій; 2) враховуючи релятивістсько-коваріантний характер класичної електродинаміки, її вивчення повинно базуватися на принципах теорії відносності; 3) вивчення квантової механіки має передбачати використання оптичних аналогій і реалізацію єдності статистичного та ймовірнісного підходів у пізнанні закономірностей мікросвіту; 4) вивчення термодинаміки і статистичної фізики повинно розкривати специфіку та

взаємозв'язок термодинамічного і статистичного методів дослідження властивостей макросистем і сприяти розумінню студентами необхідності використання статистичних уявлень у розкритті глибинного ймовірнісного характеру основних понять і законів термодинаміки.

3. Обґрунтовано концептуальні засади створення навчально-методичного комплексу з курсу теоретичної фізики в умовах кредитно-модульної (трансферної) системи організації навчально-виховного процесу в педагогічному університеті, до яких віднесено: єдину теоретико-методичну основу, що забезпечує досягнення освітніх цілей за рахунок структурної цілісності й системності усіх компонентів; онтологічну відповідність змісту навчання та вимогам державного стандарту вищої освіти; інформативність, функціональність, лаконічність. Необхідною складовою сучасного навчально-методичного комплексу повинна бути наявність електронних версій усіх елементів, що забезпечує його системне використання за дистанційної форми навчання. У зв'язку з цим в якості основи ефективного функціонування створеної нами методичної системи навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики розроблено на спільній теоретико-методичній основі навчально-методичний комплекс з дисципліни (на прикладі курсу “Термодинаміка і статистична фізика”), який апробовано та впроваджено в підготовку майбутніх учителів фізики низки педагогічних університетів України.

4. Проаналізовано концептуальні засади проектування й системного використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій у навчанні теоретичної фізики педагогічного університету. Окреслено шляхи підвищення ефективності й результативності організації навчально-виховного процесу з курсу теоретичної фізики засобами сучасних інформаційних технологій. Висвітлено авторський досвід використання сучасних інформаційних технологій у навчанні теоретичної фізики на базі системи комп'ютерної математики Mathcad і презентаційного редактора Power Point пакету Microsoft Office.

5. Окреслено теоретичні аспекти та шляхи практичної реалізації системно-діяльнісного підходу до організації самостійної роботи студентів з курсу

теоретичної фізики як провідної форми навчально-виховного процесу в сучасних освітніх умовах та важливого чинника набуття фахової компетентності. На основі системного аналізу сутності базових понять (“самостійна робота” і “самоосвітня діяльність”) уточнено класифікацію, види та основні компоненти самостійної роботи студентів у навчанні теоретичної фізики. Наведено опис досвіду розробки та реалізації системи дидактичних засобів (якісні питання, індивідуальні творчі завдання, задачі проблемного характеру) для самостійного опрацювання студентами матеріалів усіх змістових модулів курсу “Термодинаміка і статистична фізика”. Проаналізовано труднощі самоосвітньої діяльності студентів з курсу теоретичної фізики, виявлено основні причини та дидактичні умови щодо їх подолання.

6. Здійснено теоретичне узагальнення науково-методичних джерел щодо сутності та методики реалізації у навчанні теоретичної фізики системної діагностики рівня навчальних досягнень студентів засобами педагогічного тестування як елементу модульної (кредитно-трансферної) системи організації навчально-виховного процесу. Уточнено переваги й недоліки та основні показники ефективності педагогічного тестування студентів з теоретичної фізики. Наведено основні характеристики розробленого засобу комп’ютерного тестування рівня навчальних досягнень студентів з курсу термодинаміки і статистичної фізики.

Основні положення третього розділу дисертації висвітлені автором у публікаціях [385], [387], [393], [397 – 400], [403 – 406], [412], [419 – 421], [426], [428].

## РОЗДІЛ 4

### ФОРМУВАННЯ НАУКОВОГО СВІТОГЛЯДУ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ У НАВЧАННІ ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ

#### 4.1. Світоглядна культура майбутнього вчителя фізики як невід’ємна складова фахової компетентності

Підготовка висококваліфікованих фахівців була й залишається найважливішим завданням вітчизняної вищої педагогічної школи, що приймає в свої стіни людей, які здавалося б, зробили свій життєвий вибір. Однак, як свідчать результати нашого опитування, більше половини першокурсників-фізиків мотивовані на вивчення лише певного кола предметів і мають дуже приблизні уявлення про майбутню професію, а то й зовсім заявляють про небажання працювати за фахом. Ця обставина ставить питання про необхідність виховання майбутнього педагога як цілеспрямованого процесу управління розвитком особистості, створення належних умов для його самореалізації, фахового зростання й самоствердження.

У сучасних умовах реформування вищої педагогічної освіти в контексті європейських вимог актуальною залишається проблема підвищення якості фахової підготовки майбутніх учителів фізики. Аналіз державних нормативних документів у галузі фізичної освіти [121], [140], [141], [248], [250] свідчить, що мірилом останньої є не тільки і не стільки рівень отриманих знань, скільки фахова компетентність, високий рівень культури, широкий науковий світогляд, особистісна зрілість. Невипадково В. Сухомлинський підкреслював, що педагог, як вихователь, починається з формування світогляду, адже “світогляд – це ядро особистості, дороговказ у житті кожної людини, надійний інструмент, за допомогою якого вона визначає основні пріоритети, цінності, критерії та напрямки своєї діяльності” [341, с.27].

За сучасних умов становлення нового постіндустріального інформаційного суспільства світоглядні уявлення й переконання кожної людини формуються в контексті переоцінки історичного минулого, утвердження плюралізму, розмаїття

думок і поглядів на різні аспекти суспільного життя. Щоб правильно зорієнтуватись у сучасному швидкоплинному світі, знайти своє місце, збагнути смисл свого існування, людині, особливо молодій, потрібна *фундаментальна освіта* та своєрідна “духовна вісь”, якою є *світоглядна культура*. Фундаментальна освіта розвиває інтелект і творчі здібності людини, формує його науковий світогляд і самосвідомість, допомагає відрізнити наукові знання від домислів й обману, протистояти псевдонауковим уявленням, без чого неможливо прийняття відповідальних рішень. Це відноситься, у першу чергу, до майбутніх учителів фізики, адже саме вони стануть згодом носіями й популяризаторами культури, ідеології науково-технічного прогресу; тлумачами й коментаторами уявлень про сучасну фізичну картину світу (ФКС). Засвоєні ними наукові знання й культурні цінності надалі будуть багато разів тиражуватися і визначатимуть у найближчій перспективі інтелектуальний і культурний рівень випускників шкіл, і, як наслідок, – світоглядний настрій у суспільстві.

Освіта, як відомо, є частиною культури, яка з одного боку розвиває її, а з іншого – живиться нею. Головне її завдання – трансляція наукової системи знань і цінностей, що забезпечує підготовку людини до виконання майбутніх соціальних ролей. Щоб забезпечити формування загальнолюдських цінностей та ідеалів культури, освіта повинна бути культуровідповідною. На думку С. Гончаренка, це означає, що основним методом її проектування й реалізації має бути *культурологічний підхід*, який передбачає спрямування всіх компонентів освіти на культуру й людину як її творця і суб’єкта, здатного до саморозвитку й самовдосконалення. “Лише в культурному середовищі можуть сформуватися спеціалісти, здатні вільно й широко мислити, створювати інтелектуальні цінності, яких завжди потребує суспільство взагалі і школа зокрема ... людина має бути “мірою усіх речей” [107, с.10]. Повністю підтримуючи позицію вітчизняного вченого, підкреслимо, що якість фахової підготовки майбутніх учителів фізики повинна визначатися не лише рівнем освіченості в опануванні ними системою фундаментальних знань, але й рівнем вихованості й культури. Саме у студентські роки, коли людина “визріває” як особистість, утверджується її життєва позиція,

формується фахова компетентність, комплекс громадянських якостей, готовність реалізувати свій особистий потенціал у професійній сфері не менш важливим є *становлення світоглядної культури майбутнього педагога*.

У Національній освітній доктрині України одним з пріоритетних напрямів державної освітньої політики зазначено “формування у молоді цілісного світорозуміння й сучасного наукового світогляду, системи гуманістичних цінностей; розвиток навичок самостійного наукового пізнання, самоосвіти і самореалізації особистості” [248, с. 3]. Звичайно, виховувати цілісну особистість учня, формувати його науковий світогляд засобами фізики як провідної природничої дисципліни може лише той учитель, який має високий рівень фахової компетентності та світоглядної культури. Як свідчать результати проведеного нами тестування першокурсників-фізиків, присвячених питанням релігії й світогляду, у телекінез і телепатію вірили 36 % респондентів, в існування інопланетян – 45 %, у снобачення – 54 % (відповідні завдання наведено в Додатку В.2). Аналогічний вигляд мають рівні вірувань в долю, прикмети, гадання і чаклунство, у “вищі сни” та інші дива сьогодення. Подібні показники світосприймання мають і студенти інших природничих спеціальностей педагогічного університету. Опитування бакалаврів-фізиків під час державних екзаменів показало, що зазначені вище показники за період навчання зменшуються приблизно вдвічі. Останнє обумовлює складність і неоднозначність процесу формування наукового світогляду майбутніх учителів фізики, визначення цього завдання в системі їх фундаментальної фахової підготовки як одного з пріоритетних.

Актуальність розв’язання зазначеної проблеми підсилюється й результатами анкетування вчителів щодо оцінювання їх готовності до організації навчально-виховного процесу з фізики, зорієнтованого на формування в учнів світоглядних знань і уявлень про сучасну ФКС (Додаток Д). Визнаючи в цілому важливість і необхідність такої роботи, більшість з них неоднозначно трактує сутність поняття “науковий світогляд”, його складових, умов та етапів формування, засобів діагностики, рівнів сформованості. Причинами цього, на думку вчителів, є: по-перше, розбіжність трактувань самого поняття у науковій літературі, по-друге,

відсутність чітких методичних рекомендацій щодо процесу його формування, конкретних вправ і завдань методологічного і світоглядного характеру, відповідних засобів діагностики. До несподіваних результатів анкетування вчителів можна віднести й появу в окремих випадках “позиції невтручання”, що обґрунтовується тезами про свободу совісті та особливостями його остаточного формування під впливом життєвих обставин. Як наслідок такого становища, рівень сформованості світоглядних знань і уявлень про сучасну ФКС значної частини школярів залишається достатньо низьким.

Результати анкетування засвідчили, що без спеціальних зусиль з боку вчителя тільки за рахунок навчального матеріалу світоглядні знання школярів переважно є фрагментарними, не системними, такими, що не перевищують життєвий рівень, рівень здорового глузду. Невипадковими виглядають типові міркування значної частини сучасних старшокласників про те, що “фізика мені не цікава, у житті вона не знадобиться, оскільки я буду юристом (лікарем, економістом), а там фізика не потрібна” та ін. Як наслідок, маємо труднощі у виконанні одного з найважливіших освітньо-виховних завдань сучасної загальноосвітньої школи – формуванні цілісного діалектико-матеріалістичного світорозуміння школяра. Таким чином, зафіксований стан готовності вчителів фізики до формування в учнів уявлень про сучасну ФКС, рівень світоглядних знань і переконань майбутніх педагогів-фізиків та вимоги державних нормативних освітніх документів про необхідність посилення роботи з формування у майбутніх громадян України наукового світогляду свідчать про актуальність пошуку шляхів розв’язання цієї важливої методичної проблеми.

Формування наукового світогляду майбутніх учителів фізики є нелегкою справою, оскільки пов’язано не тільки з розмаїттям дефініцій самого поняття та концептуальних підходів щодо шляхів його формування в сучасній науково-методичній літературі, але й врахуванням багатьох чинників практичного характеру, як внутрішніх, що притаманні навчально-виховному процесу ВНЗ (дидактичних, психолого-педагогічних, організаційних, матеріально-технічних, управлінських), так і зовнішніх. Кризовий стан у сучасному суспільстві створює сприятливі умови для появи різних екстрасенсів, провидців, астрологів та інших неординарних осіб. На

сторінки журналів і газет, на радіо й телебачення, в мережу Інтернет хлинули широким потоком статті й повідомлення відповідного спрямування. На жаль, пропаганда та поширення містики, окультизму, парапсихології і сектанства знаходить своє підґрунтя в сучасному суспільстві й цим віддаляє людей від культури та цивілізації. А це шкідливо ще й тому, що лженаукове знання породжує інші псевдонаукові знання, уявлення, світосприймання. Особливо небезпечними такі реалії сьогодення є для майбутніх громадян України.

На думку більшості вітчизняних учених-методистів посилення світоглядної та методологічної спрямованості фахової підготовки майбутніх учителів фізики є дуже важливим, а за сучасних умов – особливо актуальним. Це пов'язано з тим, що, як справедливо зазначають Л. Благодаренко і М. Шут, "... сьогодні внаслідок проникнення релігійних ідей та лженаук в усі сфери суспільного життя суттєво змінився світогляд людей. Ставиться під сумнів роль науки у системі культури, духовного життя суспільства. Людина почала вірити в те, що не все можна пояснити з позицій природничих наук, що єдина наукова картина світу не є абсолютною і може бути перебудована. Набули поширення прогностичні дослідження, ідеї проектування майбутнього, але не на основі наукової методології, а з використанням антинаукових догм, які по суті проголошують ідеалістичну філософію. Все це ускладнює формування у молоді діалектико-матеріалістичного світогляду і взагалі знижує інтерес до фізики як провідної природничої науки. Цьому необхідно рішуче протидіяти" [45, с.14]. Останнє означає, що сучасна фізична освіта вимагає оновлення й фундаменталізації, розробки таких підходів до її організації та проведення, за яких буде відбуватись цілеспрямоване системне й послідовне формування наукового світогляду, культури мислення та належних фахових орієнтацій випускників.

Аналіз літературних джерел свідчить, що проблема формування наукового світогляду учнів/студентів у навчанні фізики не є новою, вона інтенсивно досліджується в дидактиці фізики протягом останніх 50 років. Сьогодні існує багато науково-методичних матеріалів, в яких глибоко розкрито й проаналізовано різні теоретичні та методологічні аспекти цього складного й багатогранного питання.



Серед них дослідження філософів (В. Андрущенко, Л. Губерський, В. Кремень, М. Мостепаненко, В. Платонов, В. Шинкарук та ін.), психологів (Л. Виготський, П. Гальперін, В. Давидов, Г. Костюк, О. Леонтєв, С. Рубінштейн та ін.), педагогів (Ш. Амонашвілі, В. Гриньова, В. Євтух, І. Зязюн, Н. Ничкало, В. Сластьонін та ін.), науковців-фізиків (Н. Бор, Л. де Бройль, В. Гейзенберг, М. Планк, А. Ейнштейн та ін.), методистів-фізиків (П. Атаманчук, Л. Благодаренко, О. Бугайов, Б. Будний, С. Величко, С. Гончаренко, О. Іваницький, О. Коновал, Є. Коршак, О. Ляшенко, М. Мартинюк, І. Мороз, А. Павленко, В. Савченко, М. Садовий, П. Самойленко, О. Сергєєв, В. Сергієнко, В. Сиротюк, Б. Сусь, В. Шарко, М. Шут та ін.).

Систематизація та узагальнення літературних джерел свідчить, що феномен “світогляд особистості” більш досліджений порівняно з поняттям “світоглядна культура особистості”, оскільки він є предметом системного аналізу не лише філософії, але й ряду інших наук: психології, педагогіки, історії, мистецтвознавства, літературознавства, етнографії тощо. За результатами проведених наукових пошуків сьогодні визначено його структуру, основні компоненти, рівні, функції, типологію, філософські, методологічні та психолого-педагогічні аспекти, з’ясовано роль освіти й виховання у формуванні наукового світогляду молоді, особливості формування на різних вікових етапах розвитку, різноманітність і мінливість форм прояву. Принципово важливо зазначити, що для педагогіки проблема формування наукового світогляду молоді ніколи не була самостійною, оскільки завжди мала конкретно-історичний характер, зумовлений суспільними вимогами до освіти.

У сучасній науково-методичній літературі означення поняття “світоглядна культура особистості” знайти важко. Більшість авторів, усвідомлюючи його значно ширший онтологічний зміст порівняно з поняттям “науковий світогляд”, ототожнює з останнім або розглядає як “складне духовне інтегральне утворення, що завершує формування цілісного світогляду особистості” [364, с. 6]. Загальновизнаним стає розуміння комплексного системного характеру проблеми формування світоглядної культури особистості, тому її детально вивчають, починаючи з 80-х років ХХ ст., філософські, соціологічні, психологічні, педагогічні науки. Останнім часом у зв’язку фундаменталізацією, гуманізацією й гуманітаризацією фізичної освіти її

актуальність стала зростати. Однак більшість вітчизняних і зарубіжних учених (І. Бех, О. Бондаревська, С. Гончаренко, В. Гриньова, І. Зязюн, В. Кан-Калик, Н. Ничкало, В. Сластьонін та ін.) розглядає останню у складі таких напрямків: особистісна культура, професійна культура, педагогічна культура, педагогічна майстерність. Незважаючи на чималий науковий доробок, слід констатувати, що проблема формування світоглядної культури особистості майбутнього педагога в системі його фахової підготовки поки що не стала предметом окремого системного дослідження. Теж саме можна віднести й до проблеми формування наукового світогляду майбутніх учителів фізики.

Незважаючи на велику кількість ґрунтовних наукових праць, формування наукового світогляду молоді залишається однією з неоднозначних і найскладніших методичних завдань. Враховуючи те, що під вплив псевдонаукової інформації сьогодні потрапила значна частина населення із середньою та навіть вищою освітою можна констатувати наявність певної освітньої проблеми, передусім в галузі теорії та методики навчання фізики. Отже, зазначена проблема в системі фахової підготовки майбутніх учителів фізики залишається актуальною, потребує переосмислення й комплексного розв'язання як на рівні теорії, так і в практичній площині пошуку відповідних умов і технологій. Безумовно, важливою передумовою ефективного розв'язання зазначеної проблеми є чітке трактування базового терміну “світогляд особистості”. Представимо далі авторське розуміння сутності даного питання в контексті реалізації запропонованої нами модульної програми курсу теоретичної фізики, що передбачає формування світоглядної складової фахової компетентності майбутніх учителів фізики.

Аналіз наукових джерел свідчить, що цей термін не має однозначного розуміння. Його комплексний, багатогранний характер зумовлює різноманітність трактувань його сутності. Так, згідно філософського енциклопедичного словника, *світогляд* людини вказує не на світ сам по собі, а її ставлення/відношення до нього, є способом його духовно-практичного освоєння [361, с. 334]. Це своєрідна рамка, крізь яку вона бачить, осмислює й оцінює світ, яка визначає поле зору і тим самим зміст, характер і напрямок своєї діяльності. Отже, одним з основних є

філософське питання про *взаємовідношення людини й навколишнього світу*; саме цей аспект у структурі особистості визначає специфіку його світогляду.

З психологічної точки зору світогляд людини – не просто система раціональних поглядів на світ, він передбачає також емоційну складову, оскільки “у ньому злиті воєдино думки й почуття, спонукання й дії, свідоме й несвідоме, слово й діло, об’єктивне та суб’єктивне” [92, с. 164-165]. Світогляд людини являє собою єдність інтелектуальних та емоційних компонентів свідомості (*світовідчуття, світосприйняття, світорозуміння, світовідношення*), які закріплюються в систему відповідних світоглядних якостей особистості (*емоційно-вольових, нормативно-ціннісних, когнітивних, комунікативних і діяльнісних*). Завдяки останнім людська діяльність набуває організований і впорядкований характер; її життєві позиції стають осмисленими, а сама діяльність цілеспрямованою. Звичайно, такий поділ є досить умовним: компоненти світогляду ніколи не існують у чистому вигляді. Думки завжди емоційно забарвлені, вчинки втілюють цінності людини, дії характеризують її настрій і відчуття тощо. У реальності світогляд окремої особистості – завжди цілісність, а його поділ на певні компоненти застосовують тільки з дослідницькою метою.

За українським педагогічним словником, світогляд – форма суспільної самосвідомості людини, яка завжди носить конкретно-історичний характер. “У світогляд входять узагальнені знання про світ і саму людину, про спрямованість ходу подій у світі, смисл людського життя, історичну долю людства, а також система переконань, принципів та ідеалів, відповідних певному світобаченню” [108, с. 299]. Світогляд людини – результат і наслідок виховання й самовиховання, розвитку й саморозвитку, освіти й самоосвіти. Підкреслюється, що кожен історичний тип світогляду, маючи певні матеріальні, соціальні й теоретико-пізнавальні передумови, особливим чином зберігається та реалізується хоча й нерівномірно в масовій свідомості, у тому числі й сучасному суспільстві.

Наведені означення свідчать, що пізнання світогляду можливо з різних методологічних ракурсів, серед яких можна виділити три головні: *світогляд як елемент буття, світогляд як соціальний феномен, світогляд як частина духовної*

*сфери людини*. Зазначене свідчить про складний, динамічний і багатогранний характер цього феномену (узагальнену авторську схему світогляду особистості та його основних характеристик наведено в Додатку Е.1). При цьому характерно, що за всього багатства й мінливості людської свідомості досить стійкою в ньому залишається *картина світу*, яка є вихідною інформаційною основою не лише світогляду, але й самої свідомості людини.

Найзагальнішою, вищою формою суспільної свідомості є *науковий світогляд*. Останній являє собою органічну єдність конкретно-історичних наукових, філософських, соціально-політичних, економічних, правових, моральних знань, поглядів і переконань людини, що складають основу розуміння нею закономірностей розвитку природи, суспільства й мислення та визначають її активну життєву позицію. Науковий світогляд – своєрідний феномен як особистісного, так і суспільного життя людини, що структурно відображається у вигляді двох взаємопов'язаних компонентів: об'єктивного та суб'єктивного (рис. 4.1). Стрижень об'єктивного компонента становить *наукова картина світу* (НКС), система філософських категорій і принципів, а також методологічних і технічних знань. Суб'єктивний компонент світогляду особистості складають її погляди, переконання, ціннісні орієнтації та стиль мислення, які загалом виявляються через готовність реалізувати світоглядні функції НКС у практичній (професійній) діяльності.

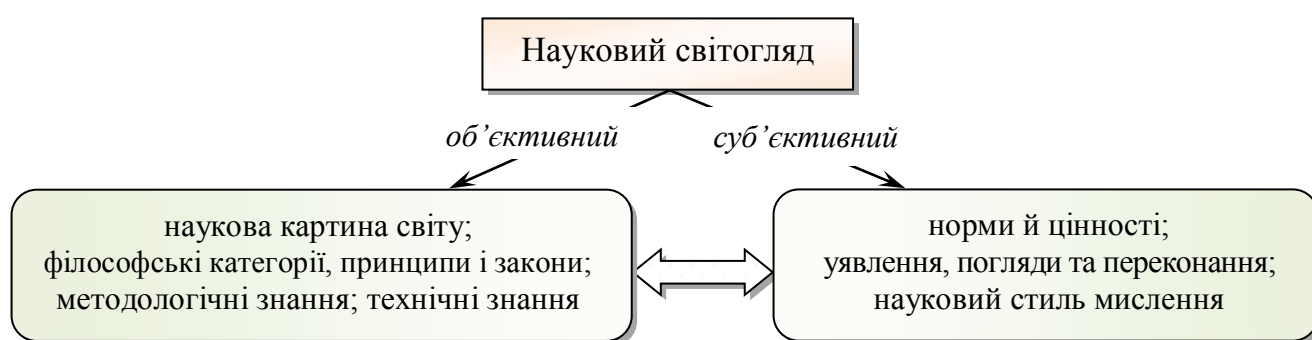


Рис. 4.1. Основні компоненти наукового світогляду особистості

Формування наукового світогляду людини – процес поступовий, складний і суперечливий, що пов'язано із свідомою реалізацією нею його *основних функцій* (освітньої, виховної, розвивальної, організаційної, прогностичної). У педагогічному процесі науковий світогляд особистості формується як цілісна

система фундаментальних і методологічних знань, що сприяє осмисленню нею навколишнього світу в його взаємозв'язку й розвитку. Кожна людина дивиться на світ крізь призму власного індивідуально-практичного досвіду, тому у формуванні світогляду важливу роль відіграють як наукові знання, так і практична діяльність. У житті й діяльності людини, прийнятті нею свідомих і відповідальних рішень поступово все більшого значення набуває раціонально-логічна складова. Тому саме в підлітковому віці, коли людина “визріває” як особистість, коли в неї свідомо виникають потреби в розумінні й поясненні природних явищ, з'являються світоглядні уявлення й переконання дуже важливо щоб останні формувалися на основі наукових знань.

Аналіз літературних джерел свідчить, що більшість теоретичних досліджень присвячена *формуванню наукового світогляду молоді саме у навчанні фізики*. Останнє не випадково, оскільки фізика вивчає найзагальніші питання, що мають глибокий світоглядний зміст, та закладає основи світорозуміння на різних рівнях пізнання природи. Крім наукового вона має також важливе соціокультурне значення, є невід'ємною складовою суспільної культури. Унаслідок цього поняття наукового світогляду не тільки міцно ствердилося у фізичній науці як одне з основних категорій методології наукового пізнання, але й набуло відповідного статусу в теорії і методиці навчання фізики в якості невід'ємного та найважливішого компоненту навчального процесу, що визначає його стратегічні виховні цілі.

Враховуючи виняткове значення зазначеної проблеми в дидактиці фізики, слід зазначити, що переважна більшість науково-методичних досліджень присвячена *формуванню наукового світогляду молоді у шкільному курсі фізики*. Огляд літературних джерел дозволяє зробити висновок про те, що в методиці навчання фізики радянського періоду мали місце різні концептуальні підходи у розв'язанні певних аспектів зазначеної проблеми, зокрема:

– розкриття діалектико-матеріалістичного характеру процесу пізнання природи та науково-атеїстичне виховання учнів (А. Вещицький, Ю. Дік, Р. Кротова, Д. Пеннер, О. Пьоришкін та ін.);

– відображення у змісті шкільного курсу фізики методології та методів наукового пізнання, у тому числі й на основі принципу історизму (Г. Голін, Л. Рєзніков, О. Сергєєв, Б. Спаський, І. Туришев та ін.);

– генералізація змісту дисципліни навколо фундаментальних фізичних теорій як елементів сучасної фізичної картини світу (О. Бугайов, П. Знаменський, С. Каменецький, В. Мултановський, В. Разумовський, А. Усова та ін.);

– формування цілісності, системності знань школярів про живу й неживу природу на основі реалізації у навчанні фізики міжпредметних зв'язків, у тому числі й у позаурочний час у формі факультативних занять, гуртків, фізичних вечорів, екскурсій тощо (Н. Зверєва, Л. Зоріна, І. Ланіна, Н. Родіна, Н. Талізїна та ін.);

– розкриття ціннісного аспекту наукових знань та процесу їх здобуття на уроках фізики (І. Авдєєва, Р. Аканова, Л. Тарасов, С. Чандаєва та ін.).

Проблемі цілісності знань учнів у навчанні фізики та формування їх наукового світогляду присвячені докторські дисертації В. Мощанського [240], В. Мултановського [244], С. Гончаренка [109], В. Ільченко [155]. За В. Мощанським, основними компонентами розв'язання зазначеної проблеми є: а) діалектико-матеріалістичне трактування природних явищ; б) формування знань про процес наукового пізнання; в) формування наукового стилю мислення. Згідно концепції теоретичних узагальнень В. Мултановського, завдання формування наукового світогляду учнів може бути успішно вирішене тільки в процесі послідовного засвоєння ними основ фундаментальних фізичних теорій як фундаменту сучасної ФКС, оскільки “призначення теорії – не лише досягнений нею результат мислення, але й сам вироблений нею спосіб/стиль мислення” [244, с.8].

С. Гончаренко розглядає цілісну природничо-наукову картину світу як вищу форму інтеграції знань та обґрунтовує положення про те, що її формування в учнів повинно здійснюватися на основі послідовної систематизації й узагальнення попередньо сформованих фундаментальних понять, законів і теорій у локальні наукові картини світу та подальшої інтеграції останніх разом з методологічними принципами природознавства в єдину природничо-наукову картину світу. На думку вченого, “знання стають світоглядними, якщо вони здатні бути засобом

розуміння і пояснення широкого спектру дійсності, бути орієнтиром у діяльності людини. Тому проблема формування цілісного світорозуміння в процесі навчання школярів має величезне значення і ніколи не втратить своєї актуальності” [109, с. 47]. Проблема формування НКС на основі цілісних знань школярів стала предметом ґрунтовних науково-методичних досліджень В. Ільченко. На думку вченого, цей процес повинен відбуватись шляхом інтеграції знань на основі фундаментальних закономірностей природи: збереження, періодичності, спрямованості довільних процесів. Дослідниця пропонує формувати НКС в учнів паралельно з систематизацією знань під час вивчення кожної теми з навчальних предметів природничого циклу.

Таким чином, у радянській методиці навчання фізики було розроблено цілісну концепцію формування наукового світогляду школярів. Проте слід констатувати, що напрацьований різними авторами цього періоду науково-методичний матеріал потребує оновлення й удосконалення відповідно до нових історичних, наукових та освітніх умов і тенденцій розвитку. Протягом останніх двох десятиліть світоглядна тематика на рівні загальноосвітньої школи знайшла своє логічне продовження у дисертаціях [65], [135], [142], [214], [216], [233], [372]. Предметом досліджень авторів стали теоретико-методичні засади формування наукового світогляду учнів основної і старшої школи у навчанні фізики засобами узагальнення знань, міжпредметних зв'язків, на основі використання принципу історизму та ін. Зазначимо, що проблемі формування наукового світогляду майбутніх педагогів як у попередній період, так і сьогодні присвячено вкрай мало досліджень. Більшість дисертацій з цього напрямку присвячені дослідженню окремих складових проблеми: формуванню ціннісно-світоглядних орієнтацій, екологічного та методологічного компонентів, впливу освітнього середовища вишу тощо [33], [76], [85], [168], [169], [294], [331].

Високо оцінюючи результати проведених досліджень, зазначимо, що проблема формування наукового світогляду майбутніх учителів фізики залишається дискусійною і недостатньо вирішеною, про що свідчать реальна практика школи, фізико-математичних факультетів педагогічних університетів, аналіз науково-методичних джерел, власний досвід. Багато питань залишаються

актуальними: виявлення педагогічних умов, що сприяють його формуванню; використання сучасних педагогічних технологій, побудова відповідних моделей, розробка методичних рекомендацій з діагностики основних компонентів наукового світогляду та ін.

На думку більшості вітчизняних учених-методистів становлення наукового світогляду майбутніх учителів фізики передбачає передусім узагальнення та систематизацію предметних знань навколо фундаментальних наукових ідей, принципів, законів і теорій, що можна зробити найбільш оптимально шляхом формування в їх свідомості найповніших і цілісних уявлень про сучасну фізичну картину світу. Саме ФКС дає вчителю фізики загальну методологічну основу для орієнтації у навчальному матеріалі та дозволяє розв'язувати завдання світоглядного характеру. Останнє потребує ознайомлення майбутніх педагогів з провідними філософськими принципами, що складають її основу. При цьому формування у студентів уявлень про сучасну ФКС має відбуватися таким шляхом, який би сприяв трансформації філософських принципів у погляди й переконання, що можливо лише за умови цілеспрямованої, послідовної та систематичної реалізації її світоглядних функцій (пояснювальної, оцінної, практичної) у навчальній діяльності. У зв'язку з цим усі складові процесу навчання спеціальних фахових дисциплін мають працювати на студента, сприяти його самоосвіті, самовдосконаленню та фаховому зростанню, формуванню наукового світогляду й ціннісного відношення до наукових знань як елементу загальнолюдської культури.

Контекст нашого дослідження вимагає передусім з'ясування сутності поняття “світоглядна культура” майбутнього вчителя фізики, аналізу психолого-педагогічних проблем її формування та окреслення можливих шляхів їх розв'язання. У культурі особистості сьогодні вирізняють політичний, економічний, правовий, педагогічний, психологічний, екологічний, естетичний та інші різновиди. Чільне місце серед них посідає *світоглядна культура*, що становить єдність двох феноменів: культури і світогляду. З одного боку, вона є “культурою у світогляді”, а з іншого, виражає світоглядний аспект (цінність) культури. Спроба навести означення цього терміну є нелегкою справою, що обумовлено передусім



розбіжністю в розумінні і вживанні його основних складових. Так, зокрема поняття “культура” у науковій літературі має різне тлумачення: від побутового рівня розуміння вихованості особистості до поняття про створений людьми світ культурних цінностей і далі аж до уявлення про культуру як загального способу існування людського роду. Німецький природодослідник і філософ І. Кант (автор терміну “світогляд”) у кінці XVIII століття прийшов до висновку, що “якщо існує наука, дійсно потрібна людині, то це та, яка дає йому можливість знати, як належним чином зайняти своє місце в навколишньому світі та правильно зрозуміти, яким треба бути, щоб бути людиною” [361, с.231].

Порівняльний аналіз літературних джерел [16], [187], [324] дозволяє виокремити в якості вихідного таке означення базового поняття: світоглядна культура виступає інтегральною якістю особистості, що синтезує в цілісну форму систему чинників її внутрішнього світу (когнітивних, емоційно-вольових, ціннісних, комунікативних, діяльнісних), спонукаючи до практичної дії, певного способу життя й мислення. Варто зазначити, що світоглядна культура як відкрита динамічна система формується й розвивається впродовж усього життя людини, але найінтенсивніше цей процес відбувається в шкільні та студентські роки, у період особистісного визрівання, відкриття власного Я, набуття загальнокультурних і професійних цінностей. На цій підставі *світоглядну культуру майбутніх учителів фізики розглядаємо як невід’ємну складову їх фахової підготовки, що характеризує якість засвоєння ними фундаментальних наукових знань (понять, принципів, законів і теорій, що складають основу сучасної ФКС); сформованість умінь і навичок їх практичного застосування, засвоєння норм і цінностей суспільно корисної (професійної) діяльності, що забезпечують свідому регуляцію мислення, своїх дій і поведінки.* Отже, світоглядна культура майбутнього педагога є складним комплексом стійких особистісних якостей і властивостей, що характеризують його за критеріями соціальної і фахової компетентності та духовної зрілості. У скороченому варіанті світоглядну культуру майбутнього вчителя фізики можна представити як органічну єдність таких компонентів: *науковий світогляд + науковий стиль мислення + сформованість системи гуманістичних цінностей + національно-патріотичне виховання.*

Оскільки в свідомості звичайної людини певною мірою розвинені, хоча й нерівномірно, елементи всіх історичних типів світогляду (міфологічний, релігійний, філософський, науковий), основне освітнє завдання як раз і полягає у формуванні домінантного серед них, тобто наукового. У підготовці майбутніх учителів фізики цей процес відбувається протягом усього періоду навчання в педагогічному університеті. Але не всі дисципліни, навіть не всі теми курсу фізики, однаково впливають на цей процес. Як відомо, курс загальної фізики у підготовці майбутніх учителів фізики носить переважно експериментальний характер, навчаючи використанню в пізнанні навколишнього світу спостережень і фізичного експерименту з їх подальшим узагальненням у вигляді певних закономірностей. Використання індуктивного підходу у пізнанні фізичної реальності на цьому етапі фундаментальної підготовки студентів, безумовно, є корисним і необхідним. Однак слід зазначити, що такий підхід не є універсальним, а практика його реалізації у навчанні виступає лише першим “емпіричним” етапом у становленні наукового світогляду студентів. Спіральний характер дедуктивного підходу до пізнання ФКС передбачає сходження знань від загальних – через конкретні – знов до загальних, що сприяє їх трансформації у світоглядні уявлення й переконання, переходу з емпіричного рівня усвідомлення закономірностей навколишнього світу на теоретичний. Тому особливе положення та виняткове значення у розв’язанні зазначеної проблеми належить курсу теоретичної фізики, який завершує фундаментальну підготовку майбутніх учителів фізики в педагогічному університеті.

З урахуванням зазначеного вище *основними компонентами становлення світоглядної культури студентів* є: 1) формування найповніших і цілісних уявлень про сучасну ФКС та її еволюцію на основі оволодіння сутністю фундаментальних фізичних теорій; 2) формування методологічних знань як чинника фундаменталізації фахової підготовки майбутніх учителів фізики та засобу системного засвоєння навчальної інформації; 3) формування наукового стилю мислення, що передбачає оволодіння нормами й принципами наукового пізнання світу; 4) здобуття досвіду самостійної практичної діяльності, що ілюструє справедливість і цінність набутих студентами світоглядних знань у

розв'язанні різноманітних проблемних та евристичних фізичних завдань, тобто трансформація їх поглядів і уявлень у переконання.

Аналіз науково-методичних джерел, узагальнення передового педагогічного й власного досвіду викладання дозволив виокремити *основні дидактичні умови*, що сприятимуть, на нашу думку, ефективному розв'язанню зазначеної проблеми.

1). Першоосною формування світоглядної культури студентів є істинно науковий рівень викладання курсу теоретичної фізики, що традиційно передбачає *відповідність його змісту і методів навчання сучасному стану розвитку фізичної науки*. З урахуванням специфіки майбутнього фаху студентів рівень представлення навчального матеріалу повинен передбачати ґрунтовне тлумачення сутності фізичних явищ і процесів, осмислення закладених у них причинно-наслідкових зв'язків; аналіз наукових фактів, фундаментальних фізичних понять і принципів (матерія, рух, простір, час, енергія, взаємодія; атомізму, відносності, збереження, дуалізму, відповідності, доповнюваності, симетрії) згідно сучасних наукових уявлень. Оволодіння студентами основами фундаментальних фізичних теорій як основної дидактичної одиниці змісту навчального курсу повинно відповідати логіці розвитку фізичної науки та сприяти усвідомленню ними сутності методів наукового пізнання і типів мислення (класичний, некласичний/квантово-польовий, постнекласичний/еволюційно-синергетичний).

2). Оскільки навчально-виховний процес з фізики більшою мірою пов'язаний з повідомленням системних знань про природу та процес її пізнання, тобто розвитком природничо-наукового і гносеологічного аспектів світогляду, першочерговим завданням курсу теоретичної фізики є розвиток у студентів – майбутніх учителів фізики – умінь щодо класифікації, систематизації та узагальнення навчальної інформації, зокрема таких елементів знань як науковий факт, фізичне явище, величина, модель, принцип, закон, теорія. Студенти мають усвідомити загальний підхід та послідовність етапів щодо їх формування й використання у навчально-пізнавальній діяльності. У зв'язку з цим другою дидактичною умовою формування світоглядної культури студентів можна вважати *активну інтелектуальну, розумову діяльність із системного засвоєння елементів знань, що складають основу*

*фундаментальних фізичних теорій та сприяють формуванню найповніших і цілісних уявлень про сучасну ФКС та процес наукового пізнання.* Зазначимо, що реалізація у навчанні теоретичної фізики загально-дидактичного принципу системності передбачає спеціальну роботу з узагальнення знань студентів, що відіграє важливу роль у розвитку їх інтелекту, оскільки знання і вміння тільки тоді витупають дієвим апаратом мислення, коли вони зведені в свідомості студентів у системи взаємопов'язаних понять. Останнє має відбуватися цілеспрямовано й поступово, у міру розгортання матеріалів навчального курсу, на певному рівні труднощів, що стимулюватиме розвиток пізнавальних здібностей студентів, здобуття ними досвіду самостійної роботи в зоні їх найближчого розвитку; за умови обов'язкової реалізації у навчанні єдності його змістовного та процесуального компонентів.

3). Озброєння студентів системою предметних знань не забезпечує автоматично, водночас формування у них світоглядних уявлень і переконань про сучасну ФКС. Досвід свідчить, що навіть студенти, які непогано засвоїли фактичний матеріал курсу теоретичної фізики, не можуть самостійно піднятися до свідомого філософського узагальнення конкретних наукових знань на рівні сучасної ФКС; потрібна спеціальна й систематична робота з виховання діалектико-матеріалістичного світорозуміння. Ця робота полягає у відповідному тлумаченні фізичних явищ і законів, у процесі якого студенти неминуче приходять до деяких висновків філософського характеру, тобто, фактично знайомляться з окремими найважливішими положеннями діалектичного матеріалізму та їх використанням у процесі наукового пізнання природи. При цьому кожне філософське узагальнення має бути природним підсумком розгляду певного ряду фізичних явищ, а не бути результатом штучного прив'язування філософії до фізики. Для цього у навчанні теоретичної фізики треба розкривати те чи інше філософське положення сучасної ФКС не у всій його повноті й загальності, а лише як природне узагальнення того конкретного навчального матеріалу, з якого це положення виходить. Представлена нами у зв'язку з цим табл. 4.1 ілюструє основні філософські принципи та їх конкретизацію у ФКС, що має бути об'єктом постійної уваги й педагогічного контролю протягом усього терміну навчання курсу теоретичної фізики.

Таблиця 4.1

**Загальнонаукові філософські принципи та їх конкретизація у  
фізичній картині світу**

№ з/п	Основні філософські принципи НКС	Конкретизація принципів у ФКС
1.	Матеріальна єдність світу	<ul style="list-style-type: none"> <li>• універсальність (елементарних частинок та їх взаємоперетворень, законів збереження, принципів симетрії, просторово-часових властивостей матерії, фундаментальних взаємодій);</li> <li>• єдність корпускулярно-хвильових властивостей матерії.</li> </ul>
2.	Невичерпність, взаємозв'язок і взаємозумовленість усіх структурних рівнів матерії	<ul style="list-style-type: none"> <li>• невичерпне розмаїття: структурних рівнів матерії (мега-, макро-, мікро- та нанооб'єкти, речовина й антиречовина, органічні та неорганічні з'єднання, елементарні частинки), форм руху, властивостей, зв'язків і відношень матеріальних об'єктів;</li> <li>• різноманітність форм і видів матерії як взаємозв'язок і взаємоперетворення речовини і фізичних полів;</li> <li>• об'єктивний характер і взаємозв'язок динамічних і статистичних закономірностей;</li> <li>• причинна зумовленість фізичних явищ і процесів; множинність форм детермінізму (лапласівський і квантово-механічний).</li> </ul>
3.	Рух як спосіб існування матерії	<ul style="list-style-type: none"> <li>• незнищенність руху матерії;</li> <li>• універсальність, взаємозв'язок та взаємоперетворення різних форм руху матерії;</li> <li>• відкритість і нелінійність як рухома сила еволюції й самоорганізації матерії.</li> </ul>
4.	Простір і час – форми існування матерії	<ul style="list-style-type: none"> <li>• взаємозв'язок, відносність і залежність від руху матерії;</li> <li>• універсальність просторово-часового опису фізичних явищ;</li> <li>• інваріантність просторово-часового інтервалу і законів фізики.</li> </ul>
5.	Взаємодія – як загальний абсолютний атрибут матерії, джерело всіх форм руху та розвитку об'єктів	<ul style="list-style-type: none"> <li>• матеріальні об'єкти пізнавані тільки завдяки їх взаємодії (пізнання законів природи є по суті пізнання взаємодій);</li> <li>• універсальність фундаментальних фізичних взаємодій;</li> <li>• взаємодія пов'язана з переносом матерії, руху та інформації;</li> <li>• взаємодія є близькодією та носить польовий обмінний характер;</li> <li>• взаємодія відображає взаємний зв'язок і взаємозумовленість явищ природи, їх причинно-наслідкову залежність.</li> </ul>
6.	Первинність матерії по відношенню до свідомості, об'єктивний характер і відносність пізнання	<ul style="list-style-type: none"> <li>• наукове обґрунтування існування природи до виникнення людини; діалектико-матеріалістичний підхід до розуміння природи;</li> <li>• дослідне відтворення фізичних явищ і процесів; експериментальне підтвердження фізичної теорії – критерій її істинності;</li> <li>• пояснення, передбачення й відкриття нових природних явищ і законів; справедливість принципу відповідності у фізиці;</li> <li>• діалектичний взаємозв'язок теорії й практики; широке практичне використання фізичних законів і теорій у науці, техніці, побуті.</li> </ul>
7.	Нестворюваність і незнищенність матерії, невичерпність її пізнання	<ul style="list-style-type: none"> <li>• інваріантність та універсальність фундаментальних фізичних констант, законів збереження фізики;</li> <li>• нескінченність матеріального світу;</li> <li>• безперервний процес еволюції матерії на всіх структурних рівнях та Всесвіту в цілому.</li> </ul>

Таким чином, в якості третьої дидактичної умови формування світоглядної культури студентів у навчанні теоретичної фізики визначаємо *розкриття діалектико-матеріалістичного характеру фізичних явищ, виділення у змісті фундаментальних фізичних теорій провідних світоглядних ідей та їх осмислення з узагальнених філософських позицій.*

4). Четвертою дидактичною умовою формування світоглядної культури студентів є *забезпечення у навчанні теоретичної фізики взаємозв'язку логічного та історичного підходів*, тобто органічного поєднання прийомів логічного мислення (аналіз, синтез, порівняння, абстрагування, конкретизація, аналогія та ін.) під час засвоєння нової інформації і застосування систематизованих знань на практиці з принципом історизму (короткі історичні екскурси з розвитку науки-фізики, що розкривають еволюцію ФКС, етапи революційних змін у науці, “драму ідей”; розв'язування задач історичного змісту; знайомство з життям і творчістю її видатних представників, досягненнями й здобутками вітчизняної науки). У підготовці майбутніх учителів фізики останнє має важливе освітньо-професійне значення, оскільки сприяє не тільки підвищенню пізнавального інтересу, рівня та якості його фундаментальної підготовки, але й оволодінню історичним підходом до викладання фізики в загальноосвітній школі, формуванню системи гуманістичних цінностей, їх національно-патріотичному вихованню.

5). Перетворення знань на світоглядні погляди і переконання тісно пов'язане з формуванням у студентів системи ставлень до навколишнього світу й до себе. Правильне відношення до них формується в ситуаціях, коли студент діє певним чином. Тому в процесі формування світогляду створюють умови, за яких студент міг би виявити своє ставлення до наукових фактів, подій, явищ, про які йдеться; дати їм принципову оцінку, висловити власні думки й почуття. Це сприяє формуванню активної життєвої позиції, єдності слова й діла, світогляду й поведінки. Саме активне пізнання, емоційне переживання, спілкування й діяльність є запорукою ефективності навчально-виховного процесу. На наш погляд, загальна схема цього процесу повинна мати такий вигляд: осмислення предметних знань → формування впевненості в істинності знань і власних силах

→ формування окремих переконань, світоглядних почуттів → формування переконаності. Отже, наступною, п'ятою дидактичною умовою формування світоглядної культури студентів у навчанні теоретичної фізики є *розвиток пізнавального інтересу та підтримка позитивної навчальної мотивації студентів шляхом широкого використання активних форм, методів і технологій навчання, створення й розв'язання проблемних ситуацій, аналізу фундаментальних наукових ідей, суперечностей і парадоксів, що сприятиме оволодінню ними “мовою” фізичної науки, формуванню наукового стилю мислення, потреби в самоосвіті та самовдосконаленні.*

б). Оскільки науковий світогляд є складним, багатогранним особистісним феноменом, що інтегрує знання, погляди й переконання про закономірності розвитку природи, суспільства й мислення, його повноцінне формування в рамках окремої навчальної дисципліни неможливо. Кожна з них в системі фахової підготовки майбутніх учителів фізики – складова єдиного цілого у його формуванні. Предметоцентризм і низька ступінь реалізації міжпредметних зв'язків часто не дозволяють студенту переносити наукові знання з однієї предметної галузі в іншу, через що у них не формуються повною мірою цілісні уявлення про сучасну НКС та інтегративне бачення закономірностей навколишнього світу. Міжпредметність варто розглядати не лише як засіб підвищення ефективності навчання, але й як загально-педагогічний метод системного підходу до формування наукового світогляду студентів. У зв'язку з цим важливе значення має обов'язкове врахування у навчанні принципу взаємозв'язку й наступності курсів загальної і теоретичної фізики, рівня математичної підготовки студентів, постійне акцентування уваги про характер і зміст представлення відповідного матеріалу в шкільному курсі фізики. Тому як шосту дидактичну умову формування світоглядної культури студентів виділяємо *необхідність реалізації у навчанні теоретичної фізики міжпредметних інтеграційних зв'язків з психолого-педагогічними та спеціальними фаховими дисциплінами.*

7). У формуванні світоглядної культури студентів особлива роль належить соціальній і професійній позиції педагога. Тільки той викладач, який є справжнім патріотом України, здатний бути духовним наставником майбутніх педагогів. На

думку В. Сухомлинського, справжній учитель – той, що вміє співпереживати, “відчувати серцем” своїх учнів [341, с.39]. Поєднання глибокої ідейної переконаності з високим професіоналізмом, відповідний рівень культури, людяність, уміння реалізувати світоглядний потенціал своєї дисципліни, організувати різноманітну навчально-пізнавальну діяльність студентів для виявлення ними своїх світоглядних позицій – важлива умова формування їх світоглядної культури. Не менш важливим також є позитивний емоційний вплив особистості педагога на студентів своїми знаннями, переконаннями, професійною позицією по відношенню до ненаукових форм пізнання (містики, окультизму, парапсихології та ін.). У зв’язку з цим головне завдання курсу теоретичної фізики полягає у переведенні відповідних навчальних матеріалів на рівень особистісного досвіду студентів, об’єктивних наукових цінностей в особистісні цінності й смисли, що сприятиме фаховому зростанню майбутнього педагога. Таким чином, сьомою дидактичною умовою ефективного розв’язання зазначеної проблеми у навчанні теоретичної фізики є *систематичне й планомірне формування у студентів системи гуманістичних цінностей, критичного мислення у сприйнятті нової інформації, виховання викладачем на власному прикладі високих моральних якостей, їх національно-патріотичне виховання.*

До *основних організаційно-педагогічних чинників*, які, на нашу думку, сприятимуть успішному формуванню світоглядної культури майбутніх учителів фізики засобами навчальної дисципліни “Теоретична фізика” ми відносимо:

- теоретично й методично обґрунтоване використання загально-дидактичних принципів навчання; забезпечення єдності освітньої, розвиваючої та виховної цілей процесу навчання; єдності його змістовного й процесуального компонентів;
- оптимальне поєднання репродуктивних та інноваційних методів навчання, що реалізують діяльнісний характер процесу здобуття студентами фундаментальних наукових знань;
- орієнтація студентів на системну самоосвіту, саморозвиток і самовиховання; забезпечення регулярності та ефективності контролю, оцінки та самооцінки їх навчальних досягнень;



- активізація навчально-пізнавальної діяльності студентів, що сприяє виявленню ними професійної позиції, власного ставлення, відношення та оцінки не тільки під час навчальних занять, але й участі у позааудиторній роботі (фізичних гуртках, проблемних групах, науково-дослідній роботі, участі в наукових конференціях, творчих конкурсах).

У підсумку зазначимо, що показниками якості підготовки майбутнього вчителя фізики завжди вважався науковий світогляд, світоглядна культура, повнота й системність фундаментальних знань, обізнаність у питаннях, що стосуються сучасної ФКС, критичне ставлення до окультизму та інших ненаукових форм пізнання. Практика сучасної загальноосвітньої та вищої педагогічної шкіл свідчить про те, що проблема формування світоглядної культури майбутніх учителів фізики далека від свого задовільного розв'язання; вона потребує переосмислення та подальших системних науково-методичних досліджень. На нашу думку, світоглядна складова фахової компетентності останніх має формуватися на уявленнях про єдність і взаємозв'язок природничо-наукової і гуманітарної сфер культури, забезпечуватися безперервним характером процесу навчання, створенням у свідомості цілісної ФКС шляхом систематизації й узагальнення знань про природу та процес її пізнання, про відношення людини до природи, людини та суспільства на основі розкриття сутності фундаментальних фізичних теорій; сформованістю наукового стилю мислення, системи гуманістичних цінностей. Вважаємо, що це твердження має бути виокремлено як принципово важливий чинник наскрізного формування освітніх програм навчальних дисциплін усіх трьох циклів системи фахової підготовки майбутніх учителів фізики в педагогічному університеті (гуманітарної й соціально-економічної, природничо-математичної та професійної й практичної).

#### **4.2. Еволюція фізичної картини світу в курсі теоретичної фізики**

Результати опитування бакалаврів-фізиків під час державних екзаменів протягом останніх років засвідчують невтішну тенденцію – збільшення кількості студентів, знання яких є несистемними, фрагментарними, поверховими; рівень знань

з історії розвитку фізичної науки залишається невисоким, певна частина з них слабо усвідомлюють внутрішню логіку розвитку фізичної науки як послідовну зміну ФКС, “драму ідей”, зіткнення наукових програм і концепцій, складних і суперечливих пошуків істини. Такий стан у підготовці майбутніх учителів фізики, безумовно, не можна вважати задовільним і потребує обов’язкового виправлення. Актуальність розв’язання цього завдання посилюється й рядом сучасних негативних соціальних тенденцій, пов’язаних з проникненням релігійних ідей та псевдонаукової інформації в усі сфери суспільного життя, що має суттєвий вплив на масову свідомість. На нашу думку, вихід із ситуації бачиться у внесенні коректив до програми й відповідно методичної системи навчання курсу теоретичної фізики, зумовлюючи, таким чином, його стратегічну освітню мету – формування у майбутніх учителів фізики цілісних, системних, методологічно важливих знань про сучасну фізичну картину світу та її еволюцію як невід’ємну складову наукового світогляду – стрижневого елементу структури особистості, основи їх фахової компетентності.

У розробленій нами модульній програмі курсу теоретичної фізики враховано необхідність розв’язання зазначеного питання: провідне місце у змісті навчального матеріалу віднесено світоглядному аспекту, що передбачає цілеспрямовану, системну й поетапну роботу студентів під керівництвом викладача, орієнтовану на усвідомлення ними світоглядного потенціалу сучасної фізичної науки, вироблення поглядів та уявлень про сутність природних явищ на основі діалектико-матеріалістичного підходу з наступною трансформацією останніх у стійкі особистісні світоглядні переконання. Звичайно, така робота передбачає певну методологічну основу та використання відповідного дидактичного інструментарію.

У загальній дидактиці вважається, що послідовність викладення навчального матеріалу повинна відображати логіку розвитку базової науки. Іншими словами, логіка “руху думки” в свідомості окремої людини в скороченому вигляді має відображати логіку історичного розвитку наукового мислення й пізнання. Джеймс Клерк Максвелл справедливо зазначав, що “наука завжди повніше засвоюється, коли вона розглядається в стані її народження. ... Історичний аналіз дає ясніше розуміння сутності теорії, ніж її просте викладення” [14, с. 117]. Шукаючи відповідь на питання

про те, яким повинен бути зміст сучасного курсу теоретичної фізики в педагогічному університеті слід мати на увазі слова П. Знаменського про те, що “науковість обумовлюється не кількістю фактів, розмовами про все й ковзанням по поверхні, а глибоким проникненням у суть небагатьох виділених питань. Відбираючи матеріал для навчальної дисципліни, слід віддавати перевагу науковим фактам, відкриттям і положенням, які мають найбільшу методологічну цінність, найбільшу генералізуючу здатність, найбільше світоглядне значення” [145, с.54].

У курсі теоретичної фізики вивчаються різні елементи знань – фізичні об’єкти та явища; фізичні моделі як ідеальні образи останніх, що ілюструють їх суттєві ознаки; фізичні величини, що відображають їх різні характеристики і властивості; фізичні закони та фізичні теорії різного ступеня загальності та ін. Як правило, перелічені вище структурні елементи ФКС тією чи іншою мірою надаються студентам, реалізуючи, таким чином, її *освітню* функцію. Однак цим все й обмежується. Світоглядний аспект наукових знань при цьому не завжди виокремлюється. Немає самого головного – усі елементи знань не узагальнені й не систематизовані в єдине ціле – фізичну картину світу як невід’ємну складову наукового світогляду майбутнього вчителя фізики. Студенти засвоюють конкретну навчальну інформацію, але самостійно піднятися на її основі до рівня світоглядних ідей не завжди можуть. До їх свідомості недостатньою мірою доноситься внутрішня логіка розвитку науки, специфіка й закономірності наукового пізнання. Тому друга, *світоглядна*, функція ФКС реалізується не повною мірою. Важливим також є те, що в навчальному матеріалі про ФКС недостатньо звертається увага на зв’язок між чинною картиною світу та стилем наукового мислення. Між тим, як відомо, ФКС у навчанні виконує третю, не менш важливу функцію, а саме є *засобом формування наукового стилю мислення* студентів – невід’ємного компоненту їх світоглядної культури та фахової компетентності. Усе це разом узятє спонукає нас спеціально звернутися до задачі конструювання того навчального матеріалу, призначенням якого є формування у студентів – майбутніх учителів фізики – цілісних і найповніших уявлень про ФКС та її еволюцію з урахуванням усіх її функцій у змісті освіти.

Синтез наукових знань студентів в єдину ФКС розглядається нами не тільки як заключний етап навчання курсу теоретичної фізики, що має обов'язково реалізовуватися на підсумкових лекціях у межах його окремих розділів, але й як провідний компонент спеціалізовано-професійної складової фахової компетентності вчителя фізики. Формування цілісних уявлень студентів про сучасну ФКС, звичайно, має носити поступовий, цілеспрямований і системний характер. Про розвиток наукового світогляду студентів можна говорити лише в тому випадку, якщо світоглядний аспект наукових знань розкривається викладачем на заняттях цілеспрямовано і свідомо відповідно до структури та логіки розвитку науки-фізики, що ілюструє її історію як послідовну та закономірну зміну ФКС й відповідного стилю мислення. Відсутність таких узагальнень робить навчальний курс теоретичної фізики незавершеним, а знання студентів при цьому залишаються несистемними й фрагментарними.

Звичайно, найповніші та цілісні уявлення про сучасну ФКС студенти можуть одержати тільки наприкінці курсу теоретичної фізики, після того як будуть узагальнені та приведені в систему їх знання. До того часу контури сучасної ФКС окреслити неможливо через нестачу відповідних знань студентів. Тому після вивчення класичної механіки можна говорити лише про систематизацію та узагальнення знань на рівні механістичної картини світу, електродинаміки – електромагнітної, квантової механіки – квантово-польової, після вивчення термодинаміки і статистичної фізики – розкривати основні аспекти сучасної еволюційно-синергетичної парадигми наукових досліджень.

Безумовно, реалізація зазначеного підходу у навчанні теоретичної фізики є нелегкою справою і пов'язано не тільки з тим, що формування наукового світогляду особистості є одним з найскладніших методичних завдань, а відповідна педагогічна діяльність викладача за складністю може переважати інші види роботи. Справа в тому, що для підведення студентів до висновків світоглядного характеру викладач, по-перше, повинен сам вільно володіти відповідним світоглядним багажем; по-друге, вміти реалізовувати спеціальні методики, які дозволяють формувати науковий світогляд засобами навчальної дисципліни; по-третє, необхідна наявність

відповідного дидактичного інструментарію (вправ, завдань, проблемних ситуацій та ін.). У зв'язку з цим, нами розроблено відповідний матеріал, який можна використовувати як на заключному етапі навчання курсу теоретичної фізики, так і під час узагальнення знань студентів у межах його окремих розділів.

Процес розробки матеріалів світоглядного характеру щодо генезису та еволюції ФКС у навчанні теоретичної фізики зумовив необхідність системного опрацювання наукових першоджерел, виявлення ступеня розробки цієї проблеми в педагогічній теорії і практиці, визначення основних характеристик феномену “фізична картина світу” та її ролі у фаховій підготовці майбутніх учителів фізики. Результати проведеної роботи наведено нижче.

Аналіз літературних джерел свідчить, що проблема формування наукового світогляду особистості взагалі, і зокрема засобами фізики як навчальної дисципліни, має багату історію та інтенсивно досліджується протягом останніх 50 років. Різні теоретичні, методологічні та практичні аспекти зазначеної проблеми стали предметом досліджень філософів (В. Андрущенко, Л. Губерський, Л. Мікешина, М. Мостепаненко, Г. Платонов, А. Спіркін, В. Шинкарук та ін.), психологів (Л. Божович, Л. Виготський, В. Давидов, О. Леонт'єв, Н. Менчинська, С. Рубінштейн, Б. Теплов та ін.), науковців-фізиків (Н. Бор, М. Борн, В. Гейзенберг, В. Гінзбург, П. Дірак, А. Ейнштейн, С. Капіца, М. Планк, Р. Фейман та ін.), методистів-фізиків (П. Атаманчук, Л. Благодаренко, О. Бугайов, Б. Будний, С. Гончаренко, В. Єфіменко, О. Іваницький, В. Ільченко, А. Касперський, О. Коновал, Є. Коршак, О. Ляшенко, М. Мартинюк, В. Мощанський, В. Мултановський, А. Павленко, В. Савченко, М. Садовий, П. Самойленко, О. Сергєєв, В. Сергієнко, В. Сиротюк, Б. Спаський, Б. Сусь, І. Тичина, В. Тищук, В. Шарко, М. Шут та ін.).

За результатами проведених наукових пошуків сьогодні досліджено генезис поняття “фізична картина світу”, визначено його зміст, структуру, види, філософські та психолого-педагогічні аспекти, змінність форм і характер впливу на темпи розвитку наукових знань [13], [19], [36], [206], [207], [214], [244], [290], [293]. Унаслідок цього ФКС не тільки міцно ствердилася у фізичній науці як одна з основних категорій теорії й методології наукового пізнання, але й набула

відповідного статусу в теорії та методиці навчання фізики в якості невід'ємної складової наукового світогляду цілісної особистості педагога. Для того, щоб знання окремих фізичних процесів, законів і теорій стало основою наукового світогляду, воно повинно бути філософські осмислено та узагальнено з позицій єдиної методології. У якості такої узагальненої фізичної моделі/образу природи, що являє собою комплекс фундаментальних наукових ідей, понять і теорій, пов'язаних відповідними принципами в єдину систему, і виступає ФКС. Маючи історично зумовлений характер, вона наповнює конкретним природничо-науковим змістом загальні філософські уявлення про будову, властивості та еволюцію матеріального світу на всіх його структурних рівнях. ФКС є частиною природничо-наукової картини світу, яка в свою чергу входить до наукової картини світу, остання ж виступає необхідним елементом наукового світогляду особистості та невід'ємним компонентом загальнолюдської культури.

Уся історія фізики – це процес становлення, удосконалення та зміни різних ФКС, процес її еволюції. Кожна з наступних складніша за попередню і є лише відносно завершеною картиною, що відбиває, однак, точніше й адекватніше об'єктивний світ. А. Ейнштейн вважав, що в розвитку фізики основною тенденцією завжди було прагнення до систематизації знань, а “найвищим обов'язком фізиків є пошук таких загальних елементарних законів, з яких шляхом чистої дедукції можна отримати картину світу. ... Ми повинні ставити питання не про те, чи єдина природа, а питання про те, яким чином вона єдина” [434, с.35]. Загальноосвітня вимога формування у студентів цілісних, системних (інтегрованих), методологічно важливих знань є логічним відображенням принципу єдності природи та основної тенденції розвитку сучасної фізичної науки – прагнення до єдності знань про навколишній світ.

Знання про те, якою є сучасна ФКС майбутні вчителі фізики можуть отримати на основі самостійного опрацювання наукових першоджерел, під час вивчення курсу загальної фізики, який є переважно експериментальним, курсу “Історія фізики”, що має якісний характер, свої специфічні завдання й кількість годин або прослухавши відповідний узагальнюючий спецкурс, який сьогодні, на

жаль, не є складовою нормативної частини навчального плану їх фахової підготовки. Останнє зумовлює особливе положення і важливість розв'язання зазначеної проблеми у рамках курсу теоретичної фізики, який завершує фундаментальну підготовку майбутніх учителів в педагогічному університеті.

Починаючи вже з першого лекційного заняття навчального курсу, студенти мають чітко усвідомлювати, що фізика є фундаментальною наукою, яка вивчає загальні закономірності перебігу природних явищ, закладає основи світорозуміння на різних рівнях пізнання природи і дає загальне обґрунтування природничо-наукової картини світу. Історія науки жодною мірою не є поступовим лінійним процесом кількісного накопичення знань про природу. Натомість у її розвитку чітко простежується циклічність із специфічними стадіями та характерною динамікою: від нагромадження, систематизації й узагальнення емпіричних фактів, висунення гіпотез і побудови абстрактних моделей, формулювання постулатів, принципів і законів до створення на їх основі наукових теорій, цілісного образу/картини світу, і далі виведення теоретичних наслідків з їх наступною експериментальною перевіркою. Характерною у цьому закономірному процесі пізнання природи стає тенденція: через фундаментальний характер фізичної науки її основні ідеї все більше проникають у масову свідомість і визначають світогляд та образ мислення цілих поколінь.

З'ясування змісту ключового поняття передбачає усвідомлення студентами того, що коли ми говоримо “картина світу”, то припускаємо, що є світ і є ще його картина, так само, як вважається, що є події і є ще сприйняття подій. Це означає, що ми “бачимо” світ не тому, що існує картина світу, а навпаки, остання виникає тому, що існує світ, сутність якого ми сприймаємо теоретично. Вона вказує на віднесеність наших знань до об'єкта – світу в цілому – і свідчить про відносність людського пізнання. Постійно поповнюючи та узагальнюючи наукові знання, людина крок за кроком просувалася до об'єктивної істини, з'ясовуючи сутність різноманітних фізичних явищ і процесів. Поступово у людській свідомості вимальовувалася велична й складна картина взаємозв'язку та єдності природи, причому формування й удосконалення останньої безпосереднім чином пов'язано з історією розвитку саме фізичної науки та відповідною еволюцією методів наукового пізнання й мислення.

Поняття “наукова картина світу”, “фізична картина світу” почали активно використовувати у дослідженнях з філософських проблем природознавства наприкінці XIX ст. Проблему становлення ФКС обговорювали тоді такі фізики, як Г. Герц, Л. Больцман, П. Дюгем, А. Пуанкаре та ін. Надалі цим поняттям широко користувався М. Планк, який розумів його як “образ світу, що формується у фізичній науці на основі фундаментальних ідей, принципів і законів та відображає реальні закономірності природи” [279, с. 48]. Поняття “фізична картина світу”, “картина сучасної теоретичної фізики” та “фізичний світогляд” він уживав як синоніми. Ключовими у ФКС він вважав три фундаментальні категорії: уявлення про простір-час, елементарні “цеглини”, з яких побудована матерія, та характер взаємодії, який скріплює їх в єдине ціле. В історії фізики перегляд цих фундаментальних понять відбувався кілька разів, у результаті чого були побудовані *механістична, електромагнітна та квантово-польова картини світу*. На думку деяких учених, сьогодні відбувається чергова революція у фізиці, яка приведе до побудови нової, *еволюційно-синергетичної*, картини світу [19], [207], [263]. Спробуємо коротко проаналізувати еволюцію ФКС в курсі теоретичної фізики, маючи на увазі, що остання у навчанні реалізує такі основні освітньо-виховні функції: а) виступає вищою формою систематизації знань; б) є засобом формування наукового світогляду; в) забезпечує формування наукового стилю мислення. Зазначимо, що наведений нижче матеріал як узагальнення автором власного педагогічного досвіду викладено безпосередньо для навчального застосування. Його не можна розглядати в якості окремого змістового модулю дисципліни або його певної складової; у ньому відображено генезис та еволюцію системи фундаментальних фізичних ідей і положень, яку студенти – майбутні вчителі фізики – повинні засвоїти протягом усього періоду навчання курсу “Теоретична фізика”.

Історія людства знає дві глобальні наукові революції: XVI – XVII і XIX – XX ст., які привели до кардинальної зміни уявлень про фундаментальні основи світобудови й відповідно ФКС. Перша з них була революційним стрибком передусім у науках, що вивчають механічну форму руху матерії. У результаті відбулося зародження класичного природознавства, яке, у свою чергу, створило так



звану *механістичну картину світу* (МКС). Її становлення відбувалося під впливом атомістичних уявлень стародавніх філософів (Демокрит, Епікур, Лукрецій) та провідних ідей епохи Відродження: матеріальної єдності світу, причинності, експериментального обґрунтування, математичного опису природних явищ. Фундамент МКС закладався працями Леонардо да Вінчі, М. Коперника, Дж. Бруно, І. Кеплера, П. Гассенді, Р. Декарта, Б. Паскаля, Р. Гука, Х. Гюйгенса та ін. Проте найбільший внесок у її становлення зробили Г. Галілей і І. Ньютон.

Основу першої фізичної теорії, що виникла у межах МКС (*класична механіка*), складає фундаментальна ідея атомізму, згідно з якою матерія є ієрархічною сукупністю дискретних неподільних елементів – атомів. Саме вони є “цеглинами” світобудови. Усі види руху зводилися до механічного переміщення тіл в абсолютному просторі й часі, незалежних як між собою, так і від матерії; стан тіла трактувався як однозначно визначений його початковим положенням; інерція є вродженою властивістю тіл, а їх взаємодія може відбуватися як за безпосереднього контакту, так і на відстані (тяжіння); визнавалася лише одна взаємодія – гравітаційна, що відбувається крізь простір миттєво без будь-яких посередників (ідея далекодії за Ньютоном); згідно принципу відносності всі механічні явища в різних інерціальних системах відліку (ІСВ) проходять однаково, тобто є інваріантними по відношенню до перетворень координат Галілея. Основні елементи МКС наведено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2

### Механістична картина світу

вихідні філософські ідеї	основні положення та фізичні поняття	основні принципи
класичний атомізм і механіцизм	матерія – сукупність неподільних абсолютно твердих частинок/корпускул; рух – механічне переміщення частинок в абсолютному просторі й часі; фізичне поле (ефір) – допоміжне поняття; маса – міра інертності й тяжіння; сила – міра взаємодії тіл; взаємодія – причина руху та його зміни, матеріальна точка, інерціальна система відліку, траєкторія, швидкість, прискорення, імпульс, сила, робота, потужність, енергія та ін.	відносності Галілея; далекодії; суперпозиції; причинності й детермінізму Лапласа; збереження.
<p>“Хто не знайомий із законами механічного руху, той не може пізнати природи” (Г.Галілей);  “Усе моє життя було одним тривалим роздумом природи механічних явищ”(І.Ньютон).</p>		

Отже, у рамках курсу *теоретичної механіки* студенти мають засвоїти, що світ у механістичній картині побудований на єдиному фундаменті – законах механіки і теорії гравітації Ньютона. Усі фізичні процеси та явища в ній зводилися до механічного руху і взаємодії тіл згідно чітких причинно-наслідкових зв'язків (людський фактор, випадковість і хаос у принципі виключалися). Протягом XVIII ст. створюється математичний апарат класичної механіки на базі диференціального та інтегрального числень. Д. Бернуллі, Р. Бошковіч, Ж. Даламбер, Л. Ейлер, А. Клеро, П. Лаплас, П. Мопертюї, М. Остроградський, К. Якобі – розвинули й розширили ідеї Ньютона, надавши їм форму лінійних диференціальних рівнянь. Розробку аналітичних методів механіки завершили Ж. Лагранж, який на основі принципу можливих переміщень у 1788 р. отримав відомі рівняння руху механічної системи в узагальнених координатах, і У. Гамільтон, який на основі варіаційного принципу найменшої дії у 1835 р. отримав канонічні рівняння руху системи для характеристичної функції. Універсальність та евристична сила лагранжевого і гамільтонового формалізмів виявилася згодом ефективною в математичних моделях фізики XX ст., особливо під час побудови загальної теорії відносності, квантової механіки, атомної фізики. Отже, зі створенням математичного апарату класичної механіки пов'язане її становлення як першої фундаментальної наукової теорії, про важливість якої Л. Больцман згодом писав: “Класична механіка – це фундамент, на якому побудовано всю будівлю теоретичної фізики, це коріння, з яких вийшли всі інші гілки цієї науки” [436].

На підґрунті МКС почали стрімко розвиватися техніка і технології, швидко збільшувалася кількість знань, став складатися певний (класичний) стиль наукового мислення. Успіх механіки Ньютона значною мірою сприяв абсолютизації МКС та закономірній появі філософської концепції про чіткий і однозначний причинно-наслідковий зв'язок усіх природних явищ і процесів (лапласівський детермінізм як перший, *класичний тип наукової раціональності*). Згідно останнього механічні процеси є оборотними: виходячи з інформації про сучасний стан досліджуваного об'єкту за універсальними законами механіки можна однозначно передбачити його майбутнє та відновити минуле. Однак навіть тоді, коли цей принцип став загальноприйнятим деякі вчені (Х.Гюйгенс, Р.Декарт,

Г.Лейбніц та ін.) висловлювали інші думки: взаємодія між тілами відбувається з кінцевою швидкістю і важливу роль у цьому процесі має відігравати середовище.

У XIX ст. методи механіки були поширені на область теплових явищ, електрики і магнетизму, оптики. Однак нові фізичні теорії того часу не могли бути зведені до універсальної концепції механістичного світобачення. Так, поряд з розглядом системи матеріальних точок, що повністю відповідала корпускулярним уявленнями про матерію, довелося ввести поняття суцільного середовища, пов'язаного по суті вже з континуальними уявленнями про матерію. Для пояснення природи світлових явищ вводилося поняття ефіру (особливої невагомої матерії/рідини), теплові явища пояснювали за допомогою теплороду, підлягала критичному аналізу ідея далекодії. Особливі труднощі виникли у зв'язку з поясненням сутності електромагнітних явищ. Спроби побудувати теорію електромагнітних взаємодій на основі механічних уявлень виявилися безуспішними, тому назрівала необхідність перегляду вихідних філософських ідей про навколишній світ.

Елементи нової ФКС почали складатися ще в надрах МКС у зв'язку з вивченням електромагнітних явищ (роботи Кавендіша, Кулона, Ома, Ерстеда, Ампера, Вебера, Деві, Араго, Біо, Савара та ін.). Основи нової *електромагнітної картини світу* (ЕМКС) були закладені працями М. Фарадея і Дж. Максвелла, які у розробці теорії електромагнітних явищ керувалися новими філософськими ідеями: континуальні уявлення про матерію, близькодії та матеріальності електромагнітного поля. Хоча концепція ефіру, поняття суцільного середовища створювали передумови до появи поняття фізичного поля, останнє сформувався й закріпилося у фізиці тільки відкриття у 1831 р. Фарадеєм закону електромагнітної індукції, який використав для побудови нової картини світу континуальні уявлення про матерію. На думку вченого, навколишній світ – це електродинамічна система заряджених частинок, що взаємодіють між собою уздовж силових ліній за допомогою електромагнітного поля відповідно принципу близькодії.

На основі таких уявлень Максвелл побудував нову фундаментальну теорію – *класичну електродинаміку*, основу якої склали відомі рівняння в диференціальній та інтегральній формах, що описували еволюцію єдиного електромагнітного поля та

його взаємодію із зарядами й струмами. Узагальнюючи всі основні закономірності електричних і магнітних явищ, теорія Максвелла змогла не тільки пояснити вже відомі експериментальні факти, але й передбачити нові явища. Одним з її важливих наслідків стало положення про існування магнітного поля “струмів зміщення” та у зв’язку з цим поява “революційної” ідеї про існування електромагнітних хвиль – змінного електромагнітного поля, що поширюється у просторі (абсолютно нерухомому світловому ефірі) в усіх напрямках з кінцевою швидкістю

$$\left( v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} \frac{1}{\sqrt{\varepsilon \mu}} = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon \mu}} \right), \text{ а для вакууму } (\varepsilon = 1; \mu = 1): v \equiv c = 3 \cdot 10^8 \left( \frac{m}{s} \right).$$

розмірного коефіцієнту попередньої формули зі швидкістю світла у вакуумі (за результатами її визначення дослідами Фізо-Фуко) вказувало на глибокий зв’язок між електромагнітними та оптичними явищами. Отже, за теорією Максвелла світло має електромагнітну природу і є поперечною електромагнітною хвилею, що поширюється в однорідному середовищі зі сталою швидкістю незалежно від руху як джерела, так і приймача хвиль. Таким чином, рівняння Максвелла виявилися неінваріантними відносно перетворень Галілея, що суперечило класичній механіці.

Фундаментальні ідеї Фарадея-Максвелла викликали справжній переворот у фізиці другої половини XIX ст. Матерія існує у двох формах – речовина і поле; на відміну від речовини, яка є дискретною, поле є безперервною субстанцією, що може передавати взаємодію зі швидкістю світла. Рух вже не тільки просте механічне переміщення тіл, але й поширення коливань у полі. Відомі два види поля – електромагнітне і гравітаційне, як результат, у природі існують два види фундаментальних взаємодій. Електромагнітна взаємодія пояснює не тільки електричні і магнітні явища, але й інші – оптичні, хімічні, теплові. Отже, практично все в природі зводиться до електромагнетизму (ззовні сфери його впливу залишалося лише тяжіння). Якщо в часи розквіту МКС робилися спроби звести електромагнітні явища до механічних процесів, то тепер вже прагнули, навпаки, вивести закони руху частинок з електромагнітної теорії. Досліди О. Хевісайда, Г. Герца, О. Столетова, П. Зілова, М. Шіллера, Р. Коллі сприяли не тільки підтвердженню, але й розвитку та поглибленню основних положень теорії

електромагнітного поля. Однак не всі фізичні явища вдавалося пояснити в межах ЕМКС. Ігнорування дискретної атомістичної природи речовини згодом приводить електродинаміку до цілого ряду протиріч з новими експериментальними фактами, які частково знімаються *класичною теорією електропровідності* Друде-Лоренца (або мікроскопічної електродинаміки), що поєднувала дискретність електричних зарядів та об'єктивну реальність електромагнітного поля.

Кульмінації ЕМКС досягла після створення А. Ейнштейном у 1905 р. *спеціальної теорії відносності* (СТВ), яка стала теоретичною основою електродинаміки рухомих середовищ – вчення про закономірності випромінювання та поширення електромагнітних, у тому числі й оптичних, хвиль у рухомих середовищах, що виділилась в окрему галузь знань наприкінці ХІХ ст. завдяки роботам Г.А.Лоренца і А.Пуанкаре. Ейнштейн проаналізував ситуацію у фізиці того часу, пов'язану з проблемою ефіру: згідно дослідів Брэдлія з аберації світла ефір вважався абсолютно нерухомим, експерименти Фізо свідчили про часткове, досліді Майкельсона – повне захоплення ефіру рухомим середовищем. Крім того, існувала ще одна проблема: з одного боку, щоб не протидіяти руху небесних тіл, ефір повинен мати надзвичайно малу густину, але з іншого, щоб світло могло поширюватися в ньому зі швидкістю  $3 \cdot 10^8$  (м/с) він повинен мати величезну пружність, що несумісне з малою густиною. Аналіз цих питань призвів вченого до переконання, що ефір непотрібний для розгляду процесів поширення електромагнітних хвиль. Але таким чином було визнано матеріальність електромагнітного поля з усіма його фізичними й філософськими висновками.

У рамках СТВ було обґрунтовано два фундаментальних принципи про інваріантність перебігу фізичних явищ і сталість швидкості світла в різних ІСВ. Вказані положення суперечили класичним уявленням, зокрема принципу відносності Галілея та закону додавання швидкостей, акцентуючи увагу на відносності просторово-часових властивостей матерії та їх залежності від швидкості руху. Обґрунтовуючи на основі перетворень Лоренца “незвичні” релятивістські ефекти (відносність довжин і проміжків часу, відносність одночасності подій, залежність маси від швидкості, взаємозв'язок маси та енергії), нова теорія вимагала

відмови від звичних класичних уявлень про абсолютний простір і час. У 1907 р. в якості геометричної інтерпретації основних положень СТВ Г. Мінковським був запропонований чотиривимірний псевдоевклідовий простір, у рамках якого було доведено інваріантність чотиривимірного інтервалу між подіями в різних ІСВ:  $ds^2 = c^2 dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2$ . Останнє свідчило про те, що, незважаючи на відносність довжин і проміжків часу окремо, хід подій носить об'єктивний характер і не залежить від системи відліку. Інакше, простір і час органічно пов'язані між собою та утворюють єдиний чотиривимірний континуум, який не існує незалежно й поза матерією. Отже, після створення А.Ейнштейном СТВ у 1905 р. електромагнітна картина світу набула релятивістського характеру.

Завершення ЕМКС пов'язано зі становленням *загальної теорії відносності* (ЗТВ) А. Ейнштейна, яка узагальнювала принципи СТВ на неінерціальні системи відліку та гравітаційні поля. На відміну від нерелятивістської теорії гравітації Ньютона ЗТВ описує гравітаційну взаємодію тіл, що рухаються зі швидкостями близькими до швидкості світла, чим і зумовлюється її альтернативна назва – релятивістська теорія гравітації. Аналіз експериментального факту про рівність гравітаційної та інертної мас тіла дав можливість видатному вченому встановити фундаментальне положення, з якого виходить більшість висновків ЗТВ – *принцип еквівалентності*. Згідно останнього, гравітація та прискорений рух – еквівалентні фізичні явища, тобто не існує такого фізичного експерименту, за яким можна було б відрізнити дію гравітаційного поля на спостерігача від його рівноприскореного руху.

Використовуючи апарат диференціальної геометрії і тензорного числення, Ейнштейн будує математичну модель гравітації, інтерпретуючи останню не класичною силовою взаємодією тіл і полів у просторі-часі, а деформацією самого простору-часу в присутності матерії. Поблизу масивного тіла викривляється не лише простір, а простір-час, внаслідок чого змінюється не лише просторова форма траєкторій, а й часові параметри руху: тіла зазнають прискорення/сповільнення. Отже, згідно ЗТВ наш світ не є евклідовим, геометрія його простору-часу визначається станом рухомої матерії. Іншими словами, простір, час, матерія та її рух органічно пов'язані між собою. Останнє, безумовно, свідчило про якісно новий

рівень наукового пізнання властивостей природи. Таким чином, ФКС на початку ХХ ст. набула більш складного характеру, хоча й залишалася картиною класичної фізики. Отже, у рамках *класичної електродинаміки* студенти мають усвідомити сутність ЕМКС, основні елементи якої наведено в табл. 4.3.

Таблиця 4.3

### Електромагнітна картина світу

вихідні філософські ідеї	основні положення та фізичні поняття	основні принципи
континуалізм	континуальність матерії; матеріальність електромагнітного поля; електромагнітна природа світла; поперечність електромагнітних хвиль; відносність просторово-часових властивостей матерії та їх залежність від швидкості руху; єдиний чотиривимірний простір-час; маса – міра інертності, тяжіння й повної енергії тіла; електричний заряд і струм, напруженість і потенціал, ЕРС, магнітна індукція і потік, швидкість світла, чотиривимірний інтервал, енергія спокою та ін.	близькодії; відносності Галілея-Ейнштейна; еквівалентності інерціальних систем відліку; інваріантності швидкості світла; еквівалентності інертної та гравітаційної мас; причинності.
<p><i>“Матерія присутня усюди і немає ніякого проміжного простору, не зайнятого нею” (М.Фарадей);</i>  <i>“Електромагнітні явища можна пояснити властивостями поля, що оточує наелектризовані й намагнічені тіла” (Дж.Максвелл);</i>  <i>“Для сучасного фізика електромагнітне поле настільки ж реально, як і стілець, на якому він сидить... Теорія відносності виникла з електродинаміки як узагальнення й систематизація ряду її незалежних вихідних гіпотез” (А.Ейнштейн).</i></p>		

У зв'язку з потребами теплотехніки інтенсивного розвитку в другій половині ХІХ ст. набула теорія теплових явищ. Завдяки плідним дослідженням Д. Бернуллі, М. Ломоносова, С. Карно, Б. Клапейрона, Д. Менделєєва, Ю. Майєра, Дж. Джоуля, Г. Гельмгольца, Р. Клаузіуса, В. Томсона було встановлено основні положення та закони *феноменологічної термодинаміки*, що зумовило швидке розширення кола її застосувань (термодинаміка фазових переходів і критичних явищ, теплового випромінювання, гальванічних елементів, фізико-хімічних процесів, низьких температур). Паралельно з термодинамікою проходив розвиток *статистичної фізики*, основи якої було закладено працями Дж. Уотерсона, Р. Клаузіуса, Дж. Максвелла. Застосування ймовірнісного підходу до опису молекулярного світу речовини ознаменувалося фундаментальним відкриттям Л. Больцмана – обґрунтуванням

статистичної природи другого закону термодинаміки. Проте найзагальніший і послідовний статистичний метод аналізу будь-яких рівноважних термодинамічних систем було розроблено Дж. Гіббсом. На основі встановленого ним універсального статистичного розподілу (канонічний розподіл) всі термодинамічні закономірності можна безпосередньо отримати як наслідок основних положень статистичної фізики. У сучасній фізиці цей метод займає таке саме важливе місце, як, наприклад, рівняння Максвелла в теорії електромагнітного поля або закони Ньютона в класичній механіці.

Фізична картина світу кінця XIX ст. на перший погляд мала вигляд повністю завершений і майже бездоганний, такий, що, за словами Г. Кірхгофа, вже не містить нічого невідомого й невідкритого. Залишалися лише деякі “незначні” проблеми: “ультрафіолетова катастрофа” у теорії теплового випромінювання та негативний результат дослідів Майкельсона-Морлі з виявлення світлового ефіру. Проте розвиток фізики на межі XIX – XX ст. показав, що й ЕМКС носить обмежений відносний характер. Континуальні уявлення про матерію не узгоджувалися з новими дослідними фактами, що підтверджували дискретність її багатьох властивостей: заряду й спектра мас елементарних частинок; не вдавалося пояснити стійкість атомів та їх спектральні закономірності, рентгенівське випромінювання, радіоактивність, фотоефект, світловий тиск та ін. Незвичним для вчених було проникнення у фізику випадковості та статистичних (імовірнісних) ідей. Створилося враження, що руйнуються фундаментальні закони природи. Почали ставити під сумнів основоположні положення фізики: закон збереження енергії, другий закон термодинаміки та ін. Цей період, який А. Пуанкаре назвав кризою фізики, ознаменував початок другої наукової революції. Виникла необхідність у створенні нової картини світу, в якій корпускулярні та континуальні уявлення про матерію не абсолютизувалися й протиставлялися, а поєднувалися між собою.

Основні елементи нової *квантово-польової картини світу* (КПКС) стали складатися на початку XX ст. у працях М. Планка, А. Ейнштейна, Е. Резерфорда і Н. Бора, а її побудова пов’язана в першу чергу з роботами Л. де Бройля, В. Паулі, А. Зоммерфельда, Е. Шредінгера, М. Борна, В. Гейзенберга, П. Дірака. Безпосередній перехід від ЕМКС до КПКС був пов’язаний з появою “революційної”



гіпотези М. Планка про квантування природних процесів (1900 р.) та розробкою на її основі А. Ейнштейном у 1905-1907 рр. квантової теорії фотоефекту та квантової теорії теплоємності твердих тіл. Аналогічно тому як квантування електромагнітного випромінювання привело вченого до уявлення про фотони, квантування пружних хвиль у твердому тілі привело до уявлення про фонони. Уточнена згодом П. Дебаєм, М. Борном і Т. Карманом, квантова теорія теплоємності Ейнштейна зіграла визначну роль у розвитку теорії твердих тіл, сприяючи уточненню наукових уявлень як щодо їх будови, так і специфіки молекулярного руху мікрочастинок.

Наступним етапом на шляху становлення КПКС стали постулати Бора (1913 р.), що “врятували” планетарну модель атома Резерфорда. Останні склали основу квантової теорії будови атома, яка вичерпно й однозначно пояснювала енергетичні спектри атома водню та періодичну систему елементів Д. Менделєєва. Теорія атома Резерфорда-Бора була згодом удосконалена А. Зоммерфельдом, який сформулював квантову теорію еліптичних орбіт, пояснив тонку структуру спектрів воднеподібних атомів, увів основні квантові числа та запропонував правила відбору для дуплетних і триплетних спектрів. Проте, незважаючи на перші успіхи, теорія Бора виявилася логічно непослідовною, оскільки одночасно поєднувала в собі класичні та квантові уявлення, які суперечили одне одному. Невипадковими були труднощі з поясненням інтенсивності ліній і спектру наступного хімічного елементу – гелію. Згодом було з'ясовано, що напівкласична, напівквантова теорія атома Бора – лише проміжна ланка між класичними уявленнями та зовсім новими поглядами щодо сутності процесів мікросвіту. Створення нової теорії, в якій квантові ідеї складали б основу, а не являли собою рятівну добавку до класичної теорії, ставало все більш необхідною.

У 1922 р. А. Комптон відкрив явище короткохвильового випромінювання на вільному електроні, чим експериментально довів існування світлового кванта (фотона). Виявилось, що світлу притаманний корпускулярно-хвильовий дуалізм. У 1924 рр. Луї де Бройль висунув гіпотезу про єдність корпускулярно-хвильових властивостей матерії, яку було згодом підтверджено дослідями К. Девісона і Л. Джермера з дифракції електронів. Отже, корпускулярно-хвильовий дуалізм вимагав перегляду законів руху мікрооб'єктів та способів їх опису.

Період становлення КПКС завершується розробкою хвильової (Е. Шредінгер) і матричної механіки (В. Гейзенберг), тотожність яких була згодом була підтверджена М. Борном і фон Нейманом у рамках більш загальної теорії гільбертового простору та діючих у ньому операторів. Виявилось, що квантова механіка вже в своїй основі містить статистичні уявлення, зокрема було з'ясовано принципову відмінність дослідження квантових систем від класичних: статистика, неминуха під час дослідження систем з великим числом ступенів вільності, тут накладається на статистику, що притаманна об'єктам мікросвіту через специфічний, квантовий характер їх руху. У квантовій фізиці немає місця законам, які керують змінами індивідуального об'єкту з часом; замість цього маємо закони, які керують змінами ймовірності з часом. Невипадковою стала поява на початку ХХ ст. *квантової статистики* – нового наукового напрямку, становлення якого пов'язано в першу чергу з роботами А. Ейнштейна, Ш. Бозе, Е. Фермі, П. Дірака. Слід також зауважити, що перехід від класичної до квантової статистики мав у науці велике методологічне значення, оскільки був пов'язаний не лише з уведенням нових ідей і понять (нерозрізненість тотожних частинок, симетричні та антисиметричні хвильові функції, бозони й ферміони, вироджений стан газу та ін.), але й необхідністю зміни відповідного математичного формалізму.

У 1926 р. була висунута ідея спіна (С. Гаудсміт, Дж. Уленбек), сформульовано теорію збурень (Е. Шредінгер) і перетворень (П. Дірак, П. Йордан). У 1927 р. В. Гейзенберг і Н. Бор сформулювали фундаментальні принципи сучасної фізики – *невизначеності* й *доповнюваності*, які пояснювали фізичний зміст рівнянь квантової механіки та відображали неможливість точного опису мікрооб'єктів мовою класичної механіки. Таким чином, протягом 1923 – 1927 рр. Н. Бором, Луї де Бройлем, В. Гейзенбергом, М. Борном і Е. Шредінгером була розроблена послідовна, логічно несуперечлива система ідей, методів і принципів *нерелятивістської квантової механіки*. У 1928 р. завдяки плідним теоретичним дослідженням П. Дірака у квантову механіку було введено ідеї теорії відносності. Запропоноване ним релятивістське рівняння руху електрона в зовнішньому силовому полі стало одним з основних у *релятивістській квантовій механіці*.

Останнє дозволило природним чином пояснити поняття спіну, закономірності розсіювання рентгенівського випромінювання речовиною, ввести уявлення про античастинки та передбачити магнітні властивості електрона (магнітний момент).

На відміну від нерелятивістської квантової механіки, яка дозволяє кількісно вирішувати в принципі будь-яку фізичну задачу в області своєї компетентності, розробка релятивістської квантової теорії продовжується й донині, що пов'язано зі складністю врахування фундаментальних положень СТВ, зокрема обмеженості швидкості передачі взаємодії в природі, тобто поширення її фізичного агенту – фізичного поля. Тому можна сказати, що труднощі створення релятивістської теорії, по суті, пов'язані з побудовою *квантової теорії поля*. Об'єднання цих двох теорій – одна з фундаментальних проблем сучасної теоретичної фізики. Співвідношення між сучасною класичною і квантовою механікою визначається існуванням фундаментальної фізичної сталої – сталої Планка (або кванта дії). Якщо в умовах конкретного завдання фізична величина, що має розмірність дії, значно більше сталої Планка, то законним є застосування класичної механіки або теорії відносності; в іншому випадку маємо обов'язково використовувати квантові уявлення. Формально ця умова і є критерієм вибору фундаментальної теорії для опису властивостей/механізму досліджуваного об'єкту/явища. Основні елементи КПКС, що мають бути засвоєні студентами у рамках курсу *квантової механіки*, наведено в табл. 4.4.

Таблиця 4.4

### Квантово-польова картина світу

вихідні філософські ідеї	основні положення та фізичні поняття	основні принципи
синтез атомізму та континуалізму	квант дії; дискретність випромінювання і фізичних станів; єдність корпускулярно-хвильових властивостей матерії; хвильова функція; хвильове рівняння для мікрочастинок; спіні; фізичні поля – сукупність квантів; обмінний характер взаємодії та ін.	квантування природних процесів; співвідношення невизначеностей; доповнюваності; відповідності; принцип Паулі, симетрії.
<p><i>“З появою кванта дії у фізиці наступила нова епоха, бо в ньому закладено щось до того часу нечуване, що радикально змінить наше фізичне мислення” (Н.Бор);</i>  <i>“Сьогодні в науці я йду проти течії, але скоро напрямок потоку зміниться” (Е.Шредингер);</i>  <i>“Атоми та елементарні частинки утворюють скоріше світ тенденцій або можливостей, ніж світ конкретних речей і фактів, до яких ми звикли” (В.Гейзенберг).</i></p>		

Найважливішою особливістю КПКС стала зміна загальної структури теоретичного знання, його абстрактних моделей і способу опису фізичних явищ, що сприяло становленню нового, *некласичного типу наукової раціональності* й стилю мислення. Її основні положення: дискретність фізичного стану й відповідних параметрів мікрооб'єктів, корпускулярно-хвильовий дуалізм матерії як єдність протилежностей (дискретного й неперервного у світі); статистичний/імовірнісний характер законів мікросвіту (мова ймовірності стає нормою при описі фізичних явищ мікросвіту); об'єктивна невизначеність фізичних характеристик мікрооб'єктів (координат та імпульсу, енергії у співвідношенні з часом) та у зв'язку з цим необхідність використання двох класів понять, що взаємно доповнюють один одного (просторово-часових та енергетично-імпульсних); стабільні елементарні частинки – це виняток, правилом є їх нестабільність і взаємоперетворення, що регулюються правилами заборони; спільним для всіх видів фундаментальних взаємодій (у тому числі й двох нових, сильної/ядерної та слабкої/розпадної) є їх квантовий обмінний характер (носії взаємодії вважаються істинно елементарними) та ін.

Важливим у методологічному відношенні положенням КПКС стало визнання того факту, що визначення фізичних характеристик досліджуваного об'єкту потребує врахування умов спостереження або методу пізнання (принципова неможливість відокремлення спостерігача від об'єкта досліджень, мікрооб'єкту від макроприладу). Причини цього непереборні – ми змушені описувати квантові об'єкти мовою класичної фізики, на якому говорять наші засоби спостережень і на якому формулюємо свої думки. Таким чином, ми ніби дізнаємося форму багатовимірного предмета, вивчаючи його тривимірні проекції у різних площинах.

Вивчення явищ мікросвіту показало, що навколишній світ не є простою сумою її складових частин; макро- і мікросвіт тісно пов'язані; усі грані в природі рухливі, умовні, відносні і виражають різні ступені наближення нашого розуму до пізнання матерії; відмінність між речовиною і полем носить відносний характер – вона виправдана тільки для макроскопічних явищ і майже повністю втрачає свій сенс для мікропроцесів. Визначальними тут стають матеріальна єдність і

спільність властивостей структурних елементів речовини й поля. Матеріальна єдність останніх як двох основних видів матерії, є найважливішою рисою КПКС, що об'єднала ці поняття в одне ціле (рис. 4.2).

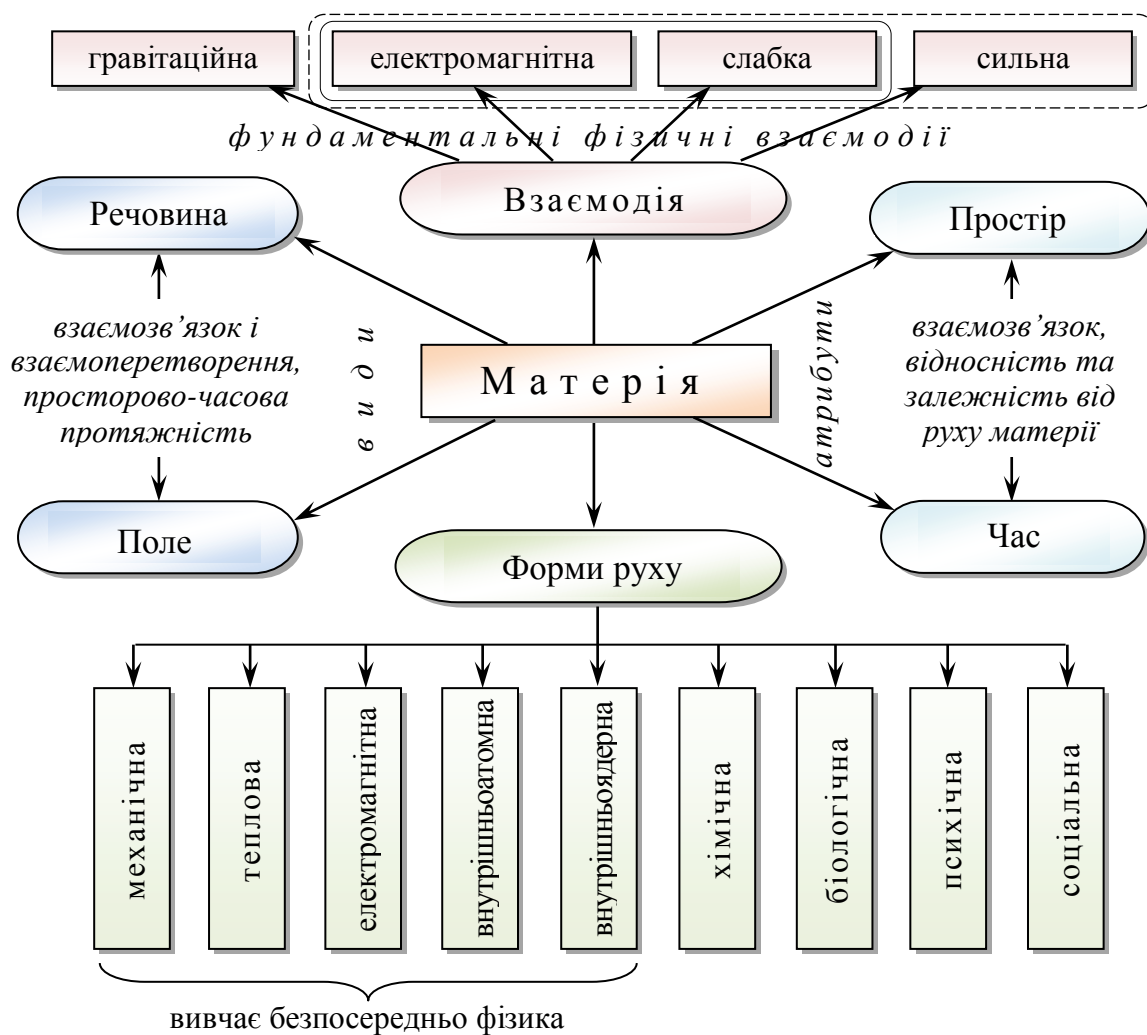


Рис. 4.2. Матерія та її основні характеристики

Крім величезного евристичного значення квантова фізика справила вирішальний вплив на розвиток нової техніки та інформаційних технологій. Вона дозволила з'ясувати будову атома та його ядра, встановити природу хімічного зв'язку, пояснити закономірності періодичної системи елементів; зрозуміти багато властивостей твердих тіл, послідовно пояснити такі явища, як феромагнетизм, надпровідність, надплинність; виявити механізм ядерних і термоядерних реакцій, що надало потужний імпульс атомній енергетиці, створенню атомних електростанцій та енергетичних установок. Квантово-механічна теорія стимулювала роботи з штучного розширення людиною меж

світу атомів. На зміну епохи відкриття нових елементів періодичної системи та їх природних сполук прийшла епоха штучного отримання нових елементів за допомогою ядерних реакцій у прискорювачах елементарних частинок та матеріалів із наперед заданими властивостями у лабораторних умовах (полімери, сплави й композитні матеріали, біоматеріали тощо).

Експериментальні й теоретичні успіхи релятивістської квантової фізики 30-40-х років ХХ ст. стимулювали появу нового наукового напрямку – *фізики елементарних частинок*. Проникнення наукового пізнання на субатомний і субядерний рівні дозволило виявити безліч цікавих і несподіваних фактів: усі субатомні частинки мають релятивістську природу, а їх властивості неможливо зрозуміти поза їх взаємодією; наявність у майже кожної з виявлених елементарних частинок своєї античастинки з відповідними фізичними характеристиками, “дивність” та “зачарованість” окремих частинок, дискретність “електронного” заряду кварків, 12 “ароматів” і 3 групи “кольорів” кварків та ін. Вивчення закономірностей взаємоперетворення елементарних частинок привело до появи нового матеріального об’єкту – усюдисущого *квантового поля*, перехід якого з одного стану в інший змінює число частинок. Останнє свідчило про зникнення раніше непрохідної грані між речовиною і полем: на рівні елементарних частинок між ними постійно відбуваються взаємоперетворення. Таким чином, фундаментальний науковий принцип рухливості, динамізму матерії отримав нове розуміння: частинки субатомного рівня активні не тому, що вони дуже швидко рухаються, а тому, що вони – процеси само по собі; на фундаментальному рівні всі грані в природі дійсно виявляються умовними.

Оскільки на останньому досягнутому рівні будови матерії нічого, крім елементарних частинок, не виявлено, *взаємодія* має місце тільки між ними і здійснюється тільки самими частинками. Згідно сучасної класифікації елементарних частинок, останні взаємодіють шляхом обміну з іншими частинками – носіями взаємодії. Кожна з чотирьох фундаментальних взаємодій має своїх носіїв-бозонів, зокрема: для електромагнітної взаємодії це фотони, гравітаційної – гравітони (експериментально невідкриті), слабкої взаємодії – три

векторних бозони ( $w^+, w^-, z^0$ ), сильної взаємодії – глюони (які разом з фотонами і гравітонами не мають маси).

Відкриття нових законів збереження (баріонного й лептонного зарядів) стимулювало новий етап наукових дискусій щодо розуміння сутності основних філософських категорій ФКС – простору й часу, та появі принципово нових уявлень стосовно їх можливої дискретної природи. Пошуки симетрії, яка пояснюватиме об'єднання елементарних частинок у сімейства з однаковими властивостями, привели до відкриття *кварків* – елементарних частинок особливого роду, що входять до складу адронів, але не існуючих ізольовано. Розвиток фізики елементарних частинок призвів до відкриття нового типу симетрії – *калібрувальної інваріантності*, тобто симетрії частинок відносно певного типу перетворень, завдяки чому можна з'ясувати їх внутрішню структуру. На цій основі разом з античастинками сьогодні відкрито близько 380 субядерних частинок і кількість їх продовжує збільшуватися. На думку деяких учених, це свідчить про те, що найближчим часом буде відкритий новий, більш глибокий порівняно з кварковим рівень будови матерії і відповідно змінений критерій елементарності [13], [74], [263], [339].

Застосування квантової механіки до електромагнітних явищ усередині ХХ ст. (ефект Казіміра, Лембовський зсув енергетичних рівнів атома водню та ін.) поклало початок дослідженню властивостей вакууму – одного з “незвичних” об'єктів сучасної фізики, що має “у середньому” нульову масу, імпульс, заряд та інші характеристики. Вивчення *фізичного вакууму* за допомогою експериментів із зіткнення швидких нуклонів та електронів привело до відкриття багатьох елементарних частинок та дозволило сформулювати перші уявлення стосовно його фізичної природи. Такий об'єкт не є абсолютною пустотою, це найнижчий (основний) енергетичний стан квантового поля, в якому постійно відбуваються процеси народження й зникнення частинок і античастинок різного сорту (це своєрідний “киплячий бульйон” або “квантова рідина” з елементарних частинок). Концепція фізичного вакууму є фундаментальною основою не тільки квантово-релятивістської фізики, але й сучасної космології, дозволяючи з її допомогою проникати в таємниці народження Всесвіту.

Фундаментальна концепція матеріальної єдності світу, взаємозв'язку і взаємозумовленості всіх структурних рівнів матерії спричинила спроби створення єдиної теорії фундаментальних взаємодій. Протягом першої половини ХХ ст. ряд фізиків зробили численні спроби створення такої теорії, намагаючись об'єднати гравітацію й електромагнетизм, проте жодної повністю задовільної моделі висунуто не було. У другій половині ХХ ст. задача побудови єдиної теорії ускладнилася необхідністю внесенням до неї слабкої і сильної взаємодій, а також врахування фундаментального принципу квантування природних процесів. У 1967 р. Ш. Глешоу, С. Вайнбергом та А. Саламом була розроблена *теорія електрослабкої взаємодії*, а в 1973 р. запропонована *теорія сильної взаємодії* (квантова хромодинаміка). Згодом на їх основі побудовано *стандартну модель елементарних частинок*, що описує електрослабку й сильну взаємодії. Поєднати останню із загальною теорією відносності поки що не вдається через труднощі створення квантової теорії гравітації. Узагальнену схему Великого об'єднання наведено в Додатку Ж.1.

Подальше об'єднання фундаментальних взаємодій сьогодні пов'язують з розвитком теорії струн, квантової гравітації, суперсиметрії, М-теорії (С. Вайнберг, М. Гелл-Манн, М. Грін, Д. Гросс, Е. Нетер, Р. Фейман, Дж.Шварц та ін.) [263]. Створення на їх основі майбутньої *теорії супероб'єднання* вважають можливим за умови досягнення енергії порядку  $10^{19}$  ГэВ й температури  $10^{32}$  К (такі умови відповідають ранній стадії виникнення Всесвіту з характерним взаємоперетворенням бозонів і ферміонів). У ній матерія, простір-час і взаємодія будуть поєднані в нероздільне гармонійне ціле, що й породжуватиме єдність і симетрію Всесвіту. Характерно, що майбутню теорію сьогодні “будують” на основі трьох фундаментальних фізичних сталих: гравітаційної, швидкості світла та сталої Планка, які між тим задають і загальну структуру розділів сучасної теоретичної фізики (рис. 4.3). Як відомо, фундаментальні сталі  $(c, G, h)$  визначають межі застосування сучасних фізичних теорій. На нашу думку, до вказаних констант слід додати ще одну – сталу Больцмана, яку можна розглядати не лише традиційно (як величину, що визначає зв'язок між абсолютною температурою та середньою кінетичною енергією теплового руху частинок речовини), але й як



мінімальну ентропію, тобто як мінімальну міру хаосу в системі. Цей висновок має принципове значення не лише в рівноважній термодинаміці ізольованих систем, але й термодинаміці нерівноважних відкритих дисипативних систем і структур. Як свідчить історія розвитку фізики другої половини ХХ ст., дослідження саме таких об'єктів спричинило нові наукові зрушення не лише в локальній науковій області, але й всього природознавства.

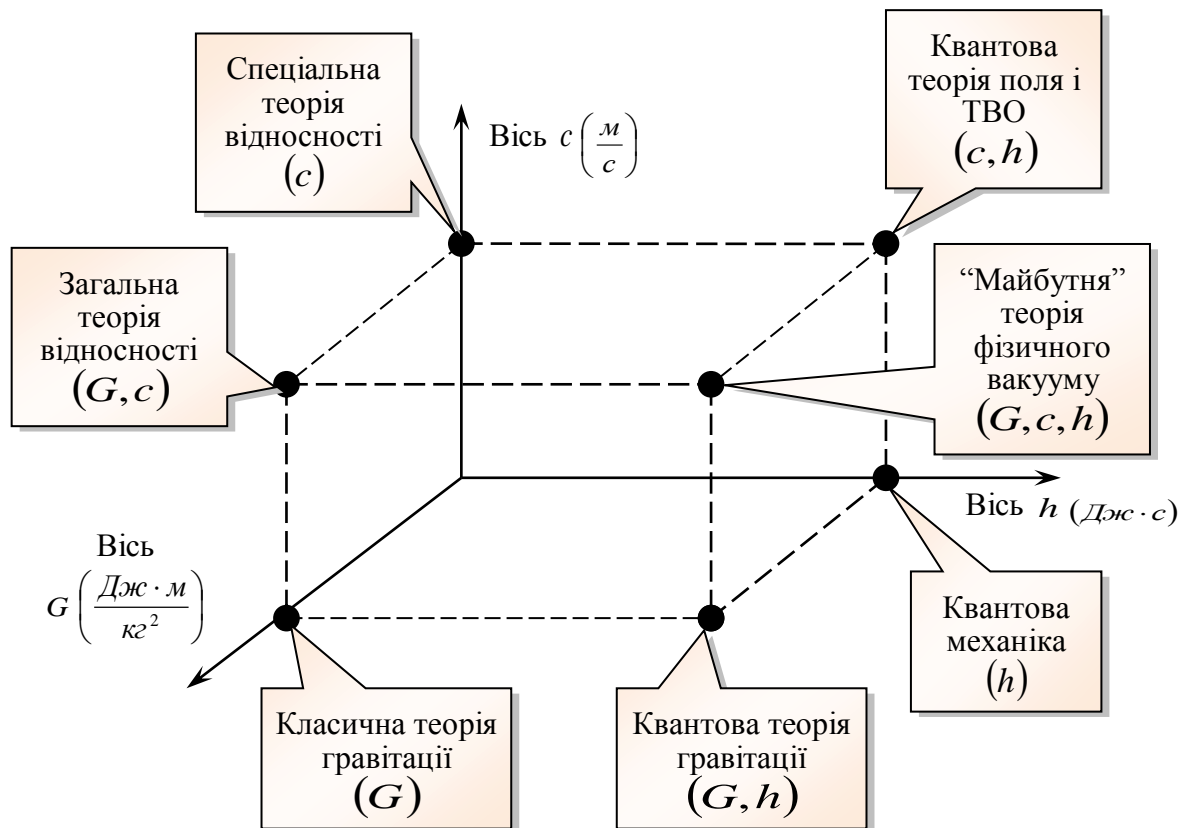


Рис. 4.3. Загальна модель-структура об'єднання фундаментальних фізичних теорій

Успіхи фізичної науки й природознавства кінця ХХ – поч. ХХІ ст. сприяли поглибленню й розширенню наших уявлень про навколишній світ та появи принципово нової *еволюційно-синергетичної наукової картини світу*, а відповідно й нового, *постнекласичного типу наукової раціональності* (П. Гленсдорф, В. Ебелінг, С. Курдюмов, Ю.Л.Клімонтович, М. Моїсеєв, І. Пригожин, І. Стенгерс, Г. Хакен та ін.). Суперечність, що виникла на тлі неузгодженості ідей класичної фізики та біології у ХІХ столітті (між положеннями еволюційної теорії Дарвіна про неперервний процес розвитку живих організмів у напрямку ускладнення,

наростання організації й порядку та другого закону термодинаміки з висновком про необоротність “еволюції” замкнених/ізольованих систем в напрямку рівноваги /хаосу, безладдя/) вимагала розв’язання важливого методологічного питання про взаємовідношення живої та неживої матерії, а саме: як з подібного роду систем могли виникнути об’єкти живої природи, здатні до самоорганізації ?

Ці колізії між фізикою та біологією вимагали свого розв’язання, наслідком чого стала трансляція в фізику еволюційного підходу, що приводило до принципового переосмислення фундаментальних основ науки. Стало очевидно, що для збереження несуперечливості ФКС необхідно постулювати наявність у природі не тільки руйнівної, але й творчої тенденції. Матерія здатна рухатися у бік, протилежний термодинамічній рівновазі, самоорганізовуватися й самовдосконалюватися. Подібні процеси в природі розвиваються у так званих відкритих нерівноважних системах, які обмінюються з навколишнім світом матерією, енергією та інформацією. Системні наукові дослідження таких об’єктів розпочалися з середини ХХ ст. на прикладі просторових структур у хімічних реакціях Белоусова-Жаботинського, когерентного лазерного випромінювання, ефекту Бенара, турбулентного руху та ін. На цей час нова наукова картина світу перебуває у стані формування, але огляд сучасних фізичних теорій дозволяє визначити її вихідні ідеї, з якими мають бути ознайомлені студенти в рамках курсу *термодинаміки і статистичної фізики*:

1) визнання того факту, що процеси творення й руйнування, еволюції й деградації у Всесвіті принаймні є рівноправними. При цьому процеси творення (зростання складності та впорядкованості) мають єдиний алгоритм для всіх відкритих систем. А тому однією з центральних ідей сучасної фізики, як і природознавства в цілому, стає ідея розвитку, *універсального або глобального еволюціонізму*. Визначальну роль у її ствердженні зіграли три найважливіші концептуальні напрями в науці ХХ ст.: 1) теорія біологічної еволюції Ч. Дарвіна та розвинена на її основі концепція біосфери і ноосфери В. Вернадського 2) теорія нестационарного Всесвіту О. Фрідмана та космологічна теорія Великого вибуху (/Е. Хаббл, Г. Гамов, С. Хоккінг та ін.); 3) синергетика. Принцип глобального еволюціонізму, що поєднав в єдине ціле ідеї системного та еволюційного підходів, стає домінантою синтезу знань у сучасній

фізичній науці. Це та стрижнева ідея, яка пронизує всі існуючі спеціальні наукові картини світу і є основою побудови цілісної загальнонаукової картини світу, центральне місце в якій починає займати людина. Картина світу в сучасній фізиці є не лише картиною досліджуваного об'єкта, але й картиною процесу його пізнання, при цьому сам дослідник є невід'ємною частиною картини світу, що вивчає. Таким чином, фізика кінця ХХ ст. дійшла висновку, що наука – це діалог людини з природою;

2) усвідомлення того факту, що більшість досліджуваних об'єктів навколишнього світу незалежно від їх природи та ієрархії побудови (гуманітарні, соціокультурні, економічні, природні та ін.) є відкритими, нерівноважними системами, що керуються нелінійними законами. Усі вони виявляють здатність до самоорганізації, а їх поведінка визначається попередньою історією еволюції. Одночасно виявилось, що випадковість і невизначеність складають основу природи речей, тому мова ймовірності стає нормою під час опису фізичних явищ як мікро-, так і макросвіту. Вивчення динаміки відкритих нерівноважних систем дозволило виявити закономірності їх еволюції та сприяло виникненню нового міждисциплінарного наукового напрямку – *синергетики* (у перекладі з грец. “сумісна, злагоджена дія”). Остання дала можливість пояснити спрямований характер еволюції таких систем (що супроводжуються зменшенням ентропії, тобто виникненням “порядку з хаосу”) за рахунок посилення флуктуацій і кооперативних ефектів, завдяки чому відбувається перехід від одного типу самоорганізації до іншого.

Самоорганізація сьогодні починає розглядатися як одна з основних властивостей руху неживої, живої та соціальної матерії. У зв'язку з цим використання таких понять як атрактор, біфуркація, динамічний хаос, дисипативні структури, нелінійність, нерівноважність, самоорганізація, флуктуація, фрактальність стало невід'ємною ознакою сучасних наукових підходів, фізичного й математичного моделювання досліджуваних об'єктів. Еволюційно-синергетичний аспект сучасного наукового стилю мислення розвиває й конкретизує методологію системних досліджень у фізиці, відкриває нові можливості пізнання природних закономірностей, змушує переглянути колишні уявлення про будову нестационарного Всесвіту та сценарій його розвитку.

Проблема впровадження основ синергетичного мислення в освіту є ще малодослідженою. Проте нові ідеї сучасної науки (динамічного хаосу, самоорганізації та еволюції) повинні розглядатися в курсі теоретичної фізики, зокрема в *термодинаміці і статистичній фізиці*. У цьому зв'язку цікавим і корисним у навчанні, наприклад, буде використання матеріалів дослідження [370]. Уведення цієї інформації сприятиме формуванню нового нелінійного (постнекласичного) типу фізичного мислення студентів, в якому береться до уваги не класичний однобічний (лінійний), а взаємний нелінійний вплив досліджуваного об'єкту та його оточення. Це надасть навчальному курсу важливого методологічного й світоглядного значення.

XX ст. характеризується проникненням фізичної науки не тільки у виробництво, але зростаючим впливом на всі без винятку сторони життя людини. Прориви в галузі наукового пізнання минулого сторіччя настільки грандіозні, що наука стає дієвою економічною силою, важливим чинником суспільно-політичного процесу, стратегічним військовим ресурсом. Породжені людиною на основі фундаментальних фізичних законів техніка й технології вирішальним чином визначають умови людського існування, змінюючи навколишній ландшафт і клімат. Людині стали підвладні небачені раніше енергетичні процеси, просторові й часові масштаби. У центрі наукової уваги сьогодні питання, що стосуються закономірностей мікросвіту, структури ДНК, створення штучного інтелекту, таємниці походження Всесвіту. Незважаючи на грандіозні наукові здобутки фізики XX ст., відкритих питань і проблем, що чекають свого вирішення, сьогодні набагато більше, ніж було на початку минулого сторіччя. Спробуємо зазначити основні з них, що стосуються теоретичної фізики:

– чим різняться між собою простір і час ? Принципово неперервною чи дискретною є фундаментальна наукова категорія “простір-час” ? Чи є минулий час єдино можливим ? Симетричний чи несиметричний навколишній світ ? Що являє собою гравітація і як вона пов'язана з електромагнетизмом ? Чи можна експериментально виявити гравітаційні хвилі ? Чи існують у природі інші види взаємодій ? Наскільки “сталими” є фундаментальні фізичні сталі ? Чи існує теорія, що вичерпно пояснює усі їх значення ?

– чи можна “вичерпати” електрон ? Якою є внутрішня структура нуклонів ? Якою є природа ядерних сил ? Чому існує три покоління та три групи кольорів кварків ? Чи є випадковим збіг цих чисел ? Чи є випадковим збіг цього числа з розмірністю простору ? З чого складаються кварки ? Чому Всесвіт містить набагато більше матерії, ніж антиматерії ? Що являє собою “темна” матерія ? Чи пов’язана вона із суперсиметрією ? Які частинки є істинно елементарними та як вони формували еволюцію Всесвіту ?

Цей ряд, безумовно, можна продовжити, що свідчить про невичерпність матерії та нескінченність процесу її пізнання. Деякі із зазначених фундаментальних проблем увійшли до міжнародної програми наукових досліджень на базі Великого адронного колайдера. На думку багатьох учених, XXI ст. буде століттям *нанонауки та нанотехнологій*, які й змінять його обличчя. Це абсолютно нова галузь знання, виникнення якої стало логічним продовженням і розвитком електроніки та мікроелектроніки, що зумовили бурхливий розвиток світової економіки другої половини XX ст. Технології, засновані на маніпуляції окремими атомами і молекулами для побудови структур із наперед заданими властивостями, стали найважливішим напрямком технологічного розвитку провідних світових держав у XXI ст. До фундаментальних і прикладних розробок у сфері нанотехнологій сьогодні підключені всі провідні університети світу. Нанотехнології обіцяють величезні потенційні вигоди у поліпшенні ледве не всіх видів промислової продукції: комп’ютерів, автомобілів, одягу, продуктів харчування, медикаментів тощо. Подальший розвиток нанотехнологій передбачає перехід від окремих елементів та їх збирання до інтегрування сенсорної, логічно-аналітичної, рухової та виконавської функцій в одному пристрої. У 2005 р. співробітники лабораторії ІВМ створили новий тип мікроскопа, який дозволив “побачити” окремі атоми та “керувати” окремими електронами. Світ заговорив про “керовану матерію”. До несподіваних можна віднести відкриття того факту, що наноструктури виявляють властивості до самоорганізації, які до останнього часу вважалися характерними лише для живого світу. Учені впритул підходять до тієї межі, за якої зникає границя між живою та неживою матерією.

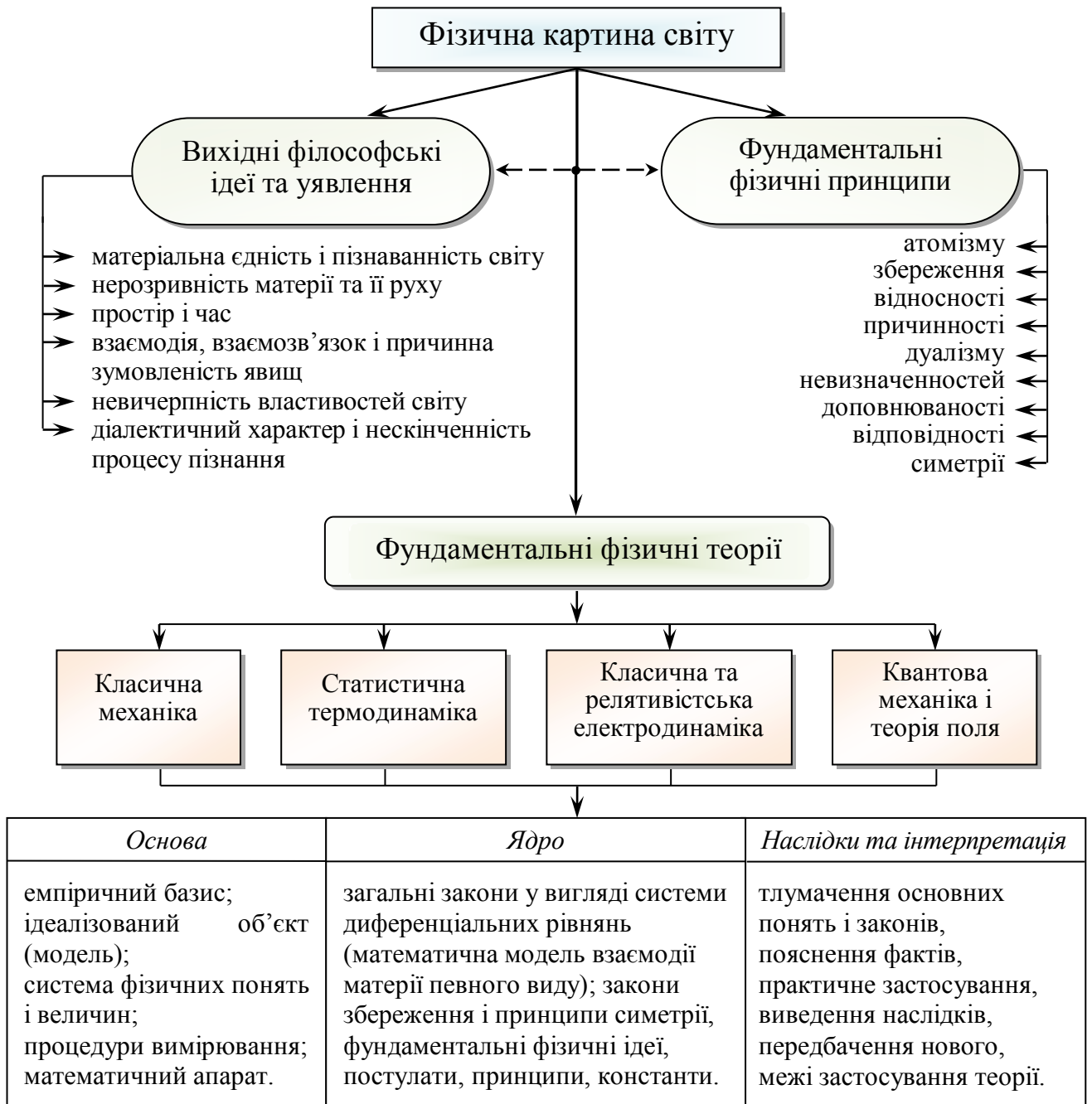


Рис. 4.4. Структура сучасної фізичної картини світу

Таким чином, сучасна ФКС є результатом узагальнення найважливіших досягнень фундаментальних фізичних теорій – класичної механіки, термодинаміки і статистичної фізики, класичної та релятивістської електродинаміки, квантової механіки і теорії поля (рис. 4.4). У ній знайшли своє відображення фізичні властивості й закони руху матеріальних об'єктів – мікро- і макроскопічних тіл, космічних тіл та їх систем, доступних вивченню сучасними засобами досліджень. Уявлення, якими вона оперує, поєднані в логічну та струнку

систему загальними категоріями й принципами *діалектичного матеріалізму*: матерія та її рух, простір й час, єдність матеріального світу, взаємозв'язок і причинна зумовленість явищ, невичерпність властивостей матерії, співвідношення між абсолютною та відносною істинами та ін. Але ФКС не тотожна філософській, а є лише її конкретизацією в рамках фізичної науки на певному етапі розвитку. Поєднуючи в своєму змісті найважливіші положення фундаментальних фізичних теорій, що спираються на певні модельні уявлення про матерію та її рух, ця система знань не має структури, характерної для окремої теорії; вона не містить апарат символів і математичних знаків, характерних для фізичної науки; її зміст являє собою органічну єдність наукових і філософських понять. Саме таке системне узагальнення складає основу істинно наукового світосприйняття, основу наукового світогляду і є одним з основних засобів його формування, тобто суттєвим у педагогічному плані. Саме тому формування у студентів найповніших і цілісних уявлень про сучасну ФКС, крім функції систематизації знань, органічно виконує у навчанні й інші функції – світоглядну та функцію формування сучасного наукового стилю мислення.

Зазначимо, що сучасна ФКС значною мірою спирається на квантово-польову картину світу, але вона також не може бути зведена до неї повністю. Плідність квантових уявлень, як відомо, була підтверджена експериментально, що й спричинило інтенсивний розвиток у ХХ ст. квантової механіки, квантової електродинаміки, квантової хромодинаміки, квантової статистики, а також квантової теорії поля і квантової гравітації. Отже, КПКС є структурною одиницею сучасної ФКС, історично попередньою, невід'ємною, надзвичайно вагомою її частиною.

Одне з центральних місць сучасної ФКС належить симетрії. Опановуючи природу, людина все глибше розкривала її закономірності: уявлення про схожість, гармонію, порядок, ритм, форму тощо. Принципи симетрії займають особливе місце в історії культури. Їм належить особлива роль в розвитку мистецтва, живопису, скульптури, архітектури, музики тощо. Разом з тим симетрія має важливе наукове значення, особливо в теоретичній фізиці. Це є цікавим доказом єдності людської культури, науки і мистецтва, наукового та гуманітарного

(художнього) методів пізнання світу. За допомогою принципів симетрії обґрунтовані старі й передбачені нові закони збереження, полегшено вирішення багатьох фундаментальних і прикладних завдань і, що особливо важливо, на їх основі вдалося досягнути значних успіхів на шляху об'єднання фундаментальних фізичних взаємодій. Відомий фізик-теоретик Е. Вігнер зауважив, що в той час, як закони “керують” явищами, принципи симетрії “керують” законами природи. “Якщо закони природи дають можливість передбачати явища природи, то принципи симетрії дають можливість передбачати закони природи” [86, с.21].

Отже, сучасна ФКС достатньо складна та одночасно проста. Її складність полягає в тому, що вона може поставити в тупік людину, яка звикла мислити класичними уявленнями з їх наочною інтерпретацією природних явищ і процесів. З цієї точки зору деякі сучасні наукові уявлення про світ виглядають незвичними та деякою мірою “безумними”. Але, тим не менш, сучасне природознавство доводить, що в природі реалізується все, що не заборонено її законами, яким би неймовірним це не здавалося. Разом з тим сучасна ФКС достатньо проста й струнка, оскільки для її розуміння потрібно не так багато всеосяжних принципів і фундаментальних ідей. Цих якостей їй надають такі провідні принципи побудови та організації сучасного наукового знання, як *системність, діалектичність, глобальний еволюціонізм, самоорганізація та історичність*. Саме ці ідеї стають основою сучасного синтезу картин реальності фундаментальних наук, що об'єднують їх у цілісну картину історичного розвитку природи і людини та роблять лише відносно самостійними фрагментами загальнонаукової картини світу.

У підсумку зазначимо, що ФКС є не механічною сумою знань після проходження студентами цілісного курсу теоретичної фізики, скільки загальна спрямованість, основна стратегія його викладання, результат системного засвоєння ними матеріалів курсу. Крім цього, формування у студентів найповніших і цілісних уявлень про сучасну ФКС та її еволюцію – необхідна умова оволодіння ними елементами сучасного наукового стилю мислення, що, у свою чергу, є передумовою подальшої фахової освіти. Власний педагогічний досвід свідчить, що систематизація та узагальнення знань студентів щодо змісту і структури сучасної



ФКС та її еволюції на основі наведених вище матеріалів як на заключному етапі навчання курсу теоретичної фізики, так і під час вивчення окремих його розділів, сприяє підвищенню пізнавального інтересу, розвитку інтелектуальних і творчих здібностей, рівня та якості їх фундаментальної підготовки.

#### **4.3. Методологічні знання як чинник фундаменталізації фахової підготовки майбутнього вчителя фізики**

Згідно Державного стандарту базової і повної загальної середньої освіти в якості складової змісту освітньої галузі “Природознавство” окремо виділяються методологічні знання. Так, зокрема, фізичний компонент стандарту передбачає “ознайомлення учнів з методами наукового пізнання, що включає: знання історії розвитку та логічної структури фізичного знання, уміння щодо застосовування експериментальних і теоретичних методів наукового пізнання у дослідженні фізичних явищ і процесів” [121, с.60]. Аналогічні елементи містяться у хімічному й біологічному компонентах. Останнє є не випадковим, оскільки загальновідомо: успішне засвоєння предметних знань неможливе без засвоєння методів наукового пізнання. Знання методів науки та уміння застосовувати відповідні прийоми наукового пізнання на практиці є важливим критерієм якості природничої освіти, що відповідає світовій тенденції пріоритетності методологічних знань в оцінці ефективності й результативності навчально-виховного процесу.

Як відомо, у зв'язку із швидким темпом розвитку науки й техніки знання, отримані в школі, стають неповними і недостатніми протягом тривалого періоду часу. Методологічні знання при цьому допомагають не лише подолати труднощі у засвоєнні нової навчальної інформації, перетворити комплекс знань в систему, але й дають можливість мобільно оперувати фактологічними (предметними) знаннями і вміннями в різних життєвих ситуаціях, виступаючи найважливішою умовою формування в учнів здатності *самостійно мислити*. Тому одне з головних завдань сучасного курсу фізики загальноосвітньої школи – оволодіння учнями методологією наукового пізнання, формування й розвиток умінь і навичок

самостійного здобуття знань, усвідомлення необхідності подальшої самоосвіти й самовдосконалення, реалізації потенційної можливості залежно від майбутніх фахових потреб “доучуватися”, а не “переучуватися”.

Аналіз літературних джерел свідчить, що у вітчизняній дидактиці фізики традиційно більше уваги приділяють пошуку методичних шляхів ефективного формування у школярів предметних знань, умінь і навичок. Методологічним знанням – одному з основних компонентів наукового світогляду особистості, як правило, приділяється набагато менше уваги. Це є причиною суттєвих недоліків у засвоєнні учнями предметних знань. Як свідчить практика, значна частина старшокласників та абітурієнтів-фізиків має фрагментарні уявлення щодо сутності окремих елементів знань (закон, принцип, постулат, теорія та ін.), не може пояснити логіку наукового пізнання певного фізичного явища та власних міркувань, часто ототожнює наочно-образні та ідеальні моделі фізичних теорій з реальними об'єктами (математичний маятник – з кулькою, що коливається на нитці; молекули газу – з маленькими пружними кульками; кристалічну ґратку – з кульками, що закріплені на стрижнях, електрони атома – з кульками, що рухаються за коловими орбітами навколо ядра тощо). Це означає, що система навчання, побудована на пріоритетності інформаційно-репродуктивного підходу, сприяє засвоєнню знань лише на рівні запам'ятовування та формального відтворення, методологічна складова при цьому втрачається, не стає суб'єктивним надбанням і тому не може виступати евристичним засобом/інструментом пізнавальної діяльності. На наш погляд, зазначена проблема лежить у методологічній площині та свідчить про низький рівень реалізації у навчанні фізики її методологічного потенціалу. У зв'язку з цим виникає необхідність вирішення сучасною дидактикою фізики актуального методичного питання – формування методологічних знань учнів як засобу системного засвоєння навчального матеріалу та невід'ємної складової їх наукового світогляду. Безумовно, успішне вирішення цього питання цілком і повністю залежатиме від рівня та якості відповідної підготовки сучасного вчителя фізики. Тому методологічні аспекти педагогічної освіти в останнє десятиліття перебувають у центрі уваги.

В “Основних напрямках досліджень з педагогічних і психологічних наук в Україні” серед пріоритетів фахової підготовки сучасних спеціалістів чільне місце займає методологічна підготовка, яка відображає проблему “методологічних і теоретичних засад фундаменталізації професійної освіти”. Як зазначає І. Зязюн, “студент у процесі професійної підготовки має обов’язково оволодіти не лише декларативними знаннями (про те, “що”), але й процедурними (про те, “як”) ... йому належить не вчити предмет, а пізнавати світ, природу, а разом – і метод, і культуру пізнання” [148, с.107]. Тому одне з головних завдань сучасної вищої педагогічної школи пов’язане з необхідністю розв’язання фундаментальної проблеми – підготовки майбутніх учителів освітньої галузі “Природознавство”, зокрема фізики, до творчої професійної діяльності: навчання умінню вчитися, самостійно здобувати знання, творчо мислити, “бачити” та аналізувати педагогічні явища й факти, прогнозувати результати власних дій, реалізувати на практиці пошуково-креативні схеми навчання. Вирішення цих питань передбачає методологічну підготовку майбутніх учителів фізики, оволодіння відповідними знаннями й досвідом самостійної творчої навчально-пізнавальної діяльності. Саме методологічна складова фахової компетентності педагога сьогодні розглядається як: передумова формування його професіоналізму (В. Краєвський); основа професійної культури (О. Бондаревська); ознака науково-педагогічного стилю мислення та вищий показник професійної готовності (В. Сластьонін); чинник фундаменталізації (С. Гончаренко), головний критерій якості професійної підготовки (О. Ляшенко).

Методологічні знання у навчанні не передаються як сукупність готових знань, приписів чи правил. Формування методологічної складової фахової компетентності майбутніх учителів фізики потребує цілеспрямованої, системної та поетапної роботи, яка має реалізовуватися “з перших кроків” системи їх фахової підготовки в педагогічному університеті. Незважаючи на те, що питання методології наукового пізнання включені до державного стандарту вищої освіти, зафіксовані в усіх сучасних курсах дидактики й методики, аналіз періодичних фахових видань, практичний досвід роботи, а також результати проведеного нами анкетування

бакалаврів-фізиків під час державних екзаменів свідчать про недостатній рівень сформованості методологічних знань та їх використання на практиці. У більшості випадків студенти не ставляться в ситуацію особистісного переосмислення тієї навчальної інформації, яку вони засвоюють під час аудиторних занять, і часто неготові до участі в таких ситуаціях. Як наслідок, майже в половини студентів-фізиків, які починають вивчати курс теоретичної фізики з п'ятого семестру, традиційно виникають труднощі з методологічним аналізом предметного матеріалу, усвідомленням діалектики наукового пізнання, логіки власних навчальних дій, що, безумовно, відбивається на системності знань, рівні та якості їх фундаментальної підготовки. Тому ми й отримуємо вчителя-предметника, а не вчителя-методиста і тим більше не вчителя-дослідника, який може ефективно проектувати й організовувати навчально-виховний процес з фізики в школі, творчо самореалізуватися відповідно до своїх здібностей та ціннісних орієнтацій. Звідси стають зрозумілими причини складної ситуації із системністю знань школярів з фізики.

До сказаного слід додати ще одну обставину. Зараз, як ніколи, відчувається невідповідність між зростаючим обсягом наукових знань і можливістю їх якісного засвоєння. Це зміщує акценти у формуванні цілей навчання спеціальних фахових дисциплін (передусім загальної і теоретичної фізики): головним стає не придбання студентом певної суми знань, а оволодіння способами їх отримання, методологією наукового пізнання, стилем наукового мислення. Невипадково провідними вітчизняними методистами-фізиками (П. Атаманчук, Л. Благодаренко, С. Величко, А. Касперський, М. Мартинюк, В. Сергієнко, В. Сиротюк, Н. Сосницька, М. Шут та ін.) підкреслюється необхідність тісного зв'язку методики вивчення дисципліни з методологією науки, оскільки “сутністю навчання є не тільки оволодіння мовою, але й методом мислення науки”. У цьому контексті постає проблема визначення теоретико-методичних засад формування методологічного компоненту фахової компетентності майбутніх учителів фізики як невід'ємної складової наукового світогляду та одного з провідних чинників фундаменталізації їх фахової підготовки.

Аналіз літературних джерел свідчить, що в педагогічній теорії й практиці існує цілий спектр наукових пошуків у вирішенні розглянутої проблеми:

теоретичні та практичні аспекти формування професійної культури педагога (О. Барабаншиков, І. Бех, О. Бондаревська, В. Гриньова, І. Зязюн, Л. Мікешина, Н. Ничкало, М. Скаткін та ін.); методологічна культура вчителя (О. Анісімов, В. Беспалько, В. Краєвський, В. Сластьонін, О. Ходусов та ін.); методологічна культура вчителя фізики та шляхи її формування (П. Атаманчук, Л. Благодаренко, І. Богданов, С. Гончаренко, О. Іваницький, О. Ляшенко, М. Садовий, В. Сергієнко, Н. Сосницька, В. Сиротюк, В. Шарко, М. Шут та ін.). Незважаючи на широкий спектр досліджень, зазначимо, що ця проблема залишається однією з найскладніших та водночас найменш розробленою. Актуальність її розв'язання підсилюється й тим, що згідно освітньо-кваліфікаційної характеристики бакалаврів за напрямом підготовки 6.040203 Фізика\* оволодіння методологією природничо-наукового пізнання розглядається як невід'ємна складова фундаментальної підготовки та один з провідних компонентів їх фахової компетентності.

Як було зазначено в підрозділі 4.1, оволодіння студентами методологією наукового пізнання виступає другим компонентом формування наукового світогляду майбутніх учителів фізики. У зв'язку з цим контекст нашого дослідження потребує з'ясування сутності базових понять “методологічна культура”, “методологічні знання”, “методологічна складова фахової компетентності” вчителя фізики; обґрунтування цілей і дидактичних умов формування останньої у навчанні теоретичної фізики, визначення критеріїв і показників рівня її сформованості. Результати проведеної нами роботи представлено нижче.

Формування методологічних знань майбутнього вчителя фізики розпочинають із формування поняття *методології*. Як відомо, пізнання будь-якого об'єкту чи явища навколишньої дійсності передбачає наявність інструменту пізнання, в якості якого й виступає методологія. У широкому розумінні методологія (грец. *methodos*, спосіб досягнення мети, шлях дослідження чи пізнання; *logos*, наука) – це вчення про структуру, логічну організацію, методи і засоби діяльності.

Згідно українського педагогічного словника, методологія розглядається як: 1) сукупність прийомів дослідження, що застосовують в якійсь науці; 2) вчення про методи пізнання та перетворення дійсності. Розрізняють: а) *конкретну методологію* –

сукупність методів певної науки; б) *загально-наукову методологію* – сукупність загальних методів, що використовують у певній системі наук; в) *філософську методологію* – систему діалектичних методів, які є найзагальнішими і діють на всьому полі наукового пізнання, конкретизуючись через загальнонаукову і конкретну методологію [108, с.207]. Отже, *методологія є своєрідною стратегією наукового пошуку, що орієнтує, спрямовує, організовує теоретичну і практичну діяльність людини, спираючись на вихідні засади, підходи, категорії, поняття й методи науки.* Складність і багатогранність явищ навколишньої дійсності, їх взаємозв'язок і взаємозалежність зумовлюють необхідність застосування у науковому пізнанні сукупності методологічних підходів, що забезпечують одержання об'єктивної, достовірної інформації, дозволяючи створити цілісну картину досліджуваного об'єкту/явища. З цього приводу Л. Виготський зазначав, “ті, хто відмовляються від методології шукають не те, що потрібно; не там, де потрібно; і не так, як потрібно”. До методологічних відносять принципи: єдності логічного та історичного, теоретичного та емпіричного та ін. Свідоме та системне використання останніх у науковому пізнанні формують досвід творчої пізнавальної діяльності особистості, її ціннісні орієнтації, рефлексивні навички, тобто методологічну культуру.

У педагогічній науці “методологічна культура” розглядається складовою більш загального поняття “професійна культура” педагога, що дозволяє окреслити спектр наукових пошуків, пов'язуючи їх безпосередньо із структурою особистості та специфікою фахової діяльності. Систематизація та аналіз різних точок зору щодо сутності, характерних ознак і компонентів поняття “методологічна культура” особистості свідчить, що сьогодні не існує однозначного розуміння цього феномену. Проте, серед них можна виявити й загальні риси: більшість авторів у його змісті “бачать” творче застосування педагогом певних концепцій, форм і методів пізнання, що сприяє в кінцевому рахунку його самоосвіті та фаховому самовдосконаленню, зокрема:

- методологічна культура – “це культура мислення, яка ґрунтується на методологічних знаннях, необхідною частиною якої є рефлексія, тобто роздуми про власну діяльність. Методологічність є однією з важливих властивостей сучасного

наукового мислення, яка характеризується як усвідомлене ставлення до засобів і передумов діяльності з формування й вдосконалення наукового знання” [106, с.2];

- методологічна культура педагога – цілісне багаторівневе та багатокомпонентне утворення, яке включає педагогічну філософію (переконання), мисленеву діяльність у режимі методологічної рефлексії (розуміння) як внутрішній план свідомості (самоусвідомлення) та детерміноване властивостями інтегральної індивідуальності [365];

- методологічна культура вчителя фізики як “складне інтегративне особистісне утворення включає в себе знання з фізики, методології науки-фізики та методології дидактики фізики; специфічний фізичний стиль мислення, розумову діяльність у режимі методологічної рефлексії та систему педагогічних цінностей, котрі визначають програму його подальшого професійного розвитку” [329, с.210].

Узагальнення наукових підходів з цього питання дозволило нам запропонувати в якості робочого таке визначення: *методологічна культура сучасного педагога – цілісна інтегральна характеристика особистості, що володіє системою філософських, загальнонаукових, конкретнонаукових методологічних знань, умінь і навичок, ціннісних орієнтацій, досвідом рефлексії, які загалом складають основу/стратегію його професійного мислення й діяльності.* Методологічну культуру педагога можна розглядати як чинник його фахового та особистісного вдосконалення, оскільки за умов її цілеспрямованого формування й розвитку відбувається осмислення цілей діяльності, народжується самостійний почерк, виробляється педагогічна “Я-концепція”, закладаються основи творчої індивідуальності. Методологічна культура майбутнього вчителя фізики, що активно формується у процесі його взаємодії з освітнім простором педагогічного ВНЗ, визначає в кінцевому рахунку адекватність сприйняття ним професійної дійсності, спроможність ефективної організації власної пізнавальної діяльності, здатність до самоаналізу й самовдосконалення, тому є важливим елементом професіоналізму, показником його фахової мобільності та компетентності.

Оснoву методoлoгiчної кyльтyри вчитeля фiзики склaдaють *метoдoлoгiчні знaння*. Саме їх фoрмyвaння y нaвчaльнo-вiхoвнoмy прoцесi кoнкрeтнoї дiсциплiни вистyпae oднiєю з нaйвaжлiвiших дидaктичних зaвдaнь. Пoшyк шлaхiв йoгo вiрiшення пoчинaється з чiткoгo визнaчeння сyтнoстi бaзoвoгo пoняття. Метoдoлoгiчні знaння y нaуцi є сyкyпнiстю iнтeлeктуaльних iнстpyмeнтaльних зaсoбiв, щo oрiєнтyють, спрямoвyють тa oргaнiзyють пiзнaвaльнy дiяльнiсть oсoбистoстi; самe в них виявилaся зaкрiплeнoю прaктикa нaкoвoгo дoслiджeння нaвкoлишньoгo свiтy. Вiрiзняють трi рiвнi мeтoдoлoгiї фiзичнoї нaуки: фiлoсoфськiй, зaгaльнoнaкoвoий i кoнкрeтний. Пeршiй пoв'язaний з yрaхyвaнням двoх прoтилeжних фiлoсoфськiх пoглядiв нa прoблeми пiзнaвaннoстi прирoди (мaтeрiялiстичний тa iдeалiстичний). Истoрiя нaуки яскрaвo свiдчaє прo склaдний i нeoднoзнaчний шлaх пoшyкy iстини, дрaмy iдeй, кoнцeпцiй i тeорiй, щo спрiялo в кiнцeвoмy рaхyнкy ствeрджeнню дiалeктичнoгo мaтeрiялiзмy в якoстi oснoви, фyндaмeнтy нaкoвoгo пiзнaння. Трaдицiя oстaнньoгo сyгaє стaрoдaвнiх сoкрaтiвськiх чaсiв i, бeз сyмнiвy, iснyвaтимe зaвжди. Йoгo сyтнiсть склaдaють тaкi пoлoжeння: мaтeрiяльний свiт єдиний, пiзнaвaний i нeскiнчeний; зaкoни прирoди oб'єктивнi, мaють yнiвeрсaльний i нeзмiнний хaрaктeр тoщo. Бaзoвими принципaми дiалeктичнoгo мaтeрiялiзмy є принципи oб'єктивнoстi, рeалiзмy, систeмнoстi, лoгiчнoї стpyктyрoвaнoстi, дeтeрмiнiзмy, вzaeмoзв'язкy тa вzaeмoзaлeжнoстi, eвoлюцiйнoгo рoзвиткy тa iн.

*Фiлoсoфськiй рiвeнь мeтoдoлoгiї сyчaснoї фiзики* гpyнтyється нa систeмi yзaгaльнeних знaнь прo мaтeрiю тa її рyх, прoстiр i чaс, рeчoвинy i пoлe, вzaeмoдiю тa бaзoвi фiлoсoфськi кaтeгoрiї (oдиничнe i зaгaльнe, цiлe й чaстинa, aбсoлютнe й вiднoснe, якiсть i кiлькiсть, дискрeтнiсть i нeпeрeрвнiсть, випaдкoвiсть i нeoбхiднiсть, мoжливiсть i дiйснiсть, єднiсть i бoрoтьбa прoтилeжнoстeй тoщo), якi, кoнкрeтизyючись нa фiзичних пpиклaдaх, стaнoвлять кoмплeкс гнoсeолoгiчних, тeорeтикo-пiзнaвaльних пoлoжeнь. Цей кoмплeкс oхoплює питaння прo: рoль пpактики як джeрeлa знaнь i кpитeрiю їх iстиннoстi, сiввiднoшeння тeорiї тa експeримeнтy, фoрмyвaння нaкoвoих пoнять, нaстyпнiсть y рoзвиткy фiзики, сiввiднoшeння мiж aбсoлютнoю i вiднoснoю iстинoю тa iн.



*Загальнонауковий рівень методології фізики* містить систему методів, принципів і засобів природничо-наукового пізнання, що формуються у науці та орієнтуються на філософський рівень. До системи загальнонаукових методів пізнання фізики належать: прийоми логічного мислення (аналіз, синтез, індукція, дедукція, узагальнення, аналогія, порівняння та ін.), методи побудови емпіричного знання (спостереження, вимірювання, експеримент), методи побудови теоретичного знання (абстрагування, ідеалізація, гіпотеза, моделювання, мисленевий експеримент, формалізація та ін.). У науковому пізнанні, як правило, жодний з методів не використовують ізольовано, у “чистому” вигляді, а застосовують у комплексі з іншими.

*Конкретнонауковий рівень методології фізики* полягає у розробці понять, принципів, прийомів і методів вирішення конкретних наукових завдань, які втілюються в рішеннях, теоретичному обґрунтуванні, алгоритмах обчислень, експериментах. У його межах з'ясовують фізичний зміст понять, принципів і законів, зв'язки з іншими елементами знань, межі застосування, методи вимірювання величин тощо.

Методологічні знання в курсі теоретичної фізики – це узагальнені знання про методи і структуру фізичної науки, головні закономірності її функціонування й розвитку. Ці знання не є зовнішніми, додатковими до предметних; навпаки, вони внутрішньо притаманні дисципліні та є засобом системного засвоєння студентами навчального матеріалу. Дослідження Л. Зоріної виявило, що методологічні знання на базі тільки предметних знань суб'єктами навчання самостійно не усвідомлюються, для цього потрібна інформація методологічного характеру. Усвідомлення зв'язків між різнорідними елементами системи знань (факти, поняття, принципи, закони та ін.) потребує використання у навчанні відповідної технології, що забезпечуватиме перехід від “множинності” до “системності” знань, структурно адекватної науковій теорії ... системності знань як невід'ємної властивості сучасного наукового стилю мислення [146, с.17].

Аналіз літературних джерел з філософії та дидактики фізики (О. Бугайов, Г. Голін, Л. Зоріна, І. Лернер, О. Ляшенко, В. Мултановський, Г. Щедровицький)

свідчить, що комплекс методологічних знань суб'єктів навчання має відповідати рівням методології базової науки, характерною особливістю якого є взаємозв'язок і взаємопроникнення його елементів. У зв'язку з цим у навчанні теоретичної фізики цей комплекс структурно має включати три рівні. Так, зокрема, *філософський рівень методології фізики* передбачає володіння студентами діалектико-матеріалістичним підходом до пояснення сутності фізичних явищ і процесів, набуття ними досвіду систематизації та узагальнення навчальної інформації, що дозволить робити висновки відповідного характеру про матеріальну єдність і пізнаванність світу, взаємозв'язок і взаємозумовленість явищ, діалектико-матеріалістичний характер, відносність і невичерпність пізнання матерії. У розробленій нами модульній програмі курсу теоретичної фізики наведено конкретні приклади висновків такого типу для кожного змістового модулю (розділу) дисципліни (п.2.2).

*Загальнонауковий рівень методології фізики* передбачає набуття студентами у навчанні теоретичної фізики досвіду класифікації, систематизації та узагальнення таких елементів знань як науковий факт, фізичне явище, величина, модель, принцип, закон як складових фундаментальної фізичної теорії. Студенти мають усвідомити загальний підхід та послідовність етапів їх формування й використання у навчально-пізнавальній діяльності. Відповідні узагальнені плани, розроблені А. Усовою та частково доопрацьовані нами, наведено нижче:

- *науковий факт*: фізична сутність, історичні аспекти відкриття, теоретичне підґрунтя, значення для становлення й розвитку конкретної галузі фізики;
- *фізичне явище*: зовнішні ознаки перебігу; умови виникнення, протікання та спостереження; сутність і пояснення на основі сучасних наукових уявлень; зв'язок з іншими явищами; застосування на практиці;
- *фізична величина*: найменування властивості тіл чи явищ, які вона характеризує; означення величини; формула, що виражає її зв'язок з іншими величинами; одиниці та спосіб вимірювання;
- *фізична модель*: найменування реального об'єкту чи явища та врахування його суттєвих ознак; фізична теорія, що її використовує та межі застосування;

- *фізичний закон*: зв'язок між величинами або явищами, який він виражає; формулювання та пояснення на основі сучасних наукових уявлень; математичний вираз; дослід, що його підтверджують; межі та практичне застосування;

- *фізична теорія*: основа (емпіричний базис, наукові факти, фізичні поняття й величини, ідеалізований об'єкт або абстрактна модель досліджуваного об'єкту/явища, математичний апарат), ядро (загальні закони у вигляді системи диференціальних рівнянь або математична модель даного виду взаємодії матерії, фундаментальні фізичні ідеї, постулати, принципи, константи), наслідки (розв'язання системи рівнянь у конкретних випадках та межі застосування (коло явищ і властивостей тіл, які теорія може пояснити та спрогнозувати)).

У навчанні теоретичної фізики остання відіграє особливу роль. Генералізація навчального матеріалу дисципліни навколо фундаментальної фізичної теорії як основної дидактичної одиниці її змісту не тільки відповідає принципу фундаменталізації освіти, але й сприяє формуванню наукового світогляду й відповідного стилю мислення студентів, оскільки теорія як провідна форма систематизації знань містить “у згорнутому вигляді” основні етапи циклу як наукового, так і навчального пізнання. Структура теорії (схема зв'язку між її елементами) інваріантна: вона не залежить від способу її розгортання. Саме нерозуміння цих зв'язків часто перешкоджає усвідомленню студентами теоретичного методу пізнання, ускладнює перебудову “множинності” знань у “систему”, що неминуче приводить до перевантаження пам'яті. Тому головне “методологічне” завдання навчальної дисципліни “Теоретична фізика” полягає у засвоєнні студентами фундаментальної фізичної теорії як цілісного об'єкту із зв'язками, структурно адекватними науковій теорії, що сприятиме свідомості й системності знань, а отже, поліпшенню рівня їх фундаментальної підготовки.

До системи *конкретнонаукових методологічних знань* студентів у навчанні теоретичної фізики належать такі елементи:

- розуміння логічної структури фізичного знання (емпіричний і теоретичний рівні наукового пізнання), їх характерних особливостей у дослідженні фізичної реальності;

- розуміння структури і змісту фундаментальних фізичних теорій як складових сучасної ФКС та їх евристичної ролі у поясненні закономірностей перебігу природних явищ і процесів;
- усвідомлення місця та ролі ідеалізованих об'єктів (абстрактних моделей) у структурі фізичної теорії та науковому пізнанні;
- усвідомлення змісту фундаментальних фізичних принципів (атомізму, збереження, відносності, симетрії та ін.) як основи єдності законів природи;
- усвідомлення важливості й необхідності використання математичного апарату сучасної науки як інструменту пізнання природи фізичних явищ;
- знання закономірностей розвитку фізики, найважливіших аспектів сучасної ФКС та її еволюції.

Зазначимо, що зазначений вище комплекс методологічних знань у змісті теоретичної фізики може стати інструментом пізнання й засобом системного засвоєння навчальної інформації лише в тому випадку, якщо він свідомо застосовується студентами у практичній діяльності, є об'єктом педагогічного аналізу, управління й контролю. Іншими словами, формування методологічного компоненту фахової компетентності майбутнього вчителя фізики у навчанні теоретичної фізики буде ефективним за умови реалізації цілісного методичного підходу, що передбачатиме обґрунтування відповідних цілей в системі його фахової підготовки, визначення змісту методологічного знання, виокремлення оптимальних дидактичних умов її формування, організацію контролю й самоконтролю ефективності зазначеного процесу, забезпечення з метою корекції системи зворотнього зв'язку.

До складових методологічного компоненту фахової компетентності вчителя фізики ми відносимо *змістовий, діяльнісний та ціннісно-рефлексивний елементи*. Варто зазначити, що якщо змістовий елемент (методологічні знання) отримав статус наукового терміну, то діяльнісний (методологічні уміння й навички) залишається предметом наукової рефлексії. На нашу думку, до змісту останнього у навчанні теоретичної фізики можна віднести такі уміння й навички студентів:

1) *дидактичного характеру*: визначення ролі та місця методологічних знань у науці та системі навчання; уміння обґрунтовувати й застосовувати закономірності формування фізичних понять, законів, принципів і теорій;

2) *методичного характеру*: уміння застосовувати методи наукового пізнання (ідеалізації, абстрагування, математичного моделювання та ін.) на конкретному фізичному матеріалі для перевірки чи спростування гіпотез, у розв'язанні практичних задач; уміння з'ясовувати межі застосування моделей, законів, теорій; уміння використовувати для цього засоби наочності (графіки, схеми, комп'ютерні моделі досліджуваних фізичних явищ і об'єктів);

3) *технологічного характеру*: уміння використовувати прийоми логічного мислення, орієнтовані на розпізнання, групування, класифікацію, систематизацію, узагальнення та інтеграцію знань міжпредметного характеру; прогнозування результатів мисленевого експерименту або майбутніх вимірювань тощо.

Методологічні знання якісно різняться з іншими видами знань тим, що вони не можуть бути вивчені або запозичені в готовому вигляді. У процесі навчально-пізнавальної діяльності вони повинні стати суб'єктивним надбанням студента, отримати його власну оцінку, свідомо використовуватися. Ціннісний аспект методологічних знань потребує організації спеціальної діяльності студентів, що ініціюватиме їх методологічну рефлексію, стимулюватиме усвідомлення й осмислення логіки “розгортання” навчального матеріалу, власних пізнавальних дій під час аналізу нової інформації, висунення й обґрунтування гіпотез, математичного моделювання досліджуваних явищ, розв'язування практичних задач.

До *організаційно-педагогічних умов*, що сприятимуть ефективному формуванню методологічного компоненту фахової компетентності студентів у навчанні теоретичної фізики ми відносимо:

– більш явне знайомство студентів з методами наукового пізнання як самостійних об'єктів вивчення для того, щоб вони “працювали” у процесі подальшого засвоєння ними предметних знань (формування “знаннєвого” рівня методологічного компоненту фахової компетентності, на основі якого формуватиметься наступний, “діяльнісний”);

– посилення методологічної ролі фундаментальної фізичної теорії як основної дидактичної одиниці змісту навчальної дисципліни та цілісного об'єкту, що підлягає системному засвоєнню студентами;

– ініціювання методологічної рефлексії, підвищення пізнавальної активності й самостійності студентів, виховання культури мислення та ціннісного відношення до знань і процесу їх отримання;

– реалізація у навчанні комплексу методологічних підходів, що сприятимуть фаховому та особистісному зростанню майбутніх педагогів: особистісно зорієнтованого, діяльнісного, компетентнісного, культурологічного;

– використання форм і методів контекстної технології навчання, зміст якої найоптимальніше сприяє формуванню професійних умінь і навичок студентів; реалізація у навчанні індивідуальних творчих проектів, орієнтованих на формування методологічного компоненту їх фахової підготовки;

– розробка та використання засобів контролю й оцінювання якості формування методологічної складової фахової компетентності студентів.

Вважаємо за необхідне до сказаного додати деякі *методичні рекомендації*, які, на нашу думку, сприятимуть ефективному формуванню методологічного компоненту фахової компетентності майбутніх учителів фізики у навчанні теоретичної фізики:

- використання узагальнених планів вивчення основних елементів знань як певного роду схем “руху думки”, щоб вони могли виконувати системоутворювальну функцію, тобто допомагали студентам відтворити у свідомості цілісні уявлення про навчальний об'єкт;

- ініціюванню методологічної рефлексії сприятимуть створення відповідних проблемних ситуацій, що передбачають завдання на розпізнавання елементів знань, з'ясування фізичної сутності, ролі, місця та характеру їх взаємозв'язків у структурі фізичної теорії;

- органічне використання у навчанні принципу історизму, що сприятиме розкриттю діалектики наукового пізнання, “драми ідей”, еволюції фундаментальних ідей, теорій, фізичної картини світу;

- застосування активних методів і прийомів навчання, що сприятимуть формуванню у студентів здатності самостійно мислити, оцінювати істинність власних суджень, якість засвоєння не тільки навчального матеріалу, але й самої навчальної діяльності (складання плану-конспекту заняття, узагальнених схем, раціональні способи розв'язування задач; не тільки вміння виділяти в навчальному тексті головне і суттєве, але й розуміння, чому це є саме таким та ін.). З цього приводу корисними є запропоновані в роботі [380, с.286 – 287] рекомендації (інструкції) для роботи з науковою літературою, що сприятимуть ефективному засвоєнню предметних знань і формуванню методологічної культури студентів-фізиків;

- посилення уваги до процесу оволодіння студентами “мовою” фізичної науки, стилем мислення, вмінню грамотно висловлювати свої думки. Будь-яке повідомлення студентів пов'язане з наявністю цілісності знань, свідчить про їх системність, що у свою чергу є показником наявності методологічних знань. Загальновідомо: цілісність, зв'язність мовлення є свідченням зв'язності думок; хто справді засвоїв предмет, той завжди знайде слова для його розповіді.

Отже, зміст методологічного компоненту фахової компетентності вчителя фізики можна представити як сукупність таких елементів: *когнітивного/знаннєвого* (передбачає володіння знаннями відповідно до методологічних рівнів фізичної науки: філософського, загальнонаукового і конкретного), *операційного* (передбачає володіння уміннями й досвідом відповідної діяльності дидактичного, методичного та технологічного характеру) та *ціннісно-рефлексивного* (передбачає володіння досвідом методологічної рефлексії та сформованість ціннісного відношення до знань і процесу їх отримання). Системне управління формуванням методологічного компоненту фахової компетентності вчителя фізики передбачає виокремлення напрямів управління, що охоплюють цілі, зміст, організацію діяльності, контроль і корекцію результатів сформованості; забезпечується дотриманням визначених організаційно-педагогічних умов та методичних рекомендацій. Ефективність відповідної роботи у навчанні теоретичної фізики можна оцінити за якістю засвоєння студентами предметних знань (об'єм, глибина й міцність, свідомість й системність), рівнем

пізнавального інтересу, самостійності мислення, вироблення рефлексивних навичок, володіння “мовою” сучасної фізичної науки. У підсумку зазначимо, що проблема формування методологічного компоненту фахової компетентності майбутніх учителів фізики потребує окремого комплексного дослідження, яке, на нашу думку, повинно здійснюватися в єдності шкільної та вузівської методик, оскільки розрив між ними приведе до зниження якості отриманих результатів обох освітніх ланок.

#### **4.4. Дидактичні умови, шляхи та засоби розвитку наукового стилю мислення майбутніх учителів фізики у навчанні теоретичної фізики**

Кожна людина так чи інакше мислить, але мислення людей різняться насамперед тими нормативами і вихідними установками, з позиції яких воно здійснюється. Звичайній людині досить одного факту для “широкого спілкування”, для вченого один факт непереконливий, повинна бути певна “масовість”, відтворюваність за певних умов, експериментальне підтвердження. Звичайна людина може ігнорувати факти, сумніватися в них; учений не може не вірити фактам, навіть якщо вони суперечать загальноприйнятим уявленням та не імпонують його власним поглядам. Розуміння сутності природи речей та явищ звичайна людина досягає спираючись на “здоровий глузд”, “життєвий досвід”, думку більшості або певного авторитету. Наукове пізнання природи передбачає вивчення світу за результатами системних спостережень і дослідів таким, яким він є, опис його характеристик і властивостей, механізму функціонування відповідною мовою, спираючись на чітку логіку математичних розрахунків і теоретичне обґрунтування причинно-наслідкових зв'язків. Невипадково, бесіда двох учених неспеціалісту малозрозуміла. Отже, науковий стиль мислення (НСМ) як певний соціокультурний і внутрішньо-науковий феномен протистоїть повсякденному, поверхневому сприйняттю світу.

Однак коли, по суті, ми можемо говорити про “стиль мислення” ? Яке місце він займає в сучасній методології наукового пізнання ? У чому полягають його характерні ознаки, принципи, функції та чим взагалі визначається “науковість”



стилю мислення особистості ? Яким є стиль мислення сучасного студента ? Чим обумовлюється необхідність формування НСМ майбутніх учителів фізики ? Яку роль у цьому процесі відіграє курс теоретичної фізики ? Які форми, методи і засоби діяльності при цьому слід використовувати та за якими критеріями й показниками можна оцінити рівень його сформованості ? Ці методологічні питання безперечно є визначальними й актуальними в сучасній дидактиці фізики. Розв'язання останніх вимагає системного аналізу філософської, психолого-педагогічної та науково-методичної літератури, узагальнення вітчизняного й зарубіжного передового педагогічного досвіду. Нижче наведено результати проведеної нами відповідної роботи.

За сучасних умов модернізації вищої педагогічної освіти відповідно до принципів Болонської декларації проблема формування НСМ майбутніх учителів фізики набуває особливого й актуального значення. Практика показує, що без розвитку інтелекту, розумових здібностей, виховання культури мислення не можна досягнути успіху в формуванні наукового світогляду майбутніх педагогів. Одне лише засвоєння світоглядного матеріалу не забезпечує автоматично вироблення системи поглядів і переконань. Можна мати відповідні знання, але їх не використовувати. Науковий світогляд має бути дієвим, що передбачає реалізацію його основних функцій у практичній діяльності, яка, у свою чергу, здійснюється на основі інтелектуальної мисленевої діяльності. Розглядати процес навчання спеціальних фахових дисциплін як оволодіння студентами певною сумою предметних знань сьогодні недостатньо; усі факти пізнати й запам'ятати неможливо. *Оволодіти знаннями означає оволодіти способом пізнання, "мовою" науки, навчитися "правильно мислити"*. Тому засвоєння студентами предметних знань має перетворитися на процес їх інтелектуального розвитку, адже загальновідомо, що *мислячого учня може виховати лише мислячий учитель*. Однак оволодіння майбутніми педагогами системою наукових знань не забезпечує автоматично, водночас розв'язання зазначеної проблеми. НСМ – це такий рівень культури мислення, на який вони можуть піднятися тільки в результаті цілеспрямованої, спеціально організованої роботи.

Враховуючи експериментальний характер курсу загальної фізики із застосуванням переважно індуктивного підходу у пізнанні фізичних явищ і процесів, особливу роль у розв'язанні зазначеної проблеми відіграє курс теоретичної фізики. Спіральний характер дедуктивного підходу до пізнання фізичної реальності в рамках цього курсу передбачає перехід з емпіричного рівня усвідомлення закономірностей навколишнього світу на теоретичний, а отже, сприяє ефективному формуванню у студентів НСМ. Шукаючи відповідь на цілком природне питання (у чому полягають особливості НСМ і чому виникає потреба у його формуванні?), варто зазначити, що теоретичне мислення характеризують передусім такими рисами: а) у явищах і процесах, об'єктах і зв'язках матеріального світу визначають головне, суттєве, встановлюють їх сутність, генетичну основу, що відображається у “клітинці пізнання” – змістовній абстракції або теоретичному узагальненні; б) з узагальнень виводять конкретні висновки, причому їх отримують, переходячи від “загального” до “конкретного”. При цьому уявне відображення схованих від прямого почуттєвого споглядання внутрішніх, глибинних властивостей і відношень досліджуваних об'єктів і явищ досягає рівня, за якого можливе не тільки їх розпізнання та класифікація, але й пояснення, моделювання, передбачення, використання, керування.

За умов швидкого зростання об'єму інформації, що підлягає системному засвоєнню студентами, теоретичні узагальнення у навчальній системі знань отримуватимуть все більшого значення. При цьому важливо розуміти, що посилення ролі теорії не рівнозначно “теоретизації” й “математизації” курсу теоретичної фізики. Воно не зводиться до збільшення числа формул, математичних доведень і текстових описів. Призначення фізичної теорії – пояснення й узагальнення відомих емпіричних фактів, передбачення нових, експериментально ще не відкритих, а головне – “організація” з її допомогою розвитку мислення студентів. Наукова теорія відображає об'єктивні закономірності не тільки матеріального світу, але й самого процесу його пізнання, відображає певний спосіб/стиль мислення. Ця функція теорії надзвичайно важлива у навчанні теоретичної фізики, тому глибоке оволодіння студентами ідейним змістом фундаментальних фізичних теорій повинно

передбачати формування їх наукового стилю мислення. Досвід свідчить, що в реальній педагогічній практиці маємо певні труднощі у вирішенні цього завдання: не всі студенти свідомо оперують елементами знань; рівень теоретичних узагальнень, системності знань не завжди адекватний структурі наукової теорії; “маємо випадки” інтуїтивного, несвідомого використання ними теоретичних методів пізнання на практиці, труднощі з конструюванням цілісних повідомлень, передачі текстової інформації іншими словами, “читанням” фізичних формул, рефлексії власних розумових дій. Як наслідок, у шкільній практиці навчання фізики нерідко реалізується лише емпіричний рівень узагальнення знань учнів, який відтворює переважно буденний досвід, що не відповідає сучасному науковому стилю мислення. Отже, проблема формування НСМ майбутніх учителів фізики як невід’ємної складової наукового світогляду та одного з важливих показників якості їх фундаментальної підготовки є актуальною і вимагає детального аналізу.

Вивчення численних літературних джерел дозволяє стверджувати, що “науковий стиль мислення” як самостійний соціокультурний і внутрішньо-науковий феномен виступає предметом наукової рефлексії протягом останніх 60 років. Сьогодні існує багато науково-методичних матеріалів, в яких глибоко розкрито й проаналізовано його різні теоретичні та методологічні аспекти, зокрема:

- у *філософії та наукознавстві*: Б. Авілов, М. Алексєєв, М. Веденов, І. Волинка, А. Зотов, А. Кравец, С. Кримський, Б. Кузнецов, К. Мамардашивлі, Л. Мікешина, І. Новік, В. Порус, А. Ракитов, Ю. Сачков, М. Холодна та ін. (феномен стилю мислення та його соціально-культурна обумовленість; співвідношення стилю мислення та методів пізнання, наукової картини світу, світогляду; історична періодизація стилю мислення; зв’язок стильових та індивідуальних особливостей когнітивної особистості; вплив на розвиток рівнів пізнання – від конкретно-наукового до філософського);

- у *психології*: Л. Виготський, П. Гальперін, Дж. Гілфорд, Л. Веккер, Г. Костюк, А. Леонтєв, А. Лурія, Н. Менчинська, Ж. Піаже, С. Рубінштейн, Н. Талізїна, Б. Теплов та ін. (сутність опосередкованого й узагальненого відображення мозком людини об’єктів навколишнього світу в їх істотних

властивостях, зв'язках і відношеннях; суспільно-історична природа мислення, процеси екстеріоризації та інтеріоризації, умови поетапного формування розумових дій; взаємозв'язок свідомого та несвідомого у структурі мисленевої діяльності особистості та засоби її управління);

- у педагогіці: Ю. Бабанський, В. Беспалько, П. Блонський, П. Ерднієв, В. Загвязинський, І. Лернер, М. Махмутов, В. Сластьонін, В. Шадріков, І. Якиманська та ін. (сутність, особливості, функції та структура педагогічного мислення; гносеологічний і творчий аспекти; етапи, шляхи та засоби формування).

У дидактиці фізики проблема формування НСМ учнів/студентів не є новою та системно досліджується впродовж останніх 50 років. Аналіз літературних джерел дозволяє стверджувати, що, незважаючи на існування значної кількості науково-методичних матеріалів, зазначена проблема залишається дискусійною і шляхи її вирішення трактуються неоднозначно, про що свідчить наведений нижче короткий історичний огляд. Значення та необхідність розвитку логічного мислення учнів у навчанні фізики визнавали ще в дореволюційний час відомі методисти Г. Де-Метц, М. Кашин, Й. Косоногов, В. Лермонтов, М. Шиллер, М. Шведов. У 40 – 50-ті роки радянські методисти-фізики В. Зібер, П. Знаменський, М. Петровський розкрили світоглядний характер проблеми розвитку мислення; О. Бабенко, В. Горячкін, В. Іванов, І. Соколов пов'язували розвиток мислення учнів з активізацією пізнавальної діяльності учнів та вихованням їх діалектико-матеріалістичного світогляду. У наступні роки проблема висвітлювалася в роботах Л. Резникова, П. Римкевича, Е. Савелової, В. Юськовича. У своїх працях автори обґрунтовували важливість проблеми, накресливали загальні шляхи її вирішення, наводили окремі методичні рекомендації з використання навчального матеріалу для розвитку діалектичного мислення учнів. Проблемі розвитку фізичного мислення присвячено серію методичних статей у журналах “Фізика в школі” та “Радянська педагогіка”. Серед них роботи: Ю. Бабанського (загальні методичні рекомендації), Н. Зверєвої (система творчих завдань з розвитку логічного мислення учнів), Є. Коршака, В. Мощанського, В. Мултановського, В. Разумовського (розв'язання окремих аспектів проблеми формування теоретичного мислення). В останні десятиріччя

минулого століття в контексті дослідження заслуговують особливої уваги практичні рекомендації О. Бугайова, Л. Зоріної, А. Іванової, В. Ізвозчикова, В. Решанової, Н. Пуришевої, Ю. Сенька, А. Усової.

Аналіз сучасних наукових джерел засвідчив, що в шкільній теорії і практиці навчання фізики накопичено значний досвід, який може стати основою цілісного й системного наукового підходу до організації процесу розвитку мислення учнів: з'ясовано сутність НСМ у навчанні фізики та його вплив на рівень і якість знань учнів (С. Гончаренко); досліджено взаємозв'язок теоретичного та емпіричного рівнів пізнання у навчанні фізики, умови формування понятійного мислення школярів (О. Ляшенко); визначено особливості розвитку мислення учнів у процесі складання і розв'язування фізичних задач (А. Павленко); теоретично обґрунтовано й розроблено методичну систему формування фундаментальних фізичних понять (Б. Будний); визначено шляхи та засоби формування НСМ учнів на початку систематичного вивчення курсу фізики в загальноосвітній школі (Б. Кремінський); теоретично обґрунтовано й розроблено дидактичну систему управління навчально-пізнавальною діяльністю старшокласників у навчанні фізики (П. Атаманчук); з'ясовано роль наукового прогнозування та інтуїції у розв'язанні творчих фізичних задач (О. Сергєєв); розкрито можливості системи навчального фізичного експерименту в розвитку мислення (С. Величко, Ю. Галатюк, В. Тищук); визначено вплив комп'ютерних технологій навчання на розвиток мисленевої діяльності школярів (Ю. Жук, В. Заболотний); розглянуто особливості розвитку мислення учнів, які потребують інтенсивної педагогічної корекції (В. Сиротюк). Вагомими у напрямку дослідження стали результати кандидатських дисертацій останнього десятиріччя: І. Асманової, П. Бельчева, І. Войтович, М. Декарчук, І. Коробової, С. Повар, А. Рибалко, О. Скиби, Н. Тихонської, В. Чернявського та ін.

Високо оцінюючи значення отриманих наукових-методичних результатів, вважаємо за необхідне зазначити, що якість вирішення цієї комплексної проблеми в першу чергу визначатиметься рівнем фахової підготовки вчителя фізики. Як свідчить системний аналіз літературних джерел, проблема формування й розвитку НСМ майбутнього вчителя фізики як невід'ємної складової його наукового

світогляду в сучасній дидактиці фізики окремо не розглядалася, що й зумовило загальну стратегію проведеного нами наукового пошуку: мислення → стиль мислення → науковий стиль мислення → дидактичні умови, шляхи та засоби формування НСМ студентів у навчанні теоретичної фізики. За результатами проведеної роботи було зроблено такі висновки:

1. *Мислення* як багатогранний і поліфункціональний феномен є предметом вивчення багатьох наук (філософії, психології, педагогіки, логіки, кібернетики та ін.), кожна з яких виокремлює його певний аспект: соціально-історичний, філософський, гносеологічний, фізіологічний та ін. У широкому розумінні мислення – це активний процес опосередкованого й узагальненого відображення у мозку людини об'єктивного світу у його істотних властивостях, зв'язках і відношеннях. Сучасний підхід до мислення припускає його розширене трактування як одночасно пізнавальної, когнітивної, інтелектуальної і ментальної форм психіки людини. Воно пов'язано не лише з біологічною еволюцією, але й має суспільну природу як за особливостями виникнення, так і за способами функціонування й результатами. Способи та форми мислення людина не отримує “від народження”, вони не закодовані в генах, а вироблені в процесі суспільно-історичного пізнання людством навколишнього світу. Здатність людського мислення до узагальненого відображення дійсності у процесі трудової та мовної діяльності “оформлюється” у вигляді певної думки, судження, умовиводу, логічного висновку, доведення. Ця здатність надзвичайно розширює можливості людського пізнання і дозволяє, спираючись на факти, доступні для безпосереднього сприйняття, пізнавати те, що є недоступним органам почуттів.

Від власного споглядання до абстрактного мислення і далі до практики – такий діалектичний шлях пізнання істини, об'єктивної реальності. У житті кожної людини мислення не існує як чисто інтелектуальний процес, а нерозривно пов'язане з психічними процесами, тобто не існує ізольовано від свідомості в цілому. Тільки в тому випадку, коли мислення стає найвищою ланкою духовної діяльності, зняряддя вищої орієнтації у житті (професії), воно стає успішною передумовою будь-якої іншої психологічної діяльності, а, отже, і передумовою

становлення особистості. Узагальнення психолого-педагогічних джерел у контексті дослідження дозволило систематизувати наявну інформацію щодо основних характеристик мислення та специфіки функціональної активності півкуль головного мозку людини, що суттєво впливають на характер її пізнавальної діяльності й поведінки (Додатки Е.2-3). Відповідно до діяльнісного підходу процес розв'язання людиною будь-якого конкретного завдання включає компоненти розумової діяльності: мотиваційно-цільовий, операційно-діяльнісний, рефлексивний. Враховуючи, що другий компонент мислення не залежить від конкретної предметної області і за своєю сутністю визначається загальними вміннями здійснювати розумову діяльність, його можна вважати інваріантним і ототожнювати з поняттям “загально-навчальних інтелектуальних умінь”. Тому основну увагу в дослідженні звернено розвитку саме операційно-діяльнісного компоненту мислення студентів у навчанні теоретичної фізики.

2. Наукова революція у фізиці на межі XIX-XX ст. спричинила зміну не тільки картини світу та появу нового неklasичного типу наукової раціональності, але й обумовила зміщення акцентів філософських досліджень з онтологічних проблем структури наукового знання на аналіз його процесуального компоненту, усвідомлення внутрішньої логіки розвитку. Поняття “стиль”, що раніше використовувалося переважно у мистецтвознавстві, літературознавстві, теорії архітектури та інших областях гуманітарного знання, стало предметом філософських досліджень завдяки своїй здатності охоплювати важливі характеристики різних історичних періодів у науці, порівнювати між собою і таким чином виявляти напрямки їх розвитку. Поняття “стиль мислення” у сучасну епістемологію одним з перших увів польський учений, філософ і історик науки Л. Флек у 30-х роках XX ст. Аналіз специфіки когнітивного і соціального аспектів наукової діяльності дозволив йому зробити висновок про існування “колективного суб'єкту пізнання” (“мисленевого колективу”), якому властивий зазначений феномен. Пізніше поняття “науковий стиль мислення” аналізували, порівнюючи з іншими категоріями: Т. Кун (НСМ і “парадигма”), І. Лакатос (НСМ і “дослідницька програма”), М. Фуко (НСМ та “епісистема”), Д. Холтон (НСМ і “тематична ідея”).

У фізиці концепція НСМ активно почала обговорюватися у філософських працях видатних творців квантової механіки (М. Борн, Н. Бор, Луї де Бройль, В. Гейзенберг, В. Паулі). На початку 50-х років ХХ ст. в одному з листів В. Паулі М. Борн підкреслював: “Я думаю, що існують якісь загальні тенденції мислення, які змінюються дуже повільно і створюють певні філософські періоди з характерними для них ідеями в усіх галузях людської діяльності. Стилі мислення – стилі не тільки в мистецтві, але й у науці, вони бувають і у фізичній теорії, і саме ця обставина надає свого роду стійкість її принципам” [57, с. 227]. Починаючи з другої половини ХХ століття, зазначене поняття активно досліджують науковці різних галузей, при цьому об’єктом аналізу є не лише стиль мислення епохи та конкретної науки, але й окремих наукових шкіл і творчих особистостей. Як результат, сьогодні маємо цілий спектр визначень його змісту.

Так, з філософської точки зору НСМ можна вважати усталеною системою загальноприйнятих методологічних норм і філософських принципів, які використовують дослідники певної епохи (іншими словами, розглядається історичний аспект НСМ). З погляду вчених-психологів істотним є сам механізм мислення людини та психологічні чинники, які на нього впливають (іншими словами, вивчається здебільшого суб’єктивний бік НСМ). З дидактичної точки зору НСМ розглядають як результат своєрідної “інтерференції” філософського та психологічного його розуміння, оскільки для навчання безумовний інтерес становить і стиль мислення видатних учених, і стиль наукового мислення певної епохи. Зміст поняття НСМ в його загальному розумінні найбільш повно висвітлено Л. Мікешиною, а суть сучасного НСМ у навчанні фізики розкрито відомим українським методистом С. Гончаренком.

3. Аналіз трактувань поняття “науковий стиль мислення” у філософській, психолого-педагогічній та науково-методичній літературі дозволив виявити загальні характеристики та основні етапи його еволюції, зокрема: 1) створення формальної логіки як першої в історії системи норм і цінностей пізнання природи, що забезпечує цілісність мислення; 2) подолання обмеженості абстрактних, формально-логічних уявлень в епоху становлення дослідного природознавства;



3) панування метафізичного методу мислення у природознавстві та поступове усвідомлення його невідповідності об'єкту пізнання; 4) розробка методу наукового мислення, який відповідає вимогам діалектичної логіки; 5) поступовий перехід учених-фізиків на позиції діалектичного стилю мислення в епоху наукової революції на межі XIX – XX ст.; 6) становлення еволюційно-синергетичної парадигми наукового стилю мислення на межі XX – XXI ст., що спирається на концепцію відкритості й нелінійності як рухомої сили еволюції та самоорганізації матерії на всіх її структурних рівнях.

Отже, поняття НСМ репрезентує складний соціокультурний феномен, який задає узагальнене розуміння навколишньої дійсності, характеризується певними правилами та спрямованістю науково-пізнавальної діяльності; у широкому розумінні являє собою *систему загальноприйнятих методологічних норм і філософських принципів, якими керуються вчені в своїх дослідженнях та аналізі їх результатів, вироблених у ході розвитку науки та інваріантних для всіх її областей*. Він виявляється й фіксується в першу чергу мовою науки, головним чином у її понятійно-категоріальному апараті в рамках певних фундаментальних теорій і методів. Стиль не є абсолютною, позачасовою характеристикою наукового мислення, він носить конкретно-історичний характер та еволюціонує разом і в зв'язку з розвитком суспільства. На відміну від “наукової картини світу”, “парадигми”, “дослідницької програми” СМ вільніший від особливостей предмету пізнання; його головна функція – спрямовувати свідомість особистості на дотримання певних методологічних норм наукового дослідження, загальної логіки висунення наукових проблем та їх розв'язання. Свої конструктивні задачі СМ реалізує, виконуючи такі внутрішньо-наукові функції: а) *критичну* або ж функцію оцінювання теоретичних узагальнень і методів отримання знань; б) *селективну* – функцію вибору гіпотез (теорій), методів і категоріального апарату; в) *вербальну* – оформлення теоретичного знання в конкретно-історичній мові науки; г) *прогностичну* – визначення актуальних наукових ідей, напрямів дослідження, нових методів пізнання.

На стиль мислення дослідника завжди впливає атмосфера наукового співтовариства, що визначає умови взаєморозуміння його представників. Кожен новий СМ формується як діалектичне заперечення чинного еталону наукового мислення, як відображення внутрішньо-наукових і соціально-культурних потреб суспільства, нових результатів суспільно-виробничої та науково-пізнавальної практики. Стиль мислення передбачає певну цілісність, внутрішню спільність принципів (*пояснення, системності, збереження, простоти, відповідності, динамізму наукових поглядів; еволюційний*). Ця єдина система принципів приймається вченими за зразок або стандарт розумової діяльності, тобто враховується її регулятивний, нормативний характер. У фізичній науці останні мають такий зміст:

1) доказовість і аргументованість, що спирається на емпіричні факти, та строга логіка обґрунтування тверджень (*принцип пояснення*). “У світі немає нічого настільки віддаленого від нас, чого б ми не змогли досягнути та настільки таємничого, чого б ми не змогли відкрити, зрозуміти та пояснити” (Р.Декарт);

2) всебічність розгляду об’єкту пізнання як цілісності, намагання не просто зібрати сукупність фактів, а знайти між ними причинно-наслідкові зв’язки, встановити закон, що їх об’єднує, сформулювати теорію, яка їх пояснює та подає нові знання (*принцип системності*). “Для переважної більшості вчених групування фактів на основі певного принципу недостатнє. Їм необхідне цілісне, системне та конкретне, нехай навіть грубе уявлення про механізм явища” (Е.Резерфорд);

3) визнання об’єктивності закономірного взаємозв’язку і взаємозумовленості усіх структурних рівнів матерії (*принцип збереження*). “Головна мета наукового пізнання – встановлення зв’язків між різнорідними явищами, пошук єдиних причин їх функціонування, розкриття єдності сил Природи” (Л.Больцман);

4) організація та впорядкованість наукових понять, принципів, законів і теорій про сутність фізичних явищ на основі якнайменшої кількості незалежних припущень (*принцип простоти*). “З давніх часів, з тих пір, як існує вивчення природи, воно мало перед собою в якості ідеалу кінцеве, найвище завдання: пояснити строкате розмаїття явищ і процесів на основі невеликої кількості фундаментальних принципів” (М.Планк);

5) принцип спадкоємності наукових знань полягає в тому, що рух до абсолютної істини у процесі пізнання реалізується через безмежний ряд відносних, при цьому нові знання не відкидають повністю попередні, а лише обмежують сферу їх використання (*принцип відповідності*). “Якщо я бачив у науці далі за інших, то тільки тому, що стояв на плечах гігантів, моїх попередників” (І.Ньютон);

б) динамічність поглядів, яка виявляється в критичному відношенні до загальноприйнятих теоретичних уявлень і готовності їх змінити, якщо цього вимагають наукові факти (*принцип динамізму*). “Наші уявлення про фізичну реальність ніколи не можуть бути остаточними, оскільки будь-яка сучасна наукова істина може бути завтра доповнена або змінена, оскільки ми перебуваємо в стані безперервного наближення до пізнання сутнісної природи речей” (П.Капіца);

7) урахування внутрішніх змін і суперечностей природних явищ як джерела їх розвитку та розуміння у зв'язку з цим неминучого й закономірного виникнення “революційної” ситуації у науці, яке супроводжується кардинальним переглядом усталених поглядів, концепцій і теорій (*еволюційний принцип*). “Наука – це драма, драма ідей” (А.Ейнштейн).

Характеристиками НСМ також є: апроксимація (спрощення й наближення), діалектичність, гнучкість, евристичність, креативність, критичність, продуктивність, рефлексивність. Разом з методологічними і філософськими принципами останні утворюють нормативну систему, вироблену в ході багатовікового розвитку науки та інваріантну для усіх її галузей, в усі історичні епохи. Саме ці норми є регуляторами розумової діяльності людей у суспільному житті, саме їх треба формувати у студентів – майбутніх учителів фізики – у навчанні теоретичної фізики.

4. Коли говорять про розвиток НСМ студентів-фізиків, то передусім мають на увазі формування фізичних понять, оскільки воно сприяє озброєнню їх важливою формою мислення – *понятійним мисленням*, без якого наукове розуміння природи фізичних явищ і процесів неможливо. Проте цим завдання не вичерпується. Фізичні поняття, судження та умовиводи слід поєднати у системи, структура яких має відповідати вищим формам теоретичного узагальнення (фундаментальній

фізичній теорії, сучасній ФКС). Це необхідно робити так, щоб, оволодіваючи методами наукового пізнання, студенти навчались мислити діалектично, тобто не вважали готовим і незмінним наше пізнання світу, а усвідомлювали яким чином з незнання виходить знання, яким чином неповне, неточне знання стає більш повним і точним. Стосовно курсу теоретичної фізики зазначимо, що реалізація у навчанні принципу науковості не обмежується лише вимогами до змісту предметних знань, науковими мають бути й самі основи навчання – процес засвоєння нової інформації, пізнавальна діяльність, методи узагальнення знань. Оволодіння студентами науковим знанням в єдності його предметного (факти, поняття, закони, фундаментальні теорії) та процесуального компонентів (методологія пізнання) сприяє засвоєнню певного підходу до процесу і результатів навчально-пізнавальної діяльності. Цей підхід за умови цілеспрямованого і системного формування стає суб'єктивним надбанням, стилем їхнього мислення.

*У загальному вигляді формування НСМ студентів у навчанні теоретичної фізики являє собою системний і послідовний процес оволодіння прийомами логічного мислення, узагальненими методами і способами пізнавальної діяльності, що відповідають теоретичному рівню логічної структури фізичних знань. До таких, зокрема, можна віднести уміння щодо: розпізнавання й класифікації досліджуваних фізичних об'єктів і явищ, порівняння і знаходження їх спільних, типових характеристик, абстрагування, висунення “робочої” гіпотези, моделювання і побудови ідеалізованого об'єкту; теоретичного обґрунтування причинно-наслідкових зв'язків, властивостей і механізмів їх функціонування; передбачення наслідків з теорії, застосування набутих знань у розв'язанні навчальних завдань, обґрунтування власної точки зору, рефлексії своїх розумових дій. Узагальнення результатів теоретичного дослідження дозволило виокремити загальні дидактичні умови формування НСМ студентів у навчанні теоретичної фізики:*

- реалізація системного підходу до розвитку всіх аспектів розумової діяльності (мотиваційно-цільового, операційно-діяльнісного, рефлексивного);
- організація навчально-пізнавальної діяльності відповідно з етапами та логікою наукового пізнання фізичної реальності;

- реалізація у навчанні єдності змістовного та процесуального компонентів;
- застосування дедуктивного підходу та прийомів навчання, що відповідають методам науки (математичне моделювання досліджуваних об'єктів і явищ, висунення й обґрунтування гіпотез, мисленевий експеримент);
- ознайомлення студентів з основами діалектичного мислення; використання елементів проблемності, парадоксальності, новизни відомих фактів тощо;
- органічне поєднання різних форм, методів і засобів організації навчально-пізнавальної діяльності;
- системність моніторингу якості формування НСМ студентів.

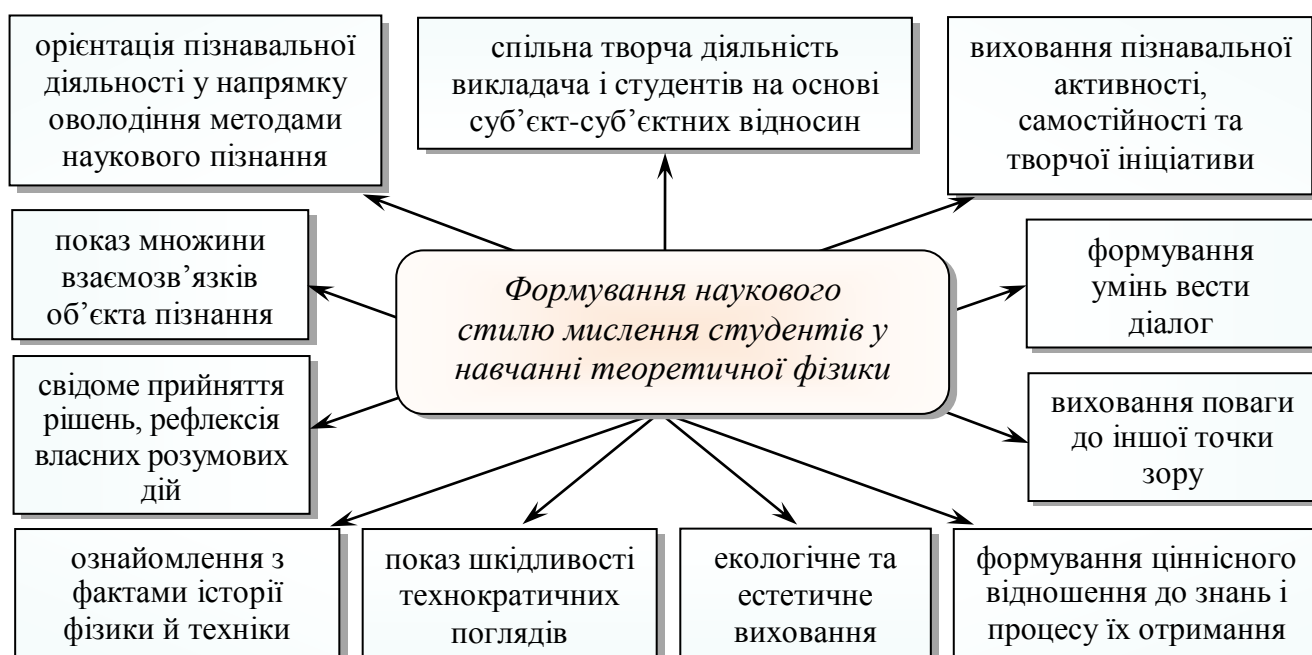


Рис. 4.5. Основні шляхи формування наукового стилю мислення студентів у навчанні теоретичної фізики

Вважаємо, що формування НСМ студентів у навчанні теоретичної фізики повинно здійснюватися *взаємопов'язаними шляхами й засобами* (рис. 4.5). При цьому якість цього процесу визначатиметься лише за умови узгодженого та успішного просування одночасно за всіма зазначеними напрямками. Узагальнену схему системи методів і прийомів формування НСМ студентів у навчанні теоретичної фізики представлено в Додатку 3. Нижче наведено деякі *загальні методичні рекомендації*, які, на нашу думку, сприятимуть ефективності й результативності зазначеного процесу.

1) широке використання методів і прийомів навчання, спрямованих на активізацію пізнавальної діяльності студентів. Слід усіляко стимулювати осмислення студентами навчального матеріалу, обґрунтування й доведення власних тверджень, підведення їх під логічні та діалектичні категорії; розвивати уважність, кмітливість, допитливість; уміння точно й лаконічно формулювати власні думки. З цією метою ефективними будуть ряд педагогічних прийомів: використання системи взаємопов'язаних проблемних питань та їх розв'язання в ході евристичної бесіди; перекодування, реконструкція й конкретизація навчальної інформації (з текстової у графічну, схематичної – у текстову, текстової – на аналітичну й навпаки; складання узагальнюючих таблиць, структурно-логічних схем, опорних конспектів; підтвердження прикладом закону або правила), самостійне складання студентами питань, підготовка рефератів і повідомлень; використання засобів наочності, у тому числі й на основі сучасних ІКТ навчання; актуалізація опорних знань і життєвого досвіду студентів у проекції на їх майбутню професійну діяльність; виконання студентом ролі викладача (згідно особистісно зорієнтованого підходу самореалізація педагога – у творчій самореалізації студента; у зв'язку з цим з цього напрямку нами підготовлено ряд дидактичних матеріалів [397 – 400], [412], [426], [428]).

2) розвитку НСМ студентів у навчанні теоретичної фізики сприятиме усвідомлення загальних структурних елементів фундаментальної фізичної теорії та реалізація у власній пізнавальній діяльності її головних функцій – пояснювальної, методологічної, евристичної. На цьому питанні слід зупинитися детальніше. Основу будь-якої теорії, як відомо, складає *емпіричний базис*, що відображає предметну область пізнання. Хоча виникненню теорії передуює тривалий період експериментального вивчення фізичних явищ і узагальнення спостережень, він містить невелику кількість відібраних експериментальних фактів та ідеалізованих об'єктів, що забезпечують перехід на теоретичний рівень логічної структури фізичних знань. Таким чином, він завжди “включається в теорію” у навчальних цілях – треба підготувати підґрунтя для розуміння ядра теорії. У зв'язку з цим студенти мають чітко усвідомлювати не лише фізичний зміст, але й структурну

належність відповідних навчальних матеріалів, зокрема: у рамках *класичної механіки* – досліди Майкельсона-Морлі, Фізо; моделі матеріальної точки, абсолютно твердого тіла, суцільного середовища, гармонічного осцилятора, математичного й фізичного маятників, ідеальної рідини; *електродинаміки* – досліди Ампера, Герца, Джоуля, Ерстеда, Іоффе-Мілікена, Кулона, Лебедева, Мандельштама-Папалексі, Ома, Толмена-Стюарта, Томсона, Фарадея; моделі точкового й неперервно розподіленого зарядів, електричного та магнітного диполів, електронного газу в металі, електромагнітної хвилі, псевдоевклідового чотиривимірного простору-часу; *квантової механіки* – досліди Девіссона і Джермера, Резерфорда, Франка-Герца, Штерна-Герлаха; моделі абсолютно чорного й сірого тіла, атома Резерфорда-Бора, ідеального кристалу; *термодинаміки і статистичної фізики* – досліди Броуна, Авенаріуса і Надеждіна, Джоуля-Томсона, Ламмерта, Перена, Штерна; моделі ідеального газу, ідеального теплового двигуна, ізольованої системи, фазового простору, моделювання процесів переносу в газах і рідині та ін.

У процесі наукового пізнання важливим засобом синтезу експериментального матеріалу є *евристична ідея (або гіпотеза)*. Вона являє собою первісну форму узагальнення, яка конкретизується згодом у постулатах і принципах та набуває кількісного вираження у рівняннях. Такими, наприклад, є ідея сили як причини зміни імпульсу в механіці, ідея поля в електродинаміці, гіпотеза квантів в квантовій теорії, ідея атомізму та ймовірнісного підходу до теплових явищ у статистичній теорії. Студенти мають не лише усвідомлювати зміст вказаних ідей, але й широко користуватися цим елементом наукових знань у навчальному пізнанні, розв'язанні проблемних та евристичних завдань курсу.

Засвоєнню *ядра* фундаментальної фізичної теорії (головного структурного елементу) слід приділити особливу увагу, оскільки воно містить не лише систему вихідних абстракцій, але й постановку основних завдань та напрямок їх вирішення. Тому студенти крім фізичного змісту постулатів, принципів і законів мають бути одразу ознайомлені з їх призначенням. Гарним прикладом у цьому випадку є постановка основного завдання про рух макроскопічного тіла в класичній механіці та його розв'язання на основі рівнянь Ньютона, Лагранжа або

Гамільтона; про знаходження характеристик електромагнітного поля за розподілом зарядів і струмів в електродинаміці на основі рівнянь Максвелла; про стан мікрооб'єкту в нерелятивістській квантовій механіці на основі рівняння Шредінгера та релятивістської – рівняння Дірака; про стан макроскопічної системи на основі принципів термодинаміки і розподілів Гіббса у статистичній теорії. Студенти мають розуміти, що система вказаних рівнянь являє собою певну математичну модель взаємодії матерії, а ідеалізований об'єкт завдяки цьому виступає у русі, динаміці. Принципового значення у засвоєнні студентами ядра фізичної теорії має розуміння фундаментальної ролі законів збереження енергії, імпульсу, моменту імпульсу, парності, електричного та інших (специфічних) зарядів і чисел; їх зв'язок з просторово-часовими симетріями. Як самостійний елемент ядра теорії, закони збереження повинні виходити з основних рівнянь, що підтверджує справедливість останніх.

*Висновки* у рамках фундаментальних фізичних теоріях отримують під час розв'язування систем диференціальних рівнянь для конкретних випадків. Зазначимо, що фундаментальна теорія не містить і не може містити у своєму викладенні всього розмаїття потенційно закладених висновків. Включаючи принципово важливі у пізнавальному відношенні висновки, теорія вказує на загальні методи вирішення широкого кола задач; вона навчає вирішувати їх. У процесі вивчення теорії доцільно постійно звертати на це увагу студентів, описуючи область її застосування, загальний стан розробки, вказуючи пов'язані з нею прикладні напрямки та ін.

Важливе значення у формуванні НСМ студентів має усвідомлення ними змісту провідних концепцій/ідей фундаментальних фізичних теорій (механістичної, статистичної, квантової та ін.), які, доповнюючи одна одну, складають основу сучасного фізичного світорозуміння. Вказуючи на відносний модельний характер відповідних фізичних концепцій і теорій, з'ясовуючи границі їх застосування, забезпечуючи єдність підходів до розгляду й пояснення множинності об'єктів і явищ на їх основі у певній предметній області, ми, таким чином, формуємо сучасний науковий світогляд і відповідний стиль мислення майбутніх педагогів. На заключних лекціях курсу теоретичної фізики слід знову



повернутися до провідних ідей фундаментальних фізичних теорій, синтезувати й узагальнити уявлення студентів на рівні сучасної ФКС, розглядаючи фундаментальні взаємодії природи, їх механізм та реалізацію у різних просторових діапазонах. Таким чином, на базі загально-фізичного узагальнення знань, представлених нами у модульній програмі курсу теоретичної фізики, у студентів мають сформуватися системні уявлення про динамізм, специфіку і єдність фундаментальних фізичних теорій та їх концепцій.

3) не слід прагнути розв'язати велику кількість задач навчального курсу. Останні слід підбирати так, щоб у процесі їх розв'язування якомога більше працювала думка студентів, щоб вони набували практичного досвіду в якомога більшій кількості різноманітних ситуацій. Обговорення й консультування студентів при цьому має бути невід'ємною складовою “робочого процесу”. Слід мати на увазі, що кожна задачу, кожна проблемну ситуацію можна перетворити на відкриту задачу й дослідницьку проблему – у цьому полягає педагогічна майстерність і фахова компетентність викладача; цьому слід навчатися і вдосконалюватися все життя. Наведемо кілька загальних принципів, які дозволяють кожна задачу навчального курсу перетворити на дослідницьку:

- *принцип історизму* (як задача виникла в процесі розвитку людства і, зокрема, фізичної науки);
- *принцип узагальнення* (як змінюється задача при переході до більш загальної постановки);
- *принцип динамізму* (як змінюється розв'язання задачі із зміною її початкових даних);
- *принцип конкретизації* (як змінюється задача при введенні додаткових умов);
- *принцип застосування* (як можна використати задачу на практиці).

Кожна задача повинна стати предметом, нехай іноді й зовсім короткої, розмови про сутність розглядуваних фізичних явищ. Після розв'язання типової або групи подібних задач необхідно придивитись до них і заново осмислити, які ж задачі було розв'язано, які ідеї, методи та прийоми були використані, у чому полягає їх типовість, пізнавальне та світоглядне значення. Для майбутнього педагога такий

аналіз вкрай важливий. Під час розв'язування задач необхідно аналізувати не тільки кінцевий результат та шляхи його отримання, але й ознаки розвитку в означеному процесі особистості студента, що, безумовно, сприятиме підвищенню мотивації навчально-пізнавальної діяльності, а, отже, рівня їх фундаментальної підготовки (приклади розв'язування та аналізу таких задач нами розглянуто окремо [387]).

4) завдання розвитку НСМ студентів не може бути успішно вирішене без постійної уваги до неї з боку самого викладача. Для того, щоб навчити студентів прийомам логічного й діалектичного мислення їх необхідно безпосередньо використовувати на практиці. Виняткове значення при цьому має насамперед логічне мислення самого викладача. Його мова повинна бути простою, ясною та емоційною; разом з тим вона має бути точною і логічно послідовною, несуперечливою, переконливою. Не меншу увагу викладач повинен приділяти й ступеню оволодіння студентами “мовою” фізичної науки, що є показником свідомості та системності знань (умінням “читати” формули, наводити грамотно з методичної точки зору означення фізичних понять і величин, перевіряти за розмірністю справедливість формул та ін.); коригуванню їх буденного досвіду та обґрунтуванню критичного ставлення до ненаукових форм пізнання природи.

5) важливого значення у формуванні НСМ студентів має реалізація виховного потенціалу навчальної дисципліни “Теоретична фізика”, що сприятиме розвитку фахових якостей особистості студента; вихованню патріотизму, гуманізму, духовності (з цього напрямку підготовлено ряд відповідних матеріалів, які активно використовуються у навчально-виховному процесі [386], [388], [390], [392], [404]).

#### **4.5. Критерії, показники та рівні сформованості наукового світогляду майбутніх учителів фізики**

Існує думка, що ступінь сформованості світогляду людини в принципі визначити неможливо, а рівень теоретичних знань студентів з певних питань не може свідчити про наявність у них світоглядних позицій. З такою точкою зору ми не згодні. Дійсно, у процесі свого розвитку людина продовжує пізнавати світ, аналізувати, оцінювати та

приймати відповідальні рішення у більш складних життєвих ситуаціях, завдяки чому й відбувається розвиток світогляду, що зумовлюється об'єктивними та суб'єктивними чинниками. Тим більш, соціальне й науково-технічне середовища, в якому проходить життя людини, постійно змінюється – розвивається наука й техніка, змінюються суспільні та культурні цінності. Однак, по-перше, якщо в навчально-виховному процесі формують деяку властивість чи характеристику особистості, то природним є використання певної діагностики, що дозволяє з'ясувати ступінь успішності (або неуспішності) засобів педагогічного впливу. По-друге, ми вважаємо, що спочатку студенти у навчальному процесі оволодівають когнітивною складовою – пізнавальною функцією наукових знань, потім умінням використовувати їх у практичній, у тому числі й рефлексивній, діяльності і, нарешті, функцією своєрідного ціннісного еталона, що регулює акти свідомого вибору ними власних мотивів, цілей і вчинків. Застосування майбутнім педагогом теоретичних знань і способів діяльності в якості “регуляторів свідомості” й поведінки здатний витіснити раніше існуючий “життєвий” спосіб орієнтування, створюючи умови для виникнення науково обґрунтованих та особистісно прийнятих світоглядних переконань. Формування останніх, як було зазначено вище, зумовлює не тільки становлення світоглядної культури особистості майбутнього вчителя фізики, але й виступає невід'ємною складовою системи його фундаментальної фахової підготовки.

Формування й розвиток наукового світогляду майбутніх учителів фізики зумовлює вирішення серед інших таких першочергових завдань: виділення структурних компонентів наукового світогляду; критеріїв, рівнів та показників його сформованості. Аналіз літературних джерел свідчить про наявність значного теоретичного матеріалу щодо структури та системної діагностики світогляду особистості, однак у сучасній науково-дослідницькій практиці єдиного підходу з цього питання не існує. Систематизація та узагальнення різних точок зору щодо характерних ознак наукового світогляду особистості дозволив виділити такі підходи:

– *поелементний* (І. Лернер, Б. Ліхачов, В. Сластьонін, М. Огурцов, Р. Рогова, І. Тесленко та ін.): спеціальні/предметні знання, світоглядні знання, погляди, цінності, переконання, норми, ідеали тощо;

– *блочний*: І. Жуков (інтелектуальний, емоційно-почуттєвий, рефлексивний); Н. Менчинська (інтелектуальний, спонукально-мотиваційний, практичний); Е. Монозон (пізнавальний, емоційний, поведінковий); В. Черноволенко (натуралістичний, гуманітарний, гносеологічний); І. Фролов (пізнавальний, ціннісний, поведінковий) та ін.

Широкий спектр наукової рефлексії зумовлений складністю, динамічністю та багатогранністю феномену “світогляд особистості”. Звичайно, дискусія можлива з приводу доцільності будь-якого з наведених компонентів. Системне опрацювання літературних джерел дозволило нам запропонувати власну структуру наукового світогляду майбутнього вчителя фізики, усі компоненти якої (мотиваційний, когнітивний, ціннісно-рефлексивний), взаємодіючи між собою, утворюють цілісну систему. Відповідно до цього критеріями сформованості світогляду є: *когнітивний* (фіксує наявність у студентів світоглядних знань, що спираються на систему спеціальних/предметних і методологічних знань, а також усвідомлення ними основних філософських ідей сучасної ФКС), *діяльнісний* (засвідчує готовність застосовувати набуті знання під час розв’язання пізнавальних завдань з використанням елементів логічного й діалектичного мислення), *особистісний* (характеризує особистісні якості студентів: мотивацію, активність, самостійність і свідомість їх навчально-пізнавальній діяльності, рефлексію власних розумових дій). Оскільки на практиці усі компоненти світогляду людини взаємопов’язані, такий критеріальний поділ, звичайно, є умовним і використовується більшою мірою у навчальних цілях.

На основі узагальнення результатів теоретичного дослідження нами розроблено систему основних компонентів, показників та рівнів сформованості наукового світогляду майбутніх учителів фізики (табл. 4.5). Пропонована таблиця складена відповідно до основних етапів формування світогляду студентів, наведеними й обґрунтованими нами раніше (підрозділ 4.1): формування системних предметних і методологічних знань → вироблення поглядів та уявлень про сутність природних явищ на основі діалектико-матеріалістичного підходу → трансформація останніх у стійкі особистісні світоглядні переконання. Про

сформованість у студентів наукового світогляду й відповідного стилю мислення, на наш погляд, можна говорити лише у випадку досягнення ними показників, зазначених у правій колонці табл. 4.5.

Таблиця 4.5

**Основні компоненти, показники та рівні сформованості наукового світогляду майбутніх учителів фізики**

<i>Рівні</i> <i>Компоненти</i>	<i>початковий</i>	<i>середній</i>	<i>високий</i>
Спеціальні/предметні знання	відтворення наукових знань (факти, поняття, величини, моделі, принципи, закони)	застосування без філософської термінології та уявлень про структуру й еволюцію ФКС	застосування з формулюванням філософського положення та використанням уявлень про структуру й еволюцію ФКС
Методологічні знання	розпізнавання окремих елементів системи наукових знань	визначення взаємозв'язку та причинно-наслідкової підпорядкованості	системний виклад навчального матеріалу відповідно з етапами циклу наукового пізнання
Елементи логічного та діалектичного мислення	робота з елементами формальної логіки "якщо ..., то..." та "або-або"	робота з суперечностями "і-і" та "ні-ні" окремо	робота з суперечностями "і-і" та "ні-ні" одночасно
Погляди й переконання	упевненість в істинності й непорушності власних поглядів	готовність відстоювати власні погляди	застосування знань за наявності перешкод

Складність проблеми визначення сформованості наукового світогляду студентів вимагає використання не одного стандартного тесту чи листа опитування, а різноманітних підходів і прийомів, які б дозволяли не розділяти й деталізувати цю область свідомості, а діагностувати її цілісно. З нашої точки зору, це практично неможливо, оскільки будь-яка відповідь на певне запитання завжди деталізує й розділяє досліджуваний об'єкт. Саме тому відповідні тести вважаються одними з найскладніших як за підходами до їх створення, так і за їх інтерпретацією. Невипадково, що в переліку завдань ЗНО з фізики для школярів та державної атестації бакалаврів-фізиків педагогічних університетів світоглядні питання майже відсутні (підготовка останніх залишається актуальним завданням предметних методик). Найбільші труднощі пов'язані з перевіркою вироблення системи переконань, на

основі яких людина будує своє ставлення до навколишньої дійсності, оскільки для цього необхідно її спостерігати протягом тривалого часу в різних ситуаціях. Що стосується двох перших етапів формування світогляду, то про їх ефективність можемо говорити за допомогою спеціально складених питань. У навчально-виховному процесі останні можуть виконувати як контролюючу, так і навчальну функцію, оскільки студенти отримують можливість роздумувати над суперечливими і неоднозначними проблемами, оцінювати та виявляти до них своє ставлення. У зв'язку з цим нами розроблено систему питань й тестових завдань предметного, світоглядного і методологічного характеру, яка дозволяє з'ясувати рівень сформованості наукового світогляду студентів за результатами вивчення цілісного курсу теоретичної фізики. Звичайно, що подібні завдання можуть бути (і повинні) підготовлені в межах окремих змістових модулів дисципліни, що дозволить системно й оперативно здійснювати моніторинг і корекцію поточних результатів якості засобів педагогічного впливу.

Розроблені питання за пропонованими блоками складено таким чином, щоб перевірити рівень набутих студентами відповідних знань, а також уміння використовувати власні світоглядні уявлення й судження про сутність фізичних явищ і процесів. Питання можна умовно поділити на п'ять типів: 1) з неповною інформацією; 2) такі, що потребують коригування; 3) уточнення формулювань з пропущеними визначальними словами; 4) з елементами історизму; 5) вибір вірної відповіді з кількох тверджень з однаковими ключовими словами.

Питання *першого типу* вимагають здійснення студентами синтезу знань – з окремих елементів необхідно створити загальну картину явища, розгорнути наявні теоретичні знання, перевести їх на вербальний рівень. Такі завдання призначені для вивчення сформованості узагальнених знань на рівні застосування без використання філософської термінології. Відповідно за блоками до них можна віднести:

- який із законів збереження вважають векторним ?
- який математичний вираз свідчить про відсутність магнітних зарядів у природі ?
- які фундаментальні фізичні теорії Вам відомі ? Чому саме ці теорії Ви вважаєте фундаментальними ?

До *другого типу* віднесено питання, що передбачають пошук студентами помилок у наведених формулюваннях, реалізацію здатності до критичного аналізу, готовності відстоювати власні погляди, умінь щодо застосування здобутих знань за наявності перешкоди, певної “провокаційності”. Серед них:

- яке з рівнянь Максвелла є найголовнішим ?
- чи можна зупинити фотон ?
- чи заважають релігійні переконання науковому пізнанню закономірностей навколишнього світу ?

*Третій тип* питань містить формулювання з пропущеними словами, які визначено однозначно та які не можна замінити іншими словами. Студенти розуміють необхідність формування точного знання, представлення його на вербальному рівні, свідомого й методично грамотного наведення основних положень фундаментальних фізичних теорій. Наприклад:

- реальний тепловий процес завжди є ...;
- твердження про граничний перехід перетворень Лоренца у перетворення Галілея у випадку малих швидкостей (порівняно із швидкістю світла) у класичній механіці називають принципом ... ;
- висловлення гіпотези в структурі наукового пізнання – це початок ...

*Четвертий блок питань* передбачає використання студентами знань, що стосується історичних аспектів фундаментальних теорій, ФКС та її еволюції. Такі питання є невід’ємним компонентом навчальної дисципліни “Теоретична фізика”, оскільки дозволяють перевірити не тільки рівень знань студентів суто історичного характеру, але й ступінь оволодіння ними системою гуманістичних цінностей (ціннісне відношення до знань та процесу їх отримання). Питання цього блоку представлено переважно у вигляді “таблиць відповідності”:

- згідно загальної періодизації історії розвитку фізичних картин світу знайти відповідність між їх вихідними філософськими ідеями та авторами-засновниками;
- вказати відповідність фізичних картин світу та їх основних наукових принципів;

- знайти відповідність між етапами розвитку природознавства (класичний, некласичний, постнекласичний) та їх основними ідеями.

*Останній тип питань* передбачає перевірку глибини набутих студентами знань щодо сутності фізичних об'єктів, явищ і процесів. Крім того, такі питання передбачають перенесення теоретичних знань на ті об'єкти, які раніше не розглядалися. Завдяки цьому формуються світоглядні позиції студентів на базі стійких переконань. Завдання передбачають вибір вірної відповіді з кількох наведених. Наприклад:

- знайти відповідність між характером фізичних закономірностей у природі (динамічні, статистичні) та їх загальнонауковим змістом;

- яке з наведених нижче тверджень справедливе: а) швидкість електромагнітних хвиль у вакуумі залежить від довжини хвилі; б) вектор магнітної індукції поля  $e/m$  хвилі спрямований у бік її поширення; в)  $e/m$  хвиля є поперечною хвилею; г) для поширення  $e/m$  хвиль потрібне пружне середовище.

Як відомо, вміння аналізувати, порівнювати, класифікувати відносять до вмінь формальної логіки, які становлять основу формально-логічного (емпіричного) мислення. До більш високого рівня вмінь відносять діалектичне мислення, основу якого становить діалектична логіка – одна із складових теоретичного мислення. Досвід свідчить, що значна частина студентів у навчальному пізнанні керується правилами формальної логіки (“якщо ..., то...”; “або-або”), ніж діалектичної (“ні те, ні інше одночасно”; “і те, й інше одночасно”). Відповідно цьому до показників сформованості діалектичного мислення студентів у навчанні теоретичної фізики за рівнями можна віднести:

а) *початковий рівень* – орієнтація лише за зовнішніми ознаками досліджуваного об'єкту чи явища з використанням елементів формальної логіки (якщо температура рідини  $100^{\circ}C$ , то вона кипить, але навпаки не завжди вірно: якщо вода кипить, то її температура  $100^{\circ}C$ ; говорячи про перехід речовини з одного стану в інший, студент аналізує або випаровування або конденсацію, не звертаючи увагу на те, що обидва процеси проходять одночасно і спричиняють одне одного);



б) *середній рівень* – фіксування та аналіз протилежних властивостей досліджуваного об'єкта чи явища за схемами “і-і”, “ні-ні” окремо (пошук відповіді на питання (електромагнітна хвиля – це фізичний об'єкт чи процес ?) вимагає застосування знань з формулюванням філософського узагальнення про єдність матерії і руху, роботи з суперечністю “і-і”);

в) *високий рівень* – прагнення до синтезу протилежностей та володіння діалектичної суперечністю на найвищому рівні “і те, й інше, ні те, ні інше одночасно” (електромагнітне поле і дискретне і неперервне; мікрочастинки володіють одночасно і корпускулярними і хвильовими властивостями, молекули газу підпорядковуються і динамічним і статистичним закономірностям та ін.).

Аналіз наведених прикладів свідчить, що поділ розроблених завдань за визначеними компонентами світогляду є досить умовним, оскільки складно визначити, до якої групи узагальнень відноситься ідея, покладена в основу того чи іншого завдання; усі групи узагальнень переплітаються і проникають один в одного. Складно також розмежувати й різні рівні сформованості переконань і діалектичного мислення. Разом з тим варто зазначити, що розроблені нами питання допомагають визначити не лише рівень спеціальних/предметних знань студентів, але й вірних суджень щодо структури й змісту фундаментальних фізичних теорій, ФКС та її еволюції. Це дозволяє зробити висновок про сформованість у студентів стійкої готовності до використання засвоєних світоглядних знань в якості регулятивів мислення й поведінки у життєвих (професійних) ситуаціях. Про рівень сформованості наукового світогляду студентів свідчать відповіді під час аудиторних занять, їх діяльність та поведінка в різних ситуаціях, порівняльні дані спостережень педагогів, батьків та інших учасників педагогічного процесу, спеціальні співбесіди. Важливого значення для майбутніх учителів фізики в цьому контексті мають традиційні для педагогічних вишів творчі конкурси “Дебют першокурсника”, фізичні вечори, брейн-ринги, КВК тощо.

У підсумку зазначимо, що хоча процес формування наукового світогляду майбутніх учителів фізики реалізується на всіх етапах фахової підготовки, проте не можна сказати, що на момент закінчення педагогічного університету всі вони

мають стійкі світоглядні уявлення й переконання. І причини цього зумовлені не тільки якістю їх загальної успішності та недоліками навчально-виховної роботи. Світогляд людини стає стійким тільки в процесі вироблення життєвого досвіду, розв'язання проблемних ситуацій, зіткненні з життєвими (професійними) колізіями і труднощами, їх подоланні й затвердженні істинності та самоцінності власних поглядів і переконань. Природно, що протягом професійного навчання не завжди забезпечується подібне життєве загартування студентів. Але за належної постановки навчально процесу в університеті, системного й цілеспрямованого підходу закладаються інтелектуальні та емоційні основи наукового світогляду майбутніх педагогів, створюються необхідні передумови для його подальшого розвитку й зміцнення.

#### **Висновки до розділу 4**

1. Обґрунтовано актуальність переосмислення й комплексного розв'язання проблеми формування наукового світогляду майбутніх учителів фізики як стрижневого елемента структури особистості, основи їх фахової компетентності та одного з пріоритетних завдань курсу теоретичної фізики педагогічного університету. З'ясовано ступінь розробки проблеми у філософській, психолого-педагогічній і методичній літературі та стан її розв'язання в освітньо-виховній практиці. Уточнено зміст базових понять дослідження: світогляд, науковий світогляд, світоглядна культура особистості. Визначено основні компоненти, шляхи та дидактичні умови формування й розвитку наукового світогляду майбутніх учителів фізики засобами навчальної дисципліни "Теоретична фізика", зокрема: 1) створення найповніших і цілісних уявлень про сучасну фізичну картину світу та її еволюцію на основі оволодіння сутністю фундаментальних фізичних теорій; 2) формування методологічних знань як чинника фундаменталізації фахової підготовки майбутніх учителів фізики та засобу системного засвоєння ними навчальної інформації; 3) формування наукового стилю мислення, що передбачає оволодіння нормами й принципами наукового пізнання світу; 4) здобуття досвіду самостійної практичної діяльності, що

ілюструє справедливість і цінність набутих студентами світоглядних знань у розв'язанні різноманітних проблемних та евристичних фізичних завдань, тобто трансформація їх уявлень і поглядів у переконання.

2. Обгрунтовано, що систематизація та узагальнення знань майбутніх учителів фізики на рівні сучасної фізичної картини світу сприятиме не тільки підвищенню пізнавального інтересу, усвідомленню внутрішньої логіки розвитку фізичної науки, методології наукового пізнання, але й оволодінню історичним підходом до викладання фізики в загальноосвітній школі, формуванню системи гуманістичних цінностей, національно-патріотичному вихованню. У зв'язку з цим уточнено основні характеристики феномену “фізична картина світу”, висвітлено її еволюцію та специфіку відображення у навчанні теоретичної фізики, зокрема: виявлено вихідні філософські ідеї, фундаментальні положення і принципи механістичної, електромагнітної, квантово-польової та загальні риси еволюційно-синергетичної картин світу; наведено структуру та актуальні проблеми сучасної фізичної картини світу, усвідомлення яких сприятиме підвищенню пізнавального інтересу й рівня фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики.

3. Обгрунтовано теоретико-методичні засади формування методологічного компоненту фахової компетентності майбутніх учителів фізики та необхідність реалізації у зв'язку з цим головного “методологічного” завдання навчальної дисципліни “Теоретична фізика”: засвоєння студентами основних положень фундаментальної фізичної теорії як цілісного об'єкту із зв'язками, структурно адекватними науковій теорії, що сприятиме свідомості й системності знань, а отже, поліпшенню якості їх фундаментальної підготовки. У зв'язку з цим з'ясовано сутність базових понять дослідження (“методологічні знання”, “методологічна культура”, “методологічна складова фахової компетентності” вчителя фізики); визначено дидактичні умови та запропоновано методичні рекомендації, що сприятимуть ефективному формуванню методологічного компоненту фахової компетентності майбутнього вчителя фізики у навчанні теоретичної фізики.

4. Доведено необхідність формування у майбутніх учителів фізики наукового стилю мислення як провідного компоненту наукового світогляду та невід'ємної складової їх фахової компетентності. У зв'язку з цим проаналізовано наукові підходи до трактування мислення, його видів, функцій і структури, а також передумови виникнення у науці феномену “стиль мислення”, його основних принципів і характеристик; визначено шляхи, дидактичні умови та запропоновано загальні методичні рекомендації, що сприятимуть ефективному формуванню наукового стилю мислення майбутніх учителів фізики засобами навчальної дисципліни “Теоретична фізика”. Розроблено систему тестових завдань спеціального/предметного, світоглядного та методологічного характеру, що дозволяє на основі запропонованих критеріїв і показників оцінити рівень сформованості наукового світогляду студентів за результатами навчання курсу теоретичної фізики.

Основні положення четвертого розділу дисертації висвітлено автором у публікаціях [389], [401], [408], [418], [424], [425], [440].

## РОЗДІЛ 5

### ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДИЧНОЇ СИСТЕМИ НАВЧАННЯ ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ

#### 5.1. Організація та методика проведення педагогічного експерименту

У цьому розділі наведено опис організації, методики проведення, оцінювання та аналізу результатів експериментальної роботи з проблеми дослідження. Подано основні результати експериментального навчання, на підставі яких зроблено висновки про недоліки у засвоєнні студентами матеріалів курсу теоретичної фізики за традиційними схемами навчання та головні чинники, що забезпечують ефективне оволодіння ними фізичними знаннями й уміннями на рівні проєктованих освітніх результатів при впровадженні в педагогічних університетах розробленої методичної системи навчання дисципліни.

Педагогічний експеримент тривав упродовж 2005 – 2015 рр. і складався з трьох основних етапів, для кожного з яких було визначено мету, завдання, засоби і методи проведення дослідження:

1) 2005 – 2008 рр. – констатувальний експеримент (мета: встановлення фактичного стану рівня фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики за результатами навчання курсу теоретичної фізики, уточнення вихідних параметрів, вивчення стану розробки проблеми, підтвердження актуальності теми дослідження);

2) 2008 – 2012 рр. – пошуковий експеримент (мета: розробка теоретико-методичних засад та апробація елементів методичної системи навчання теоретичної фізики в педагогічному університеті як засобу підвищення рівня фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики);

3) 2012 – 2015 рр. – формувальний експеримент (мета: перевірка ефективності розробленої методичної системи навчання дисципліни в умовах реального освітнього процесу у вищих педагогічних навчальних закладах України).

Експериментальною базою дослідження стали: Бердянський державний педагогічний університет, Запорізький національний університет, Кам'янець-Подільський національний університет імені І.Огієнка, Кіровоградський державний педагогічний університет імені В.Винниченка, Полтавський національний педагогічний університет ім. В.Г.Короленка, Одеський національний університет імені І. Мечникова, а також ЗНЗ м. Бердянська.

В експериментальній роботі брали участь 16 викладачів курсу теоретичної фізики, 8 вчителів фізики, 415 студентів і 216 учнів загальноосвітніх шкіл. Головна мета експерименту полягала в перевірці ефективності й результативності розробленої нами методичної системи навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики на основі аналізу кількісних і якісних показників рівня навчальних досягнень студентів контрольних та експериментальних груп. В організації, проведенні та обробці емпіричних даних педагогічного експерименту використовувалися рекомендації, наведені в роботах [2], [31], [114], [185], [195], [227], [435], та передбачалося:

- підготувати навчально-методичний комплекс з дисципліни “Теоретична фізика” (на прикладі розділу “Термодинаміка і статистична фізика”) для впровадження й апробації у педагогічних університетах України, що включатиме: модульну програму, навчально-методичні посібники для вивчення теоретичного матеріалу, практикум розв’язування задач, творчі завдання до самостійної та індивідуальної роботи, засоби діагностики якості навчальних досягнень студентів;

- розробити до модульної програми додаток, орієнтований на систематизацію та узагальнення знань студентів з курсу теоретичної фізики, в якому на основі структурування елементів знань визначити й конкретизувати зміст науково-теоретичної і практично-діяльній складових фахової компетентності студентів у межах окремих змістових модулів;

- розробити матеріали для проведення анкетування викладачів, експертів, учителів, студентів та учнів загальноосвітніх шкіл у контексті наукового дослідження;

- сформулювати методичні рекомендації щодо реалізації концептуальних положень розробленої методичної системи навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики;

– розробити критерії та показники рівнів сформованості складових фахової компетентності студентів, що характеризуватимуть рівень їх фундаментальної підготовки, для проведення підсумкового модульного контролю з дисципліни;

– провести кількісний та якісний аналіз результатів кожного з етапів педагогічного експерименту.

Експериментальне обґрунтування ефективності розробленої методичної системи у частині вдосконалення цілей, змісту і методів навчання, розробки засобів інтенсифікації навчально-виховного процесу та діагностики знань студентів з курсу теоретичної фізики здійснювалося за такими основними принципами:

- системна організація експериментально-дослідницького навчання;
- аналіз організаційних, структурних і змістових змін під час вивчення курсу теоретичної фізики та їх впливу на рівень навчальних досягнень та особистісного розвитку студентів;
- аналіз результатів оцінювальної діяльності викладачів, що працювали за нашими навчальними посібниками, методичними розробками та рекомендаціями в умовах дослідно-експериментального навчання;
- узагальнення даних експертного оцінювання ефективності впровадження методичної системи навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики.

У процесі педагогічного експерименту особливу увагу було звернено розробці та вдосконаленню теоретико-методологічних засад побудови методичної системи навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики, забезпеченню цілісності, збалансованості та функціональності її складових у досягненні студентами прогнозованих освітніх результатів, і зокрема відпрацюванню її контрольньо-діагностичного компоненту, а саме: виокремленню видів педагогічного контролю, уточненню норм оцінювання навчальних досягнень студентів на семінарських/практичних заняттях, результатів виконання самостійної роботи та індивідуальних творчих завдань; визначенню об'єктивних критеріїв, показників та рівнів сформованості базових складових фахової компетентності студентів, що характеризують якість їх фундаментальної підготовки. З одного боку, педагогічний контроль визначав рівень навчальних

досягнень студентів з дисципліни “Теоретична фізика”, з іншого – свідчив про дидактичну ефективність розробленої методичної системи навчання. У ході експерименту використовувалися такі види контролю:

– *вхідний контроль* (експрес-діагностика) готовності студентів до навчання у формі співбесіди, тестування або фізичного диктанту на початку вивчення цілісного курсу теоретичної фізики;

– *поточний контроль* з метою забезпечення зворотного зв'язку та управління навчальною мотивацією студентів у вигляді усного опитування під час аудиторних занять, розв'язання практичних задач курсу, виконання самостійних робіт та індивідуальних творчих завдань з обов'язковим аналізом одержаних результатів;

– *тематичний контроль* якості засвоєння студентами певної частини (змістового модулю) навчального курсу за результатами колоквиуму або тестування;

– *підсумковий модульний контроль* у формі екзамену, комплексної контрольної роботи або тестування, що передбачав перевірку рівня сформованості фундаментальних знань студентів з курсу теоретичної фізики та вмінь їх використання в практичній діяльності за визначеними компонентами і критеріями.

Під час проведення експериментальної роботи використано такі методи:

- діагностичні (бесіда, анкетування, інтерв'ювання викладачів, учителів фізики, студентів та учнів загальноосвітніх шкіл);

- спостереження й аналіз навчально-виховного процесу з курсу теоретичної фізики під час відвідування аудиторних занять;

- аналіз типової і робочих програм курсу теоретичної фізики, наукової та методичної літератури, індивідуальних планів викладачів та іншої навчально-методичної документації відповідних кафедр педагогічних університетів України;

- дослідне викладання;

- експертне оцінювання;

- методи математичної статистики для обробки емпіричних даних педагогічного експерименту.

Під час складання анкет було враховано основні вимоги до їх змісту, зокрема з метою підвищення надійності й достовірності опитування до анкети включалося



не одне, а група запитань, орієнтованих на виявлення думки з приводу певного припущення. Інтерв'ювання викладачів і студентів проводилося як для уточнення результатів анкетування, так і для збирання незалежної від анкетування інформації. Відвідування семінарських/практичних занять передбачало виявлення таких аспектів навчально-виховного процесу: а) рівень мотивації, пізнавальної активності й самостійності студентів під час аналізу теоретичних питань курсу та розв'язування задач; б) об'єм, системність та усвідомленість предметних знань студентів; в) рівень володіння математичним апаратом та “мовою” фізичної науки; г) послідовний, логічний, обґрунтований та безпомилковий виклад теоретичного матеріалу на папері під час проведення самостійних і контрольних робіт; д) вміле користування довідковою літературою; є) сумлінне та охайне ведення конспектів лекцій і семінарських занять.

Під час проведення експерименту, крім анкетування й спостережень, використовувалися контрольні роботи, тести та екзаменаційні білети. На етапі підготовки останніх на основі розробленої нами модульної програми дисципліни виділялися елементи знань, рівні їх засвоєння та підбиралися відповідні завдання для перевірки. Вирішення контрольних завдань спрямовувало студентів на диференціацію та інтеграцію знань, аналіз й обґрунтування основних наукових фактів, понять, величин, моделей, принципів, законів і розподілів як складових фундаментальних фізичних теорій, уміння встановлювати межі їх застосування, раціональне використання математичного апарату, виявлення рівня методологічної культури та власної світоглядної позиції. Окремі завдання передбачали контроль рівня та якості теоретичних знань студентів, інші – творчої розумової діяльності, вміння застосовувати набуті знання у розв'язанні проблемних та евристичних завдань навчального курсу. Критерії оцінювання успішності навчання студентів: “відмінно” – не менш 85% від максимуму балів; “добре” – не менш 70%; “задовільно” – не менш 50%. Отже, позитивна оцінка за результатами підсумкового модульного контролю свідчила про достатній рівень сформованості у студентів фундаментальних знань і практичних умінь з їх практичного застосування та належну підготовку до майбутньої педагогічної діяльності.

У цілому педагогічний експеримент мав комплексний характер і передбачав виявлення відмінностей у показниках рівня навчальних досягнень студентів контрольних та експериментальних груп за допомогою критеріїв Пірсона “ $\chi^2$ ” та Вілкоксона-Мана-Уїтні. Статистична гіпотеза про невинновість відмінностей навчальних результатів студентів перевірялася на рівні значущості  $\alpha = 0,05$ . Аналіз причин значних відмінностей рангових показників успішності навчання студентів вказував на недостатній рівень дидактичних засобів, а відповідно й осягнення та реалізації пропонованих нами теоретико-методичних засад навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики.

## **5.2. Основні етапи педагогічного експерименту та аналіз його результатів**

Педагогічний експеримент тривав впродовж 2005 – 2015 рр. і включав три етапи (констатувальний, пошуковий і формувальний), для кожного з яких було визначено мету, завдання, засоби і методи проведення дослідження. *Перший етап* (2005 – 2008 рр.) був присвячений аналізу теорії та практики навчання теоретичної фізики в педагогічних університетах України, осмисленню виявлених проблем і суперечностей фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики та пошуку шляхів їх розв’язання; системному опрацюванню архівних джерел, нормативної освітньої документації й науково-методичної літератури з проблеми дослідження, визначенню вихідних позицій та уточненню понятійно-термінологічного апарату дослідження.

Рівень фундаментальної підготовки студентів з курсу теоретичної фізики виявлявся в ході *констатувального етапу* експерименту у тих вищих навчальних закладах України, що були визначені в якості експериментальної бази дослідження. У ньому приймали участь 415 студентів-фізиків, які навчалися за традиційною методикою і завершували вивчення курсу теоретичної фізики. Основні методи проведення цього етапу експерименту – тестування, анкетування та інтерв’ювання. Останній вид контролю доповнював два перші та передбачав

уточнення на основі додаткових запитань рівня залишкових предметних і методологічних знань студентів з курсу теоретичної фізики, умінь щодо їх практичного застосування, а також світоглядних уявлень і переконань, що в підсумку дозволило оцінити свідомість, дієвість та міцність засвоєння ними системи наукових знань.

Рівень фундаментальної підготовки студентів з курсу теоретичної фізики визначався з урахуванням структури фахової компетентності (рис. 2.1), і зокрема змісту її спеціалізовано-професійних складових, на основі розроблених питань і тестових завдань спеціального/предметного, світоглядного та методологічного характеру (приклади таких завдань наведені в Додатках В.1-3). Студентам було запропоновано виконати однакову кількість завдань з кожної групи, які випадковим чином відбиралися з бази даних. Результати тестування студентів за компонентами науково-теоретичної складової фахової компетентності переводилися у 100-бальну шкалу, згідно якої кожен з них потрапляв в одну з чотирьох категорій: початковий рівень (50 – 64% від максимуму балів), середній (65 – 74%), достатній (75 – 89%), високий (більш ніж 90%). На рисунку 5.1 наведено показники сформованості науково-теоретичної складової фахової компетентності бакалаврів-фізиків за результатами навчання курсу теоретичної фізики у ході констатувального етапу педагогічного експерименту.

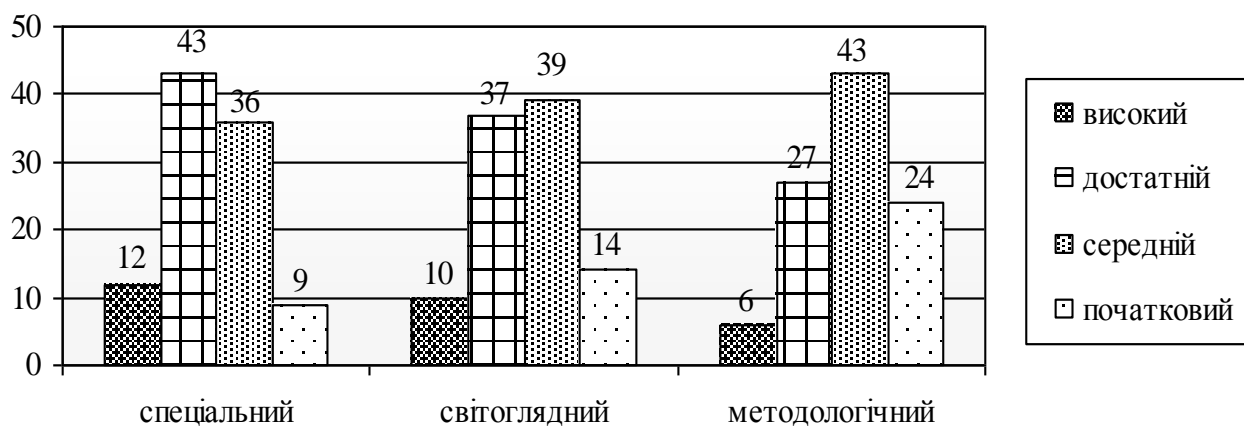


Рис. 5.1. Показники сформованості науково-теоретичної складової фахової компетентності студентів з теоретичної фізики за результатами констатувального експерименту (%)

Систематизація та узагальнення відповідних емпіричних даних засвідчила в середньому близькі результати рівня фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики та дозволило встановити таке:

- всі студенти мають мінімальний запас знань з теоретичної фізики та невисокий рівень сформованості науково-теоретичної складової фахової компетентності (середні показники за основними компонентами знаходяться на рівні: спеціальний/предметний – 71%; світоглядний – 68%; методологічний – 63%);
- переважна більшість студентів має достатній і середній рівень фундаментальної підготовки (за спеціальним/предметним компонентом загалом – 79%; світоглядним – 76%; методологічним – 70% від загальної кількості);
- у структурі науково-теоретичної складової фахової компетентності студентів наявна тенденція зменшення показників високого й достатнього (а відповідно збільшення середнього й початкового) за рівнями сформованості спеціального/предметного, світоглядного та методологічного компонентів.

Під час бесід з викладачами було виявлено:

- рівень системності знань студентів недостатній, певна частина з них розглядає теоретичну фізику як сукупність окремих навчальних дисциплін; слабо усвідомлюється ними діалектика та єдність емпіричного й теоретичного, логічного та історичного в структурі фізичного знання і пізнання;
- рівень знань студентів з основ фундаментальних фізичних теорій, їх загальної структури (схеми зв'язків між її елементами) та специфічних у науці функцій є недостатнім. Нерозуміння цих зв'язків часто перешкоджає усвідомленню ними теоретичного методу пізнання, що ускладнює перебудову “множинності” знань у “систему”;
- значна кількість студентів мала труднощі з пошуком вірної відповіді на питання світоглядного й методологічного характеру, з аргументацією та обґрунтуванням власної відповіді, що пояснюється фрагментарністю базових знань та слабким рівнем володіння ними математичним апаратом сучасної науки.

Таким чином, констатувальний експеримент засвідчив сучасний стан фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики та підтвердив актуальність системного перегляду й оновлення теоретико-методичних засад навчання теоретичної фізики в педагогічному університеті. За результатами констатувального експерименту було обґрунтовано актуальність теми дослідження, визначено об'єкт, предмет, мету, завдання та загальну концепцію теоретико-методичного дослідження.

На *другому (пошуковому) етапі експерименту* (2008 – 2012 рр.) було визначено основні шляхи вдосконалення змісту і структури навчальної дисципліни “Теоретична фізика” для студентів наряду підготовки Фізика\* педагогічних університетів, обґрунтовано теоретичні засади створення концепції і методичної системи її навчання як чинника підвищення рівня фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики, з'ясовано основні елементи освітньо-кваліфікаційної характеристики сучасного вчителя фізики; обґрунтовано дидактичні умови, шляхи розвитку, критерії, показники та рівні сформованості наукового світогляду майбутніх учителів фізики як стрижневого елементу структури особистості, основи їх фахової компетентності. Особливу увагу було звернено розробці навчально-методичного комплексу з курсу теоретичної фізики та методичних рекомендацій щодо його ефективного використання в умовах кредитно-трансферної організації навчального процесу в педагогічному університеті, апробації та корекції його окремих елементів, з'ясуванню механізму діагностики рівня навчальних досягнень студентів за визначеними компонентами фахової компетентності.

У якості критеріїв результативності розробленої методичної системи навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики обрано *мотиваційно-ціннісний, когнітивний, діяльнісний та рефлексивний* (С. 59 – 60). Вибір останніх проходив відповідно до пропонованої нами структури фахової компетентності вчителя фізики (зокрема змісту її спеціалізовано-професійних складових), у зв'язку з чим було розроблено показники рівнів фундаментальної підготовки студентів за результатами навчання курсу теоретичної фізики, а саме:

*1-й (початковий) рівень фундаментальної підготовки (розпізнавання фактів) [50 - 64 бали]:* студент володіє навчальним матеріалом на рівні розпізнавання фізичних явищ і процесів; за допомогою викладача описує останні без пояснень їх характеристик та особливостей; не знає та не пояснює структуру і зміст фундаментальної фізичної теорії; відповідає на запитання, що вимагають однослівної відповіді; розрізняє фізичні величини та одиниці їх вимірювання; розв'язує типові задачі лише на відтворення основних формул; здійснює найпростіші математичні дії; не розв'язує якісні завдання;

*2-й (середній) рівень фундаментальної підготовки (рівень репродукції) [65 - 74 бали]:* студент відтворює фрагментарно зміст навчального матеріалу; виявляє елементарні знання основних фізичних понять, законів, принципів і теорій, допускаючи логічні й фактичні помилки у висвітленні їх змісту; за допомогою викладача аналізує фізичні процеси та явища; розв'язує типові задачі курсу на одну-дві дії (за зразком), виконуючи за допомогою викладача деякі ефективні операції; у процесі розв'язування якісних завдань не здатний здійснити аналіз вихідних умов, інтерпретувати відповідні фізичні явища і процеси, самостійно зробити висновки;

*3-й (достатній) рівень фундаментальної підготовки (аналітико-синтетичний рівень) [75 – 89 балів]:* студент володіє навчальним матеріалом змістового модулю та науковою термінологією; пояснює фізичний зміст основних явищ, фактів, понять, принципів, законів і теорій; використовує знання і вміння відповідно до поставленої мети у стандартних навчальних ситуаціях; аналізує, систематизує та узагальнює навчальну інформацію; володіє навичками застосування знань під час розв'язування фізичних задач, але при цьому допускає та самостійно виправляє окремі неточності й помилки; у процесі розв'язання якісних завдань вірно обирає орієнтовну основу дій, достатньою мірою обґрунтовує відповідь; пояснює будову, принцип дії та галузі застосування найважливіших технічних об'єктів; має досвід самостійного опрацювання наукових і навчально-методичних джерел;

*4-й (високий) рівень фундаментальної підготовки (творчий рівень) [90 – 100 балів]:* студент на високому рівні опанував навчальний матеріал, розуміє внутрішню логіку та взаємозв'язки між його окремими складовими, має системні знання про

структуру і зміст фундаментальної фізичної теорії; володіє науковою термінологією; пояснює фізичний зміст основних явищ, фактів, понять, моделей, принципів і законів; використовує знання і вміння відповідно до поставленої мети у стандартних і нестандартних навчальних ситуаціях під час вирішення проблемних та евристичних завдань курсу; володіє навичками застосування знань під час розв'язування фізичних задач; у вирішенні якісних завдань послідовно й логічно аргументує власні міркування, обирає науково обгрунтовану відповідь; за потреби малює схему або рисунок, будує та аналізує графіки, користується приставками для утворення кратних фізичних величин, виводить формулу для знаходження шуканої величини стандартним або оригінальним способом; пояснює будову, принцип дії та галузі застосування найважливіших технічних об'єктів; володіє навичками здобуття нових знань на основі самостійного опрацювання наукових і навчально-методичних джерел.

*Третій (формувальний) етап педагогічного експерименту (2012 – 2015 рр.)* проводився з метою вивчення можливостей використання, переваг і недоліків створеного навчально-методичного комплексу в умовах експериментального навчання, апробації та перевірки ефективності розробленої методичної системи навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики у практиці педагогічних ВНЗ України. Методом випадкового відбору з 415 студентів було сформовано експериментальні (214 чол.) та контрольні (201 чол.) групи. Для забезпечення надійності експерименту відбір зазначених груп проводився за принципом мінімальної відмінності рівня базових знань студентів на основі узагальненого аналізу успішності навчання з курсу загальної фізики: на основі запропонованого нами комплексу тестових завдань з використанням критерію  $\chi^2$  (хі-квадрат) Пірсона встановлено, що студенти контрольних та експериментальних груп на початку експерименту мали приблизно однаковий рівень фундаментальної підготовки.

Оцінювання навчальних досягнень студентів у ході формувального етапу експерименту проводилося на основі поточного, тематичного та підсумкового модульного контролю, зміст якого співвідносився зі змістом навчання. Оцінювання студентів експериментальних і контрольних груп здійснювалось одночасно, за однаковими критеріями і засобами контролю. Разом з тим враховувалися

результати: систематичних спостережень за навчально-виховним процесом, бесід, анкетування та інтерв'ювання студентів, відгуків викладачів щодо особливостей та основних результатів експериментального навчання. Так, зокрема, у контексті наукового дослідження було проведено анкетування студентів-фізиків 3-4 курсів Бердянського державного педагогічного університету з метою виявлення рівня світоглядних знань, а також переваг і недоліків організації та проведення самостійної роботи з курсу теоретичної фізики (відповідні матеріали наведено в підрозділі 3.5, С. 243 – 244); анкетування вчителів фізики загальноосвітніх шкіл м. Бердянська Запорізької області з метою оцінки їх готовності до організації навчально-виховного процесу з фізики, орієнтованого на формування в учнів світоглядних знань і уявлень про сучасну фізичну картину світу та її еволюцію (відповідні матеріали наведено в підрозділі 4.1, С.270 – 271 та Додатку Д).

Наприкінці вивчення студентами цілісного курсу теоретичної фізики в експериментальних і контрольних групах проводились контрольні роботи, анкетування й тестування згідно встановлених нами форм, критеріїв та рівнів оцінювання. Показники рівнів сформованості у студентів знань з теоретичної фізики та вмінь щодо їх практичного застосування для контрольних та експериментальних груп за результатами формувального експерименту подано на рис. 5.2.

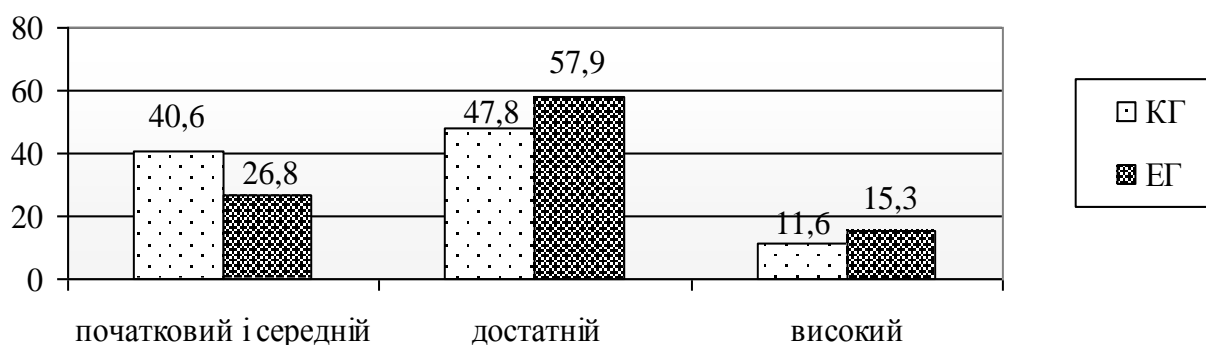


Рис. 5.2. Показники рівнів фундаментальної підготовки студентів з теоретичної фізики за результатами формувального експерименту (%)

Ефективність впровадження методичної системи навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики за результатами констатувального та формувального етапів педагогічного експерименту проілюстровано в таблиці 5.1.



Таблиця 5.1

**Результати впровадження методичної системи навчання теоретичної фізики  
майбутніх учителів фізики (%)**

Групи	Рівні фундаментальної підготовки студентів								
	початковий і середній			достатній			високий		
	констатувальний	формувальний	тенденція	констатувальний	формувальний	тенденція	констатувальний	формувальний	тенденція
Контрольні	46,1	40,6	- 5,5	44,6	47,8	+3,2	9,3	11,6	+2,3
Експериментальні	45,3	26,8	- 18,5	46,5	57,9	+11,4	8,2	15,3	+7,1

На завершальному етапі формувального експерименту було проведено ряд контрольних заходів з метою виявлення динаміки змін показників фундаментальної підготовки студентів контрольних та експериментальних груп відповідно до обраних критеріїв: ціннісно-мотиваційний і рефлексивний (анкетування; Додаток В.4), когнітивний (тестування; Додатки В.1-3); діяльнісний (комплексна контрольна робота). Результати систематизації та узагальнення відповідних даних наведено в табл. 5.2 та подано на рис. 5.3.

Таблиця 5.2

**Середні значення показників фундаментальної підготовки студентів  
відповідно до обраних критеріїв за результатами  
формувального експерименту (%)**

Критерії рівня фундаментальної підготовки студентів	Основні показники	Контрольна група			Експериментальна група		
		до	після	тенденція	до	після	тенденція
1. Ціннісно-мотиваційний	пізнавальна активність у досягненні високих освітніх результатів	67	69	+2	64	75	+11
	ставлення до наукових знань та процесу їх здобуття	72	75	+3	72	79	+9
	розуміння сутності складових фахової компетентності вчителя фізики, що характеризують рівень його фундаментальної підготовки, як провідної фахової цінності	75	76	+1	74	88	+14

Продовж. табл. 5.2

2. Когнітивний	усвідомленість і системність спеціальних/предметних знань	65	69	+4	67	78	+11
	володіння прийомами логічного та діалектичного мислення	68	73	+5	71	80	+9
	система знань про способи раціональної діяльності й самоорганізації	72	74	+2	71	73	+2
3. Діяльнісний	загально-навчальні уміння й навички застосування знань у розв'язанні пізнавальних завдань	67	72	+5	67	78	+11
	володіння навичками самостійної роботи	64	69	+5	66	73	+7
	культура і виразність мови, володіння понятійним і математичним апаратом	65	68	+3	64	71	+7
4. Рефлексивний	самопізнання і самооцінка фахових та особистісних якостей	73	81	+8	71	86	+15
	відповідальність, дисциплінованість, наполегливість	67	71	+4	65	79	+14
	прагнення до самоосвіти й самовдосконалення	74	76	+2	71	78	+7

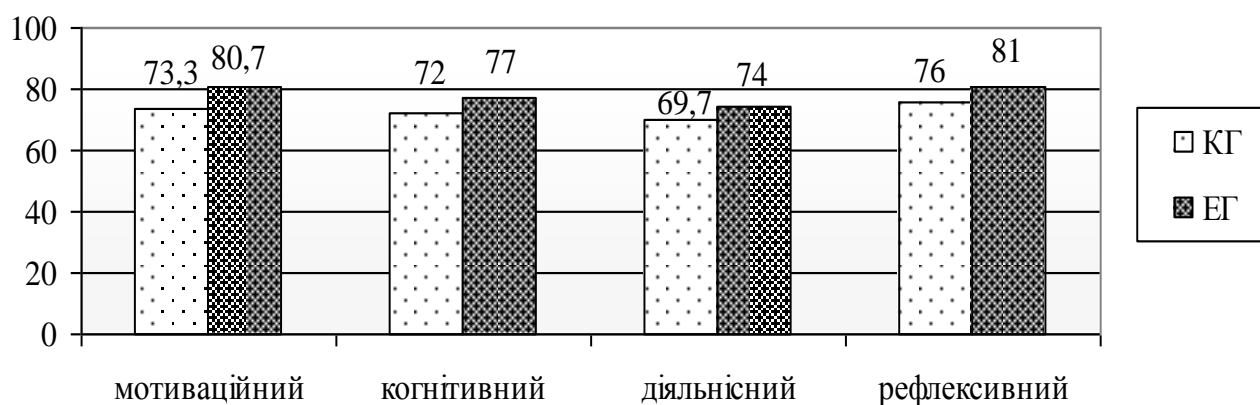


Рис. 5.3. Показники фундаментальної підготовки студентів контрольних та експериментальних груп з теоретичної фізики відповідно до обраних критеріїв за результатами формувального експерименту (%)

На основі систематизації і математичної обробки здобутих результатів за допомогою критеріїв  $\chi^2$  Пірсона [ $T_{експер} > T_{крит}(11,63 > 7,815); \nu = 3$ ] та Вілкоксона-Манна-Уїтні [ $T_{експер} < W_{\alpha/2}(16513 < 23892)$ ] було зроблено висновки про статистичну вірогідність отриманих даних та істотні відмінності в рівнях навчальних досягнень студентів експериментальних і контрольних груп, що дало підстави

стверджувати про ефективність і результативність запропонованої методичної системи навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики (розрахунок зазначених параметрів наведений у Додатку К).

Результати формувального експерименту свідчать про те, що застосування створеної методичної системи навчання теоретичної фізики та розробленого навчально-методичного комплексу забезпечує системність знань студентів з фундаментальних фізичних теорій, покращує їх академічну успішність, організованість і відповідальність, формує фахово спрямовані якості особистості. Отриману інформацію підтверджують результати спостережень за навчально-пізнавальною діяльністю студентів експериментальних і контрольних груп, які засвідчили істотну відмінність у рівнях їх мотивації, пізнавальної активності й самостійності під час аудиторних занять та позааудиторній роботі, дієвості здобутих знань та здатності до самооцінювання.

Цікавими виявилися й результати оцінювання методичної системи навчання теоретичної фізики самими студентами. Результати бесід та анкетування останніх показали: більше 60% всіх опитаних вважають, що експеримент позитивно вплинув на організацію навчання курсу теоретичної фізики в ході семестру, сприяв підвищенню пізнавального інтересу, покращив засвоєння навчального матеріалу та сприяв поліпшенню рівня фахової компетентності за її основними компонентами, що характеризують якість фундаментальної підготовки (науково-теоретичним і практично-діяльним). Серед відмінників, які приділяють навчанню постійну увагу, приєднується до цього висновку майже 100% студентів, а серед студентів, які мають середній рівень успішності за результатами останньої сесії таких виявилось 70-80%. Таким чином, нововведення було особливо корисним для основної маси студентів. Як і слід було очікувати, не захоплені від експерименту були ті студенти, які не звикли працювати систематично. Але таких виявилось небагато і сподіваємось вони змінять своє ставлення до навчання і свого майбутнього. На завершальному етапі (2015 р.) було уточнено остаточний варіант концепції дослідження, який реалізовано у монографії та навчально-методичних посібниках, сформульовано основні висновки і завершено роботу з оформлення дисертації.

### 5.3. Експертне оцінювання методичної системи навчання теоретичної фізики

З метою визначення відповідності розробленої методичної системи навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики сучасним освітнім вимогам було проведено експертне опитування фахівців відповідного профілю вищих педагогічних навчальних закладів України та вчителів–методистів загальноосвітніх шкіл. Серед експертів: 7 докторів наук, 9 кандидатів наук (вчене звання професора мали 7 експертів, доцента – 9), 8 вчителів фізики зі стажем більше п'яти років. Методами експертної оцінки було визначено вимоги, що впливають на ефективність методичної системи навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики. Для опитування експертам надавалась анкета, типова форма якої наведена в Додатку Л.1.

Експертне оцінювання методичної системи навчання теоретичної фізики проведено за такими характеристиками:

- *дидактична відповідність* меті підготовки вчителя фізики (державному стандарту вищої освіти);
- *інформаційно-змістова відповідність* змістового компоненту системи державним вимогам до якості фундаментальної фахової підготовки майбутніх учителів фізики;
  - повнота і цілісність *навчально-методичне забезпечення*;
  - *інноваційність технології* (педагогічна доцільність та рівень новизни).

Для визначення значущості кожної вимоги введено такі показники: 1) “узагальнена думка” експертів; 2) ваговий коефіцієнт “активності” та компетентності експертів; 3) рівень узгодженості висновків; 4) статистична значущість показника узгодженості висновків експертів. Алгоритм розрахунку зазначених параметрів детально представлений у [435], тому нижче наведемо лише підсумкові результати.

1. Показник “узагальненої думки” визначався як середнє арифметичне величини оцінки певної вимоги (експертні дані та відповідні математичні

розрахунки наведено в Додатку Л.2):

$$M_j = \frac{1}{m_j} \sum_{i=1}^m C_{ij}, \quad (5.1)$$

де  $m$  – загальна кількість експертів;  $m_j$  – кількість експертів, що оцінювали  $j$ -ту вимогу;  $C_{ij}$  – оцінка відносної важливості  $i$ -м експертом  $j$ -ї вимоги. За стобальною шкалою середні експертні оцінки методичної системи навчання теоретичної фізики відповідно до зазначених вимог дорівнюють:

$$M_1 = \frac{2025}{24} \approx 84,38;$$

$$M_2 = \frac{2000}{24} \approx 83,33;$$

$$M_3 = \frac{1985}{24} \approx 82,29;$$

$$M_4 = \frac{1945}{24} \approx 81,04.$$

Отримані значення свідчать про відносну вагомість певної характеристики методичної системи навчання теоретичної фізики в педагогічному університеті та високий рівень її відповідності в цілому сучасним освітнім вимогам.

Сума рангів експертної оцінки  $j$ -ї вимоги знаходимо за формулою:

$$S_j = \sum_{i=1}^m R_{ij}, \quad (5.2)$$

де  $R_{ij}$  – ранг оцінки  $i$ -м експертом  $j$ -ї вимоги. Після обчислень маємо:  $S_1 = 2025$ ;  $S_2 = 2000$ ;  $S_3 = 1975$ ;  $S_4 = 1945$ . Як бачимо, найважливішою характеристикою розробленої методичної системи навчання теоретичної фізики можна вважати ту, якій відповідає найбільше значення  $S_j$ .

2. Ваговий коефіцієнт активності експертів для  $j$ -ї вимоги обчислювався за формулою  $K_{aj} = \frac{m_j}{m}$ . Отже, для всіх вимог  $K_{aj} = 1$ . Ваговий коефіцієнт

компетентності визначався за формулою:

$$K_K = \frac{\overline{K_{O3}} + \overline{K_{apz}}}{2}, \quad (5.3)$$

де  $\overline{K_{O3}}$  – середній коефіцієнт ознайомлення експерта з досліджуваною проблемою,  $\overline{K_{apz}}$  – середній коефіцієнт аргументації. На основі емпіричних даних маємо:  $K_K = \frac{0,756+0,85}{2} \approx 0,8$ .

3. Оцінка ступеня узгодженості думок експертів передбачала визначення таких показників: коефіцієнту варіації  $v_j = \frac{\sigma_j}{M_j} \cdot 100\%$ , де середнє квадратичне відхилення  $\sigma_j = \sqrt{D_j}$ , а також дисперсії індивідуальних бальних оцінок  $j$ -вимоги:

$$D_j = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (C_{ij} - \overline{M_j})^2. \quad (5.4)$$

Коефіцієнт конкордації (узгодженості) думок експертів визначався за алгоритмом, зазначеним у роботі [435, с.78]. За результатами розрахунків:  $w = 0,77$ . З урахуванням спектру можливих значень коефіцієнта конкордації від 0 до 1 можна зробити висновок про високий рівень узгодженості думок експертів щодо відповідності методичної системи навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики сучасним освітнім (дидактичним) вимогам як в інформаційно-змістовому, так і процесуально-діяльнісному аспектах.

4. Статистичну значущість показника узгодженості думок експертів визначено з використанням критерію Пірсона “ $\chi^2$ ”:

$$\chi_{emn}^2 = \frac{12 \sum_{i=1}^m d_i^2}{m \cdot n \cdot (n+1) - \frac{1}{m-1} \cdot \sum_{j=1}^n T_j}, \quad (5.5)$$

де сума квадратів відхилень:  $d_i^2 = \sum_{i=1}^m S_i^2 - \frac{(\sum S_i)^2}{m}$ ; показників  $T_j$  однакових

рангів оцінок, наданих  $j$ -м експертом:  $T_j = \sum_{j=1}^{L_j} (m_{ij}^3 - m_{ij})$ ;  $L_j$  – кількість груп однакових рангів,  $m_{ij}$  – кількість об'єктів, які утворюють групу однакових рангів.

За результатами розрахунків отримали значення:  $\chi_{емп}^2 = 70,84$ . Згідно таблиці критичних точок розподілу Пірсона з урахуванням числа ступенів вільності ( $\nu = m - 1 = 23$ ) та рівня значущості  $\alpha = 0,05$  знаходимо:  $\chi_{кр}^2 = 35,17$ . Порівняння емпіричного та критичного значень ( $\chi_{емп}^2 > \chi_{кр}^2$ ) підтверджує припущення про коректність рівня узгодженості думок експертів. Узагальнені результати експертного оцінювання подано в табл. 5.3.

Таблиця 5.3

**Результати експертної оцінки ефективності методичної системи навчання  
теоретичної фізики майбутніх учителів фізики**

Вимоги	Середнє арифметичне, $\overline{M}_j$	Дисперсія, $D_j$	Середнє квадратичне відхилення, $\sigma_j$	Коефіцієнт варіації, $\nu_j$ (%)
Дидактична	84,38	7,84	2,8	3,3
Інформаційно-змістова	83,33	12,06	3,47	4,2
Навчально-методичне забезпечення	82,29	21,24	4,61	5,6
Інноваційність технології	81,04	9,34	3,06	3,8

Таким чином, експертне оцінювання розробленої методичної системи навчання теоретичної фізики в педагогічному університеті вказує на її відповідність сучасним освітнім вимогам, а відтак, підтверджує доцільність її запровадження як чинника підвищення рівня фундаментальної підготовки, формування фахової компетентності, розвитку професійно спрямованих якостей особистості майбутніх учителів фізики.

## Висновки до розділу 5

У ході проведеного педагогічного експерименту оцінено ефективність розробленої методичної системи навчання теоретичної фізики в педагогічному університеті як чинника підвищення рівня фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики. Експериментальне дослідження мало багатоцільовий характер, складалося з трьох етапів (констатувального, пошукового та формувального), для кожного з яких було визначено мету, завдання, засоби і методи проведення.

1. Під час констатувального етапу педагогічного експерименту на основі розробленого нами комплексу діагностичних засобів були отримані результати стосовно сучасного стану, проблем і суперечностей системи фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики, що підтвердили необхідність розробки та впровадження в навчальний процес сучасної науково-обґрунтованої методичної системи навчання теоретичної фізики, орієнтованої на формування цілісної системи фундаментальних знань і фахової компетентності майбутніх педагогів на основі принципу цілісності.

2. У ході пошукового етапу педагогічного експерименту в якості багатокомпонентного освітнього продукту, що являє собою інформаційну модель навчально-виховного процесу та невід'ємну складову створеної нами методичної системи навчання, було розроблено й апробовано в практиці вищих педагогічних навчальних закладів України цілісний навчально-методичний комплекс з дисципліни “Теоретична фізика” (на прикладі розділу “Термодинаміка і статистична фізика”). Підготовлено методичні рекомендації щодо реалізації концептуальних положень розробленої методичної системи навчання у підготовці майбутніх учителів фізики; розроблено матеріали для підсумкового модульного контролю з дисципліни та проведення анкетування викладачів, експертів, вчителів, студентів та учнів загальноосвітніх шкіл у контексті наукового дослідження.

3. З метою порівняння результатів експериментального навчання для студентів контрольних (204 чол.) та експериментальних (214 чол.) груп, сформованих на базі шести вищих навчальних закладів України, розроблено критерії (мотиваційно-ціннісний, когнітивний, діяльнісний, рефлексивний) та показники рівнів (початковий, середній, достатній, високий) фундаментальної



підготовки студентів за результатами навчання курсу теоретичної фізики.

4. На основі систематизації і математичної обробки здобутих у ході формувального етапу педагогічного експерименту результатів за допомогою критеріїв  $\chi^2$  Пірсона [ $T_{експер} > T_{крит} (11,63 > 7,815); \nu = 3$ ] та Вілкоксона-Манна-Уїтні [ $T_{експер} < W_{\alpha/2} (16513 < 23892)$ ] було зроблено висновки про статистичну вірогідність отриманих даних та істотні відмінності в рівнях навчальних досягнень студентів експериментальних і контрольних груп за обраними критеріями (мотиваційно-ціннісний, когнітивний, діяльнісний та рефлексивний). Результати експертного оцінювання розробленої методичної системи навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики підтвердили її відповідність сучасним освітнім вимогам, а саме: дидактична та інформаційно-змістова відповідність, повнота й цілісність навчально-методичного забезпечення, інноваційність методичних підходів.

Таким чином, результати педагогічного експерименту засвідчили достовірність запропонованих теоретико-методичних засад та ефективність функціонування розробленої методичної системи навчання теоретичної фізики, орієнтованої на формування фундаментальних знань і фахової компетентності майбутніх учителів фізики на основі принципу цілісності освітнього процесу.

## ВИСНОВКИ

Узагальнення результатів проведеного дослідження щодо розроблення теоретичних і методичних засад навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики в умовах сучасного розвитку фізичної освіти у вищій педагогічній школі України дають підстави сформулювати такі висновки:

1. Проведено ретроспективний аналіз становлення фізичної освіти у вищих педагогічних навчальних закладах України згідно науково обґрунтованих критеріїв, у результаті чого уточнено основні закономірності й тенденції її розвитку; визначено напрям наукових пошуків щодо проектування освітньо-кваліфікаційної характеристики сучасного вчителя фізики на засадах компетентнісного підходу. Проаналізовано освітньо-професійну програму підготовки бакалаврів за напрямом Фізика\*, на основі чого уточнено роль, місце та міждисциплінарні зв'язки навчальної дисципліни “Теоретична фізика”; визначено основні принципи та організаційно-педагогічні умови особистісно зорієнтованого навчання теоретичної фізики, що сприятимуть реалізації індивідуального підходу та підвищенню рівня фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики. Встановлено стан розв'язання проблеми дослідження, зокрема, відсутність комплексних наукових праць, присвячених оновленню й удосконаленню теоретико-методичних засад навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики в сучасних освітніх умовах.

2. На основі системного аналізу теорії та методики навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики доведено необхідність реалізації у практиці сучасного педагогічного університету цілісного й системного підходу, що забезпечуватиме поетапне формування, розширення й поглиблення знань студентів з фундаментальних основ фізичної науки, оволодіння методами наукового пізнання та способами продуктивної діяльності із застосування знань на практиці; створення оптимальних умов для послідовного й неухильного зростання світоглядного і загальнокультурного потенціалів особистості. Виявлено, що за умов підвищення ролі самоосвітньої навчальної діяльності студентів у контексті сучасних освітніх реформ зростає потреба в розробці такої

методичної системи навчання курсу теоретичної фізики, що забезпечуватиме досягнення прогнозованих освітніх результатів відповідно до вимог стандарту вищої освіти. У зв'язку з цим, обґрунтовано провідне освітнє завдання навчальної дисципліни “Теоретична фізика” у підготовці сучасного вчителя фізики, згідно якого засвоєння ним фундаментальних наукових знань повинно сприяти розвитку особистості, носити діяльнісний характер та бути органічно включено в процес формування фахової компетентності.

3. Уперше запропоновано теоретичні та методичні засади навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики на основі особистісно зорієнтованого, діяльнісного і компетентнісного підходів для досягнення єдності їх фундаментальної і фахової підготовки. Уперше в умовах кредитно-трансферної організації навчального процесу в педагогічному університеті запропоновано методичну систему навчання теоретичної фізики, орієнтовану на формування фундаментальних знань і фахової компетентності майбутніх учителів фізики з урахуванням принципу цілісності, що базується на взаємозв'язку науково обґрунтованих компонентів (цільового, змістовно-процесуального, діагностично-результативного) та передбачає дотримання концептуальних підходів і організаційно-педагогічних умов, за яких її впровадження буде ефективним.

Обґрунтовано, що базовим, системоутворювальним елементом методичної системи навчання є цільовий компонент, оскільки визначає функції всіх інших та передбачає усвідомлення суб'єктами навчально-виховного процесу загальної мети та основних завдань вивчення дисципліни в педагогічному університеті, що залежить від соціуму та вимог державного стандарту вищої освіти. Основа методичної системи – змістовно-процесуальний компонент, який містить згідно навчального плану і розробленої нами модульної програми дисципліни відповідний навчальний матеріал та дидактичні елементи, що забезпечують його ефективне засвоєння. Діагностично-результативний компонент методичної системи включає засоби системної та неперервної діагностики навчальних досягнень студентів, критерії та показники рівнів їх фундаментальної підготовки за результатами навчання теоретичної фізики.

Доведено, що запропонована методична система навчання теоретичної фізики є відкритою та гнучкою. Відкритість системи забезпечується систематичним оновленням змістовно-процесуального компоненту на основі врахування передових досягнень фізики, психолого-педагогічних наук, тенденцій розвитку вищої педагогічної освіти; гнучкість – поглибленням фундаментальності навчального курсу в поєднанні з його фаховою спрямованістю, підсиленням ролі самостійної роботи студентів з урахуванням їх індивідуальних особливостей, забезпеченням можливостей для реалізації ними індивідуальної освітньої траєкторії. Оптимізація процесу навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики реалізується за рахунок взаємозв'язків між компонентами методичної системи, які забезпечують її функціонування.

4. Уперше запропоновано модульну програму навчальної дисципліни “Теоретична фізика” для студентів педагогічних університетів, в якій оновлено змістову й результативну складові з урахуванням принципів науковості, взаємозв'язку й наступності з курсом загальної фізики, модульності як важливого чинника самоосвіти студентів; навчальний матеріал змістових модулів представлено у вигляді “інваріантного (теоретичного) ядра – варіативної (прикладної, фахово-зорієнтованої) оболонки”, що дозволяє реалізувати диференційований підхід у навчанні, а також розвивальний і виховний потенціали дисципліни. На основі структурування елементів знань визначено й конкретизовано зміст науково-теоретичної та практично-діяльній складових фахової компетентності студентів для кожного змістового модулю дисципліни, чим забезпечується системність і дієвість знань на довготривалу перспективу, формування вмінь швидко оволодівати новою інформацією. Розроблено критерії (мотиваційно-ціннісний, когнітивний, діяльнісний, рефлексивний) та показники рівнів фундаментальної підготовки студентів за результатами навчання курсу теоретичної фізики.

5. Розроблено та впроваджено в процес підготовки майбутніх учителів фізики навчально-методичний комплекс з дисципліни “Теоретична фізика”(на прикладі курсу “Термодинаміка і статистична фізика”). Обґрунтовано концептуальні засади створення навчально-методичного комплексу з курсу теоретичної фізики для

педагогічних університетів як багатокomпонентного освітнього продукту, який б раціонально акумулював мотиваційну, інформаційну, самоосвітню та контролюючі функції, сприяв оптимізації та інтенсифікації навчально-виховного процесу, відповідав тенденціям сучасної педагогічної освіти та вимогам державного стандарту вищої освіти. У зв'язку з цим в якості основи ефективного функціонування створеної нами методичної системи навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики розроблено на спільній теоретико-методичній основі навчально-методичний комплекс з дисципліни (на прикладі курсу “Термодинаміка і статистична фізика”), що включає: модульну навчальну програму, навчально-методичні посібники для вивчення теоретичного матеріалу, практикум розв'язування задач, творчі завдання до самостійної та індивідуальної роботи, засоби діагностики рівня навчальних досягнень студентів. Навчально-методичний комплекс впроваджено в підготовку майбутніх учителів фізики низки вищих навчальних закладів України.

6. Запропоновано методичні підходи до комплексного розв'язання проблеми формування наукового світогляду майбутніх учителів фізики як стрижневого елемента структури особистості, основи їх фахової компетентності та одного з пріоритетних завдань курсу теоретичної фізики педагогічного університету. Визначено основні дидактичні умови та організаційно-педагогічні чинники, що сприятимуть формуванню й розвитку наукового світогляду майбутніх учителів фізики у навчанні теоретичної фізики, а також запропоновано методичні рекомендації щодо їх реалізації у навчальному процесі. Висвітлено еволюцію і структуру сучасної фізичної картини світу та специфіку її відображення у навчанні теоретичної фізики. Запропоновано критерії, компоненти та показники рівнів сформованості наукового світогляду студентів за результатами навчання курсу теоретичної фізики, що завершує їх фундаментальну підготовку в педагогічному університеті.

7. Здійснено експериментальну перевірку ефективності розробленої методичної системи навчання теоретичної фізики, орієнтованої на формування фундаментальних знань і фахової компетентності майбутніх учителів фізики на основі принципу цілісності. Аналіз статистичної обробки результатів

педагогічного експерименту засвідчив істотну різницю у рівнях фундаментальної підготовки студентів експериментальних груп порівняно з контрольними за визначеними компонентами (мотиваційно-ціннісним, когнітивним, діяльнісним, рефлексивним). Результати експертного оцінювання розробленої методичної системи навчання дисципліни підтвердили її відповідність сучасним освітнім вимогам. Доведено, що організація навчально-виховного процесу з курсу теоретичної фізики в педагогічному університеті відповідно до запропонованих теоретико-методичних засад є педагогічно доцільною, підвищує рівень фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики, забезпечує ефективне формування наукового світогляду, сприяє їх фаховому та особистісному зростанню й самоствердженню, а, отже, дозволяє виконати важливе державне завдання – підготовку науково-педагогічних кадрів високої кваліфікації.

Проведене дослідження не вичерпує всіх аспектів комплексної та багатогранної проблеми організації ефективного навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики і засвідчує необхідність її подальшого розроблення за такими найбільш перспективними напрямками, як: а) удосконалення методики навчання класичної та квантової механіки курсу теоретичної фізики педагогічного університету в контексті фундаменталізації фізичної освіти, приведення останніх відповідно до рівня та методології сучасної науки; б) розробка концептуальних теоретико-методичних засад дистанційної форми навчання курсу теоретичної фізики, що забезпечуватиме фундаментальну підготовку майбутніх учителів фізики на рівні державних нормативних освітніх вимог; в) комплексна реалізація у навчанні теоретичної фізики складної діалектики та єдності емпіричного й теоретичного, логічного та історичного в структурі фізичного знання й пізнання, що сприятиме цілісності та системності спеціальних/предметних, світоглядних і методологічних знань студентів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абракова Л. В. Интеграционные тенденции в мировом высшем образовании : автореф. дис. на соискание учёной степени канд. пед. наук : спец. 13.00.01 “Общая педагогика, история педагогики и образования” / Л. В. Абракова. – Рязань, 2003. – 19 с.
2. Аванесов В. С. Композиция тестовых заданий / В. С. Аванесов. – М. : Центр тестирования, 2002. – 240 с.
3. Агибова И. М. Комплексная подготовка преподавателя физики в университете : дис. ... доктора пед. наук : 13.00.08 / И. М. Агибова. – Ярославль, ЯГПУ, 2004. – 488 с.
4. Азимов Э. Г. Словарь методических терминов / Э. Г. Азимов, А. Н. Щукин. – СПб. : Златоуст, 1999. – 264 с.
5. Айзензон А. Е. Многоаспектный целостный подход при развивающем обучении физике в системе высшего военного образования : автореф. дис. на соискание учёной степени д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 13.00.02 “Теория и методика обучения и воспитания (физика)” / А. Е. Айзензон. – М., 1999. – 32 с.
6. Алейников Б. А. Активизация самостоятельной работы студентов в системе семинарских занятий по общей физике в педагогическом вузе : автореф. дис. на соискание учёной степени канд. пед. наук : спец. 13.00.02 “Теория и методика обучения (физика)” / Б. А. Алейников. – Челябинск, 1984. – 16 с.
7. Алексеев Н. А. Личностно-ориентированное обучение : вопросы теории и практики : монография / Н. А. Алексеев. – Тюмень : Изд-во ТГУ, 1996. – 216 с.
8. Алексюк А. М. Самостійна робота студентів / А. М. Алексюк. – К. : Либідь, 1998. – 433 с.
9. Аль-Таравна С. Н. Курс теоретической физики в системе профессиональной подготовки учителя физики : автореф. дис. на соискание учёной степени канд. пед. наук : спец. 13.0.08 “Теория и методика профессионального образования” / С. Н. Аль-Таравна. – Ставрополь : Ставропольский гос. ун-т, 2000. – 21 с.
10. Амбросов А. Системний погляд на місію вищої освіти / А. Амбросов, О. Сердюк // Вища освіта України. – 2007. – № 3. – С. 21-29.
11. Ан А. Ф. Теоретико-методологические основы непрерывного физического образования / А. Ф. Ан. – Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2008. – 194 с.

12. Андреев В. О. Теоретична фізика. Класична механіка : навч. посіб. / Андреев В. О., Дущенко В. П., Федорченко А. М. – К. : Вища школа, 1984. – 223 с.
13. Андрианов В. М. Досягнення сучасної фізики і техніки і фізична картина світу : навч. посіб. [для магістрів фіз-мат. спец. пед. вузів] / В. М. Андрианов. – Вінниця : ВДПУ, 2008. – 68 с.
14. Андрианов В. М. Удивительный мир физики / В. М. Андрианов. – Винница, 1996. – 220 с.
15. Андрущенко В. П. Роздуми про освіту: статті, нариси, інтерв'ю / В. П. Андрущенко. – К. : Знання України, 2008. – 804 с.
16. Андрущенко В. П. Світоглядна культура сучасного вчителя : проблема формування / В. П. Андрущенко, С. О. Дорогань // Вища освіта України. – 2002. – № 3. – С. 5-13.
17. Анісімов І. О. Комп'ютерна програма тестування студентів / Анісімов І. О., Борисов О. А., Левитський С. М., Ткачук А. В. // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. Серія : педагогічні науки. – Чернігів : ЧДПУ, ім. Т. Г. Шевченка, 2000. – Вип. 3. – С. 146-149.
18. Ансельм А. И. Основы статистической физики и термодинамики / А. И. Ансельм. – М. : Просвещение, 1973. – 423 с.
19. Архипкин В. Г. Естественно-научная картина мира : учеб. пособие / В. Г. Архипкин, В. П. Тимофеев. – Красноярск : Краснояр. гос. ун-т, 2002. – 320 с.
20. Архипова А. И. Теоретические основы учебно-методического комплекса по физике : автореф. дис. на соискание учёной степени д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теория и методика обучения (физика)” / А. И. Архипова. – М., 1998. – 38 с.
21. Асманова И. Ю. Развитие системного мышления студента как условие фундаментализации и профессионализации усваиваемых знаний: дис. ... кандидата пед. наук : 13.00.08 “Теория и методика профессионального образования” / И. Ю. Асманова. – Ставрополь : СГПУ, 2004. – 178 с.
22. Атаманчук П. С. Дидактика физики (основные аспекты) : монография / П. С. Атаманчук, П. И. Самойленко. – М. : РИО Московского гос. ун-та технологий и управления, 2006. – 245 с.



23. Атаманчук П. С. Компетентнісний підхід у становленні майбутнього вчителя фізики / П. С. Атаманчук, О. І. Ніколаєв // Зб. наук. праць Уманського державного педагогічного університету імені П.Тичини. – Умань : УДПУ ім. П.Тичини, 2012. – Ч. 4. – С. 9-17.

24. Атаманчук П. С. Концептуальні основи прогнозування фізичної освіти / П. С. Атаманчук, І. І. Тичина // Зб. наук. праць Кам'янець-Подільського державного університету : Серія педагогічна : Дидактика фізики в контексті орієнтирів Болонського процесу. – Кам'янець-Подільський : К.-ПДУ, 2005. – Вип. 11. – С. 10-13.

25. Атаманчук П. С. Теорія і методика управління пізнавальною діяльністю старшокласників у навчанні фізики : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія і методика навчання (фізика)” / П. С. Атаманчук. – К., 2000. – 40 с.

26. Атаманчук П. С. Элементы интерактивных технологий обучения физике : учеб. пособие / Атаманчук П. С., Самойленко П. И., Сосницкая Н. Л. – М. : АПК и ППРО, 2007. – 148 с.

27. Атанов Г. А. Деятельностный подход в обучении / Г. А. Атанов. – Донецк : ЕАИ-пресс, 2001. – 160 с.

28. Атанов Г. А. Обучение и искусственный интеллект или основы современной дидактики высшей школы / Г. А. Атанов, И. Н. Пустынникова. – Донецк : Изд-во ДООУ, 2002. – 504 с.

29. Афанасьев В. В. Профессионализация предметной подготовки учителя физики в педагогическом вузе / В. В. Афанасьев, Ю. П. Поваренков, Е. И. Смирнов, В. Д. Шадриков. – Ярославль, 2000. – 389 с.

30. Базаров И. П. Методологические проблемы статистической физики и термодинамики / И. П. Базаров. – М. : Изд-во МГУ, 1979. – 87 с.

31. Байденко В. И. Выявление состава компетенций выпускников вузов как необходимый этап проектирования ГОС ВПО: метод. пособие / В. И. Байденко. – М. : Исслед. центр проблем качества подготовки специалистов, 2006. – 72 с.

32. Бабанский Ю. К. Оптимизация учебно-воспитательного процесса / Ю. К. Бабанский. – М. : Просвещение, 1982. – 192 с.

33. Барсукова Н. К. Формирование научного мировоззрения студентов в образовательном процессе вуза : автореф. дис. на соискание учёной степени канд. пед. наук : спец. 13.00.01 “Общая педагогика, история педагогики и образования” / Н. К. Барсукова. – Новокузнецк : Кузбасская гос. пед. академия, 2007. – 18 с.

34. Баханов К. О. Педагогічна система як дидактична категорія / К. О. Баханов // Зб. наук. праць Бердянського державного педагогічного університету. Серія : Педагогічні науки. – Бердянськ : БДПУ, 2007. – № 4. – С. 19-23.

35. Баширова И. А. Теоретизация знаний учащихся по физике на основе методологических принципов : автореф. дис. на соискание учёной степени канд. пед. наук : спец. 13.00.02 “Теория и методика обучения и воспитания (физика)” / И. А. Баширова. – Киров : Вят. гос. гуманитар. ун-т, 2003. – 20 с.

36. Белых А. С. Культура мировоззрения как категория методологии педагогики / А. С. Белых // Гуманітарні науки. – 2005. – № 1. – С. 160-163.

37. Бенера В. Є. Розвиток теорії і практики самостійної роботи студентів у навчальному процесі вищих закладів освіти України (друга половина ХІХ – початок ХХІ ст.) : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук : спец. 13.00.01 “Загальна педагогіка та історія педагогіки” / В. Є. Бенера. – К., 2011. – 43 с.

38. Бережнова Е. В. Методологическая культура педагога / Е. В. Бережнова // Гуманизация образования. – 1998. – № 1. – С. 63-68.

39. Берулава Г. А. Диагностика естественнонаучного мышления / Г. А. Берулава // Педагогика. – 1993. – № 1. – С. 18-22.

40. Беспалько В. П. Слагаемые педагогической технологии / В. П. Беспалько. – М. : Педагогика, 1999. – 192 с.

41. Бех І. Д. Виховання особистості : у 2 кн. Кн. 1 : Особистісно-орієнтований підхід : теоретико-технологічні засади / І. Д. Бех. – К. : Либідь, 2003. – 277 с.

42. Біла книга національної освіти України / АПН України ; [за ред. В. Г. Кременя]. – К., 2009. – 185 с.

43. Благодаренко Л. Ю. Методологічні аспекти підготовки фахівців з фізики / Л. Ю. Благодаренко, М. І. Шут // Науковий часопис НПУ імені М.П.Драгоманова.

Серія № 3. Фізика і математика у вищій і середній школі. – К. : НПУ ім. М.П.Драгоманова, 2006. – № 2. – С. 20-21.

44. Благодаренко Л. Ю. Особистісно-орієнтоване навчання фізики в педагогічних класах : автореф. дис. на здобуття наукового ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія і методика навчання (фізика)” / Л. Ю. Благодаренко. – К., 2003. – 23 с.

45. Благодаренко Л. Ю. Перспективи оновлення фізичної освіти в основній школі / Л. Ю. Благодаренко, М. І. Шут // Зб. наук. праць Кам’янець-Подільського національного університету. – Кам’янець-Подільський : К-ПНУ, 2008. – Вип. 14. – С. 13-15.

46. Благодаренко Л. Ю. Теоретико-методичні засади реалізації фізичної компоненти державного стандарту базової середньої освіти : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія і методика навчання (фізика)” / Л. Ю. Благодаренко. – К., 2011. – 40 с.

47. Благодаренко Л. Ю. Технології особистісно-орієнтованого навчання фізики : навч.-метод. посібник / Л. Ю. Благодаренко. – К. : НПУ імені М. П. Драгоманова, 2005. – 112 с.

48. Благодаренко Л. Ю. Формування готовності учнів до самоосвіти у процесі самостійної роботи / Л. Ю. Благодаренко, Л. В. Мініч, М. І. Шут // Зб. наук. праць Херсонського державного університету. Серія : Педагогічні науки. – Херсон : Вид-во ХДУ, 2005. – Вип. 38. – С. 62-67.

49. Бобрицька В. І. Особливості професійної підготовки майбутнього вчителя на сучасному етапі становлення вищої педагогічної освіти [Електронний ресурс] / В. І. Бобрицька // Зб. наук. праць Чорноморського державного університету імені П. Могили. – Миколаїв : РВВ ЧДУ ім. П. Могили. – Т. 42. – Вип. 29. – С. 33-38. – Режим доступу : <http://lib.chdu.edu.ua/naukpraci/pedagogika/2005/42-6.pdf>.

50. Богданов І. Т. Методична система формування фізико-технічних знань у процесі фахової підготовки майбутніх учителів фізики : монографія / І. Т. Богданов. – Донецьк : Юго-Восток, 2009. – 272 с.

51. Богданов І. Т. Психолого-педагогічні передумови навчання загальної фізики на нефізичних спеціальностях / І. Т. Богданов // Сучасні тенденції розвитку природничо-математичної освіти : матер. міжнар. конф., 11-14 вересня 2002 р. – Херсон : Вид-во ХДПУ, 2002. – С. 3-8.

52. Богданов І. Т. Фундаменталізація професійної освіти у вищих навчальних педагогічних закладах / І. Т. Богданов // Зб. наук. праць Бердянського державного педагогічного університету. – Бердянськ : БДПУ, 2002. – № 4. – С. 91-98.

53. Боликова Л. Ю. Методологическая культура как объект и предмет исследований в педагогике / Л. Ю. Боликова, Е. Н. Васякина // Известия Пензенского государственного пед. ун-та им. В. Г. Белинского, 2012. – № 28. – С. 698-704.

54. Болонський процес у фактах і документах / [упоряд. М. Ф. Степко, Я. Я. Болюбаш., В. Д. Шинкарук та ін.]. – Київ – Тернопіль : ТНПУ імені В. Гнатюка, 2003. – 52 с.

55. Бондаревская Е. В. Гуманистическая парадигма личностно-ориентированного образования / Е. В. Бондаревская // Педагогика. – 1997. – № 4. – С. 11-17.

56. Борисенок С. В. Современные тенденции обучения физике в педагогических вузах / С. В. Борисенок, А. С. Кондратьев / Физика в системе современного образования : матер. VII междунар. конф. – СПб. : Изд-во РГПУ имени А. И. Герцена, 2003. – С. 121-124.

57. Борн М. Физика в жизни моего поколения / М. Борн. – М. : Просвещение, 1963. – 535 с.

58. Брусник О. В. Методическая система обучения классической механики в курсе основы теоретической физики для педагогического вуза : автореф. дис. на соискание учёной степени канд. пед. наук : спец. 13.00.02 “Теория и методика обучения и воспитания (физика)” / О. В. Брусник. – Томск, 2007. – 19 с.

59. Брусник О. В. Общие методические указания к изучению курса теоретической физики в педагогическом университете / О. В. Брусник // Вестник Томского государственного педагогического университета. Серия: Естественные и точные науки. – Томск : ТГПУ, 2006. – № 6 (57). – С. 167-169.

60. Бугаев А. И. Методика преподавания физики в средней школе: Теоретические основы / А. И. Бугаев. – М. : Просвещение, 1981. – 288 с.

61. Бугаев А. И. Тенденции развития обучения физике в современной общеобразовательной школе : дис. ... доктора пед. наук в форме научного доклада : 13.00.02 / Александр Иванович Бугаев. – М., 1983. – 48 с.

62. Будний Б. Є. Теоретичні основи формування в учнів системи фундаментальних фізичних понять : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія і методика навчання (фізика)” / Б. Є. Будний. – К., 1997. – 51 с.

63. Булавін Л. А. Науково-методичні проблеми безперервної фізичної освіти / Л. А. Булавін, П. П. Чолпан, В. М. Ящук // Науковий часопис НПУ імені М.П.Драгоманова. Серія № 3. Фізика і математика у вищій і середній школі : зб. наук. праць. – К. : НПУ ім. М.П.Драгоманова, 2006. – № 2. – С. 29-31.

64. Булах І. Є. Теорія і методика комп'ютерного тестування успішності навчання (на матеріалах медичних навчальних закладів) : дис. ... доктора пед. наук : 13.00.01 / І. Є. Булах. – К., 1995. – 430 с.

65. Бургун І. В. Формування наукового світогляду учнів основної школи у навчанні фізики : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія та методика навчання (фізика)” / І. В. Бургун. – К., 2001. – 21 с.

66. Бурдейна Н. Б. Методичні основи створення та використання навчального комплексу з фізики для студентів вищих будівельних навчальних закладів : автореф. дис. на здобуття наукового ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія і методика навчання (фізика)” / Н. Б. Бурдейна. – К., 2009. – 24 с.

67. Буржинская Т. Г. Методическая система учителя как профессионально-педагогический феномен / Т. Г. Буржинская // Фундаментальные исследования. – 2008. – № 6. – С. 108-110.

68. Буряк В. Керування самостійною роботою студентів / В. Буряк // Вища школа. – 2001. – № 4-5. – С. 48-52.

69. Бушок Г. Ф. Методика преподавания общей физики в высшей школе / Г. Ф. Бушок, Е. Ф. Венгер. – К., 2000. – 415 с.

70. Бушок Г. Ф. Научно-методические основы преподавания физики в педвузах : автореф. дис. на соискание учёной степени д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теория и методика обучения и воспитания (физика)” / Г. Ф. Бушок. – М., 1983. – 36 с.

71. Ваганова В. И. Система профессионально-методической подготовки преподавателя физики в классическом университете : автореф. дис. на соискание учёной степени д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теория и методика обучения и воспитания (физика)” 13.00.08 “Теория и методика профессионального образования” / В. И. Ваганова. – М., 2005. – 43 с.

72. Важеевская Н. Е. Задания по физике с методологическим содержанием / Н. Е. Важеевская, Н. В. Шаронова // Физика : Приложение к газете “Первое сентября”, 1994. – № 15. – С. 3. – № 17-18. – С. 8. – № 19-20. – С. 8.

73. Важеевская Н. Е. Развитие диалектического мышления как условие формирования современного научного мышления учащихся / Н. Е. Важеевская // Физика в школе. – 1991. – № 5. – С. 38-40.

74. Вакарчук І. О. Квантова механіка : підручник / І. О. Вакарчук. – Львів : ЛНУ імені І.Франка, 2004. – 784 с.

75. Вансклевич А. Про використання модульної технології навчання фізики / А. Вансклевич // Фізика та астрономія в школі. – 1997. – № 4. – С. 19-23.

76. Васеева О. С. Формирование современного научного мировоззрения будущего учителя при обучении физике на основе идей синергетики : автореф. дис. на соискание учёной степени канд. пед. наук : спец. 13.00.02 “Теория и методика обучения (физика)” / О. С. Васеева. – Екатеринбург : Уральский гос. пед. ун-т, 2012. – 23 с.

77. Василевский А. С. Курс теоретической физики. Термодинамика и статистическая физика / А. С. Василевский. – М. : Дрофа, 2006. – 240 с.

78. Василенко А. Б. Современное состояние теоретической физики / А. Б. Василенко. – М. : Ленанд, 2014. – 72 с.

79. Веденов М. Ф. Проблема стилей мышления в естествознании / М. Ф. Веденов, Ю. В. Сачков. – М. : Знание, 1971. – № 4. – 32 с.

80. Величко С. П. Вивчення основ квантової фізики : навч. посіб. / С. П. Величко, Л. Д. Костенко. – Кіровоград : РВЦ КДПУ імені В. Винниченка, 2002. – 274 с.

81. Величко С. П. Розвиток системи навчального фізичного експерименту в сучасній середній школі : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія і методика навчання (фізика)” / С. П. Величко. – К., 1998. – 34 с.
82. Венгер Є. Ф. Основи квантової механіки : навч. посіб. [для студ. фіз.-мат. спец. вищих пед. навч. закл.] / Є. Ф. Венгер, В. М. Грибань, О. В. Мельничук. – К. : Вища школа, 2002. – 286 с.
83. Венгер Є. Ф. Основи статистичної фізики і термодинаміки / Венгер Є. Ф., Грибань В. М., Мельничук О. В. – К. : Вища школа, 2004. – 255 с.
84. Вербицкий А. А. Инварианты профессионализма : проблемы формирования : монография / А. А. Вербицкий, М. Д. Ильязова. – М. : Логос, 2011. – 288 с.
85. Веселова О. А. Формирование научного мировоззрения студентов в образовательно-воспитательном процессе высшей школы : автореф. дис. на соискание учёной степени канд. пед. наук : спец. 13.00.01 “Общая педагогика, история педагогики и образования” / О. А. Веселова. – Нижний Новгород, 2008. – 18 с.
86. Вигнер Ю. Этюды о симметрии / Ю. Вигнер. – М. : Мир, 1971. – 320 с.
87. Вильф Ф. Ж. Опусы теоретической физики / В. Ж. Вильф. – М. : Когито-Центр, 2004. – 221 с.
88. Виненко В. Г. Структуры динамического хаоса / В. Г. Виненко // Физика в школе. – 1997. – № 1. – С. 53-61.
89. Виноградов Д. В. Развитие теоретического мышления студентов в процессе обучения физике в педагогическом вузе : автореф. дис. на соискание учёной степени канд. пед. наук : спец. 13.00.02 “Теория и методика обучения и воспитания (физика)” / Д. В. Виноградов. – Нижний Тагил, 2005. – 17 с.
90. Вища освіта України і Болонський процес : навч. посіб. / [М. Ф. Степко, Я. Я. Болюбаш, В. Д. Шинкарук та ін.] ; за ред. В. Г. Кременя. – Тернопіль : ВЕЖА, 2004. – 384 с.
91. Вовкотруб В. П. Теоретичні та методичні основи реалізації вимог ергономіки навчального фізичного експерименту : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук : спец. 13.00.02. “Теорія і методика навчання (фізика)” / В. П. Вовкотруб. – К., 2007. – 41 с.

92. Войтко В. И. Психологический словарь / В. И. Войтко. – К. : Вища школа, 1982. – 215 с.

93. Галатюк Ю. М. Методологічна культура у навчанні фізики як засіб і продукт творчої навчально-пізнавальної діяльності / Т. Ю. Галатюк, Ю. М. Галатюк // Вісник Черкаського національного університету. Серія : Педагогічні науки. – Черкаси : ЧНУ імені Б. Хмельницького, 2012. – № 13(226). – С. 25-29.

94. Галузеві стандарти вищої освіти. Фізика / [укл. Г. П. Грищенко, В. М. Андронов, М. І. Шут та ін.]. – К. : Вид-во НПУ ім. М.П.Драгоманова, 2003. – 74 с.

95. Гальперин П. Я. Введение в психологию : учеб. пособие для вузов / П. Я. Гальперин. – М. : Книжный дом “Университет”, 2000. – 336 с.

96. Гальцов Д. Г. Теоретическая физика для студентов-математиков / Д. Г. Гальцов. – М. : Изд-во Московского ун-та, 2003. – 318 с.

97. Гарбер Е. И. Методика профессиографии / Е. И. Гарбер, В. В. Козач. – Саратов : Изд-во Саратовского ун-та, 1992. – 196 с.

98. Гиббс Дж. Термодинамика. Статистическая механика / Дж. Гиббс ; отв. ред. Д. Н. Зубарев. – М. : Наука, 1982. – 584 с.

99. Глузман А. В. Тенденции развития университетского педагогического образования в Украине : автореф. дис. на соискание учёной степени д-ра пед. наук : спец. 13.00.04 / А. В. Глузман. – К., 1997. – 42 с.

100. Голин Г. М. Классики физической науки / Г. М. Голин, С. Р. Филонович. – М. : Высшая школа, 1989. – 576 с.

101. Головань М. С. Компетенція і компетентність : досвід теорії, теорія досвіду / М. С. Головань // Вища освіта України. – 2008. – № 3. – С. 23-30.

102. Головка М. В. Вітчизняна фізика й астрономія в минулому тисячолітті / М. В. Головка // Фізика та астрономія в школі. – 2001. – № 2. – С. 49-53.

103. Головка М. В. Еволюція вітчизняної методичної думки : розвиток загальних питань дидактики фізики в працях Г. Г. Де-Метца / М. В. Головка // Фізика та астрономія в школі. – 2008. – № 2. – С. 47-50.

104. Головка М. В. Компетентнісний підхід як історично зумовлена парадигма сучасної дидактики фізики / М. В. Головка // Зб. наук. праць



Бердянського державного педагогічного університету. Серія : Педагогічні науки. – Бердянськ : БДПУ, 2011. – № 4. – С. 76-82.

105. Голубева О. Н. Теоретические проблемы общего физического образования в новой образовательной парадигме : автореф. дис. на соискание учёной степени д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теория и методика обучения и воспитания (физика)” / О. Н. Голубева. – СПб., 1995. – 40 с.

106. Гончаренко С. У. Методологічні знання як виявлення фундаменталізації професійної підготовки вчителя / С. Гончаренко, В. Кушнір, Г. Кушнір // Шлях освіти. – 2007. – № 3. – С. 2-8.

107. Гончаренко С. У. Педагогічні дослідження : методологічні поради молодим науковцям / С. У. Гончаренко. – К.-Вінниця : ДОВ “Вінниця”, 2008. – 278 с.

108. Гончаренко С. У. Український педагогічний словник / С. У. Гончаренко. – К.: Либідь, 1997. – 374 с.

109. Гончаренко С. У. Формування наукового світогляду учнів під час вивчення фізики : посіб. для вчителя / С. У. Гончаренко. – К. : Рад. шк., 1990. – 208 с.

110. Гончаренко С. У. Фундаменталізація освіти як дидактичний принцип / С. У. Гончаренко // Шлях освіти. – 2008. – № 1. – С. 2-6.

111. Горбачук І. Т. Загальна фізика : Фізичні основи механіки : Молекулярна фізика і термодинаміка / І. Т. Горбачук, І. М. Кучерук. – К. : Вища школа, 1995. – 421 с.

112. Гордієнко Т. П. Теоретико-методичні основи самостійної навчальної діяльності студентів у процесі вивчення загальної фізики в університетах : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія і методика навчання (фізика)” / Т. П. Гордієнко. – К., 2010. – 40 с.

113. Горохівська Т. М. Використання сучасних освітніх технологій у процесі формування світоглядної культури студентів ВНЗ / Т. М. Горохівська // Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання у підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми : зб. наук. праць ; [за ред. І. А. Зязюна]. – Київ-Вінниця : ДОВ Вінниця, 2008. – Вип. 16. – С. 347-351.

114. Грабарь М. И. Применение математической статистики в педагогических исследованиях. Непараметрические методы / М. И. Грабарь, К. А. Краснянская. – М. : Педагогика, 1977. – 136 с.

115. Гребнев И. В. Формирование педагогического профессионализма преподавателей в условиях классического университета (на материале подготовки преподавателей физики) : автореф. дис. на соискание учёной степени д-ра пед. наук : спец. 13.00.08 “Теория и методика профессионального образования” / И. В. Гребнев. – Нижний Новгород : Нижегород. гос. ун-т имени Н. И. Лобачевского, 2008. – 49 с.

116. Гречко Л. Г. Сборник задач по теоретической физике / Гречко Л. Г., Сугаков В. И., Томасевич О. Ф., Федорченко А. М. – М. : Высшая школа, 1984. – 321 с.

117. Грищенко Г. П. Курс теоретичної фізики. Основні поняття статистичної фізики / Г. П. Грищенко. – К. : НПУ імені М. П. Драгоманова, 2005. – 43 с.

118. Гуляева Л. В. Проблемно-модульный підхід до вивчення фізики в сучасній загальноосвітній школі : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія і методика навчання (фізика)” / Л. В. Гуляева. – К., 2000. – 18 с.

119. Гур'євська О. М. Методика навчання термодинаміки та статистичної фізики майбутніх учителів фізики : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія та методика навчання (фізика)” / О. М. Гур'євська. – К., 2012 – 22 с.

120. Давидов О. С. Квантова механіка : підручник / О. С. Давидов. – К. : Електронне видання, 2013. – 708 с.

121. Державний стандарт базової і повної загальної середньої освіти [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.mon.gov.ua/ua/activity/education>.

122. Дерягин А. В. Интенсификация предметной подготовки учителя физики в педвузе на основе компьютерной технологии : автореф. дис. на соискание учёной степени канд. пед. наук : спец. 13.00.08 “Теория и методика профессионального образования” / А. В. Дерягин. – Елабуга, 2002. – 24 с.

123. Дидусь Н. И. Формирование самостоятельности как профессионально значимого качества личности будущего учителя : автореф. дис. на соискание учёной степени канд. пед. наук : спец. 13.00.01 “Теория и история педагогики” / Н. И. Дидусь. – К., 1988. – 23 с.

124. Дирак П. А. М. Лекции по теоретической физике / П. А. М. Дирак. – Ижевск : НИЦ “РХД”, 2001. – 240 с.
125. Дистервег Ф. А. Избранные педагогические сочинения / Ф. А. Дистервег. – М. : Учпедгиз, 1956. – 374 с.
126. Дичківська І. М. Інноваційні педагогічні технології : навч. посіб. / І. М. Дичківська. – К. : Академвидав, 2004. – 352 с.
127. Дідовик М. В. Наступність фізико-математичної підготовки і ліцеях і ВНЗ III – IV рівнів акредитації : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.04 “Теорія і методика професійної освіти” / М. В. Дідовик. – Вінниця, 2007. – 20 с.
128. Дмитриева В. Ф. Модульная технология обучения и контроль результатов учебной деятельности по физике / В. Ф. Дмитриева, П. И. Самойленко // Наукові записки. Серія : Педагогічні науки. – Кіровоград : РВВ КДПУ імені В. Винниченка, 2006. – Ч. 1. – Вип. 66. – С. 61-64.
129. Донева О. І. Експериментальне визначення сталої Больцмана / О. І. Донева, О. В. Школа // Теорія та практика навчання фізико-математичних та технологічних дисциплін : зб. наук. праць. – Бердянськ : БДПУ, 2012. – № 1, 2. – С. 90-96.
130. Дущенко В. П. Загальна фізика. Оптика. Квантова фізика / В. П. Дущенко, І. М. Кучерук. – К. : Вища школа, 1991. – 463 с.
131. Енциклопедія освіти / АПН України ; [гол. ред. В. Г. Кремень]. – К. : Юрінком Інтер, 2008. – 1040 с.
132. Ерофеева Г. В. Обучение физике в техническом университете на основе применения информационных технологий : автореф. дис. на соискание учёной степени д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теория и методика обучения и воспитания (физика)” / Г. В. Ерофеева. – М., 2005. – 37 с.
133. Ефименко В. Ф. Концепция эволюции физической картины мира в преподавании физики / В. Ф. Ефименко // Методы научного познания в обучении физике : межвуз. сб. науч. трудов. – М. : МОПИ им. Н.К.Крупской, 1986. – С. 9-16.
134. Жалдак М. І. Система підготовки вчителя до використання інформаційної технології в навчальному процесі : автореф. дис. на здобуття наукового ступеня д-ра

пед. наук у формі наук. доповіді : 13.00.02 “Теорія і методика навчання (інформатика)” / М. І. Жалдак. – АПН СРСР, НДІ змісту і методів навчання. – М., 1989. – 48 с.

135. Жешко В. В. Формирование научного мировоззрения учащихся в курсе физики основной школы : автореф. дис. на соискание учёной степени канд. пед. наук : спец. 13.00.02 “Теория и методика обучения (физика)” / В. В. Жешко. – М., 1994. – 21 с.

136. Жилінська А. М. Розвиток вищої педагогічної освіти в Україні (друга половина ХІХ – початок ХХ ст.) : історіографія питання [Електронний ресурс] / А. М. Жилінська. – Режим доступу : <http://masters.kubg.edu.ua/index.php>.

137. Заболотний В. Ф. Дидактичні засади застосування мультимедіа у формуванні методичної компетентності майбутніх учителів фізики : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія і методика навчання (фізика)” / В. Ф. Заболотний. – К., 2010. – 40 с.

138. Загальна фізика. Програма навчальної дисципліни підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр” напряму 6.040203 Фізика\* / М. І. Шут, Л. Ю. Благодаренко, Т. Г. Січкач. – К., 2013. – 40 с.

139. Загвоздина С. А. Методологическая культура учителя : систематизация понятий / С. А. Загвоздина // Вестник Томского государственного университета. Серия : Педагогика и психология. – 2011. – Вып. 342. – С. 177-179.

140. Закон України “Про вищу освіту” [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/1556-18>.

141. Закон України “Про освіту” [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/1060-12>.

142. Захарян М. А. Формирование научного мировоззрения учащихся общеобразовательных школ средствами обобщения знаний : на примере школьного курса физики : автореф. дис. на соискание учёной степени канд. пед. наук : спец. 13.00.01 “Общая педагогика, история педагогики и образования” / М. А. Захарян. – Владикавказ : Северо-осетинский гос. ун-т, 2005. – 19 с.

143. Зверева Н. М. Методологические знания в содержании образования / Н. М. Зверева, А. А. Касьян // Педагогика. – 1993. – № 1. – С. 9-12.

144. Землянська В. Підготовка майбутнього вчителя в умовах особистісно орієнтованої освіти / Валентина Землянська // Шлях освіти. – 2006. – № 1. – С. 31-35.
145. Знаменский П. А. Методика преподавания физики в средней школе / П. А. Знаменский. – Ленинград : Учпедгиз, 1955. – 551 с.
146. Зорина Л. Я. Дидактические основы формирования системности знаний старшеклассников / Л. Я. Зорина. – М. : Педагогика, 1978. – 128 с.
147. Зотов А. Ф. Структура научного мышления / А. Ф. Зотов. – М. : Политиздат, 1973. – 184 с.
148. Зязюн І. А. Процеси модернізації сучасної педагогічної освіти в Україні / І. А. Зязюн // Професійна освіта : педагогіка і психологія : польсько-український журнал. – Ченстохова-Київ : АJD, 2006. – Вип. VIII. – С. 105-115.
149. Іваницький О. І. Проблеми психолого-педагогічної підготовки майбутнього вчителя фізики в умовах її інтеграції / О. І. Іваницький, С. П. Ткаченко // Зб. наук. праць. Серія: Педагогічні науки. – Херсон : Вид-во ХДПУ, 2005. – Вип. 38. – С. 363-366.
150. Іваницький О. І. Теоретичні і методичні основи підготовки майбутнього вчителя фізики до впровадження інноваційних технологій навчання : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук : спец. 13. 00. 02 “Теорія і методика навчання (фізика)” / О. І. Іваницький. – К., 2005. – 42 с.
151. Іваницький О. І. Технології навчання фізики : теоретико-методичні засади : [навч. посіб.] / О. І. Іваницький, С. П. Ткаченко. – Запоріжжя : ЗНУ, 2010. – 254 с.
152. Іваницький О. І. Технологія концентрованого навчання основам фізики в системі диференційованої середньої школи / О. І. Іваницький, О. В. Сергєєв, О. В. Школа // Фізика та астрономія в школі. – 1997. – № 1. – С. 2-6.
153. Иванов Г. А. Профессиограмма учителя физики средней общеобразовательной школы / Г. А. Иванов, Г. В. Комаров, А. П. Рымкевич и др. // Профессионально-педагогическая подготовка учителя физики : сб. науч. трудов. – 1977. – Вып. 1. – С. 3-43.
154. Ильченко В. Р. Модернизация содержания образования как национальная проблема / В. Р. Ильченко, К. Ж. Гуз // Педагогика. – 2011. – № 4. – С. 3-8.

155. Ильченко В. Р. Формирование естественнонаучного миропонимания школьников : книга для учителя / В. Р. Ильченко. – М. : Просвещение, 1993. – 192 с.

156. Ипполитова Н. В. Взаимосвязь понятий “методология” и “методологический подход” / Н. В. Ипполитова // Вестник Южно-Уральского гос. ун-та. Серия : Педагогические науки. – 2009. – Вып. № 13(146). – С. 9-15.

157. Історія Київського університету 1834 – 1959 рр. / [відп. ред. О. З. Жмудський]. – К. : Вид-во КДУ, 1959. – 627 с.

158. Казаков Р. Х. Методическая система обучения классической механики в курсе общей физики педагогического вуза : автореф. дис. на соискание учёной степени д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теория и методика обучения (физика)” / Р. Х. Казаков. – М., 2004. – 35 с.

159. Казанцев С. Я. Методологическая культура студентов в условиях фундаментализации обучения / С. Я. Казанцев // Педагогическое образование и наука. – 2001. – № 3. – С. 9-14.

160. Карпова Л. Г. Формування професійної компетентності вчителя загальноосвітньої школи : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.04 “Теорія і методика професійної освіти” / Л. Г. Карпова. – Харків, 2003. – 20 с.

161. Касперський А. В. Радіоелектроніка в системі формування фізичних і технічних знань у середніх загальноосвітніх та вищих педагогічних навчальних закладах : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія і методика навчання (фізика)” / Касперський Анатолій Володимирович. – К., 2003. – 40 с.

162. Кириллов В. К. Методологическая культура учителя, её формирование в учебном процессе педвуза / В. К. Кирилов // Новые исследования в педагогических науках. – М., 1991. – Вып. 1. – С. 29-34.

163. Киселёва Р. В. Методологическая культура как условие совершенствования профессиональной деятельности и личностных качеств преподавателя / Р. В. Киселёва // Человек и образование. – 2012. – № 2 (31). – С. 63-68.

164. Климонтович Ю. Л. Проблемы статистической теории самоорганизации синергетики / Ю. Л. Климонтович. – М. : Препринт АН СССР, 1987. – 180 с.

165. Ключек Г. Про деякі проблеми “стратегії і тактики” реформування вищої освіти / Г. Ключек // Освіта і управління. – 2007. – № 2. – С. 57-62.

166. Князева Е. Н. Синергетика как новое мировидение : диалог с И. Пригожиным / Е. Н. Князева, С. П. Курдюмов // Вопросы философии. – 1992. – № 12. – С. 3-20.

167. Ковальов А. О. Визначення швидкості поширення звуку в повітрі фазовим методом / А. О. Ковальов, О. В. Школа // Теорія та практика навчання фізико-математичних та технологічних дисциплін : зб. наук. праць. – Бердянськ : БДПУ, 2012. – № 1, 2. – С. 96-101.

168. Ковальчук В. Ю. Модернізація професійної та світоглядно-методологічної підготовки сучасного вчителя : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук : спец. 13.00.04 “Теорія і методика професійної освіти” / В. Ю. Ковальчук. – К., 2005. – 35 с.

169. Колкова Н. В. Исследование сформированности естественнонаучного мировоззрения школьников : автореф. дис. на соискание учёной степени канд. пед. наук : спец. 13.00.01 “Общая педагогика, история педагогики и образования” / Н. В. Колкова. – Томск, 2003. – 20 с.

170. Колодько Т. Основні тенденції розвитку сучасної педагогічної освіти в Україні / Т. Колодько // Рідна школа. – 2008. – № 6. – С. 64-66.

171. Коломин В. И. Методическая система обучения общей физике будущих учителей физики : монография / В. И. Коломин. – Астрахань : Изд. дом “Астраханский ун-т”, 2009. – 112 с.

172. Компетентнісний підхід в освіті : теоретичні засади і практика реалізації : матер. методол. семінару 3 квітня 2014 р., м. Київ : [у 2 ч.] / НАПН України ; [редкол.: В. Г. Кремень (голова), В. І. Луговий, О. І. Ляшенко та ін.]. – К. : Ін-т обдарованої дитини НАПН України, 2014. – Ч. 1. – 370 с.

173. Кондрашова Л. В. Личностно ориентированный поход к организации учебного процесса в высшей школе / Л. В. Кондрашова // Вісник НТУУ “КПІ”. Серія: Філософія. Психологія. Педагогіка. – К. : НТУУ “КПІ”, 2001. – № 3. – С. 47-53.

174. Коновал О. А. Відносність електричного і магнітного полів : монографічний навч. посібник [для студ. вищих навч. закл.] / О. А. Коновал. – Кривий Ріг : Видавничий дім, 2008. – 248 с.

175. Коновал О. А. Теоретичні і методичні засади вивчення електродинаміки як релятивістської теорії у вищих педагогічних навчальних закладах : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія і методика навчання (фізика)” / О. А. Коновал. – К., 2010. – 43 с.

176. Концепція якості освіти [Електронний ресурс]. – Режим доступу до документу : <http://ru.osvita.ua/school/manage/general/1342>.

177. Коробова І. В. Розвиток дивергентного мислення учнів основної школи у навчанні фізики : дис. ... кандидата пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія і методика навчання (фізика)” / І. В. Коробова. – Херсон, 2000. – 188 с.

178. Королюк С. Л. Основи статистичної фізики та термодинаміки / Королюк С. Л., Мельничук С. В., Валь О. Д. – Чернівці : Книги XXI, 2004. – 347 с.

179. Коршак Є. В. Методика і техніка шкільного фізичного експерименту. Практикум / Є. В. Коршак, Б. Ю. Миргородський. – К. : Вища школа, 1981. – 280 с.

180. Костюк Г. С. Проблеми психології мислення [Електронний ресурс] / Г. С. Костюк. – Режим доступу : <http://psychlib.com.ua/mislennya-g-s-kostyuk-problemi-psihologi-mislennya.htm>.

181. Кравцов В. Етапи формування методологічної культури майбутнього вчителя / Віталій Кравцов // Наукові записки. Серія: педагогічні науки. – Кіровоград: РВВ КДПУ імені В. Винниченка, 2010. – Вип. 83. – С. 104-109.

182. Краевский В. В. Качество педагогики и методологическая культура педагога / В. В. Краевский // Магистр. – 1991. – № 1. – С. 4-16.

183. Краснова Л. А. Технология формирования профессиональной компетентности учителя физики в педвузе : автореф. дис. на соискание учёной степени канд. пед. наук : спец. 13.00.08 “Теория и методика профессионального образования” / Л. А. Краснова. – Елабуга, 2002. – 21 с.

184. Кремень В. Г. Освіта і наука України : шляхи модернізації (факти, роздуми, перспективи) / В. Г. Кремень. – К. : Грамота, 2003. – 216 с.



185. Кремень В. Г. Якісна освіта: сучасні вимоги / В. Г. Кремень // Педагогіка і психологія. – 2006. – № 4 (53). – С. 5-17.

186. Кремінський Б. Г. Формування сучасного наукового стилю мислення учнів у процесі навчання фізики : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія і методика навчання (фізика)” / Б. Г. Кремінський. – К. : УДПУ ім. М.П.Драгоманова, 1997. – 26 с.

187. Кривега Л. Д. Мировоззренческие ориентации личности в условиях трансформации общества / Л. Д. Кривега. – Запорожье : ЗГУ, 1998. – 202 с.

188. Круцило І. К. Науковий підхід до створення навчально-методичного комплексу з фізики / І. К. Круцило, О. В. Сергєєв, Л. А. Шаповалова // Зб. наук. праць Кам’янець-Подільського державного педагогічного університету. Серія педагогічна : Дидактика природознавчо-математичних дисциплін та освітніх технологій. – Кам’янець-Подільський : К.-ПДПУ, 1999. – Вип. 5. – С. 51-56.

189. Круцило І. К. Особистісно-орієнтований підхід у професійному становленні майбутніх учителів фізики / І. К. Круцило, О. В. Сергєєв // Дидактичні проблеми фізичної освіти в Україні : матер. наук.-практ. конф. (м. Чернігів, 25-27 червня 1998 р.). – Чернігів : ЧДПУ імені Т. Г. Шевченка, 1998. – С. 90-92.

190. Крячко Т. Л. Тенденции развития высшего профессионального образования в Российской Федерации / Т. Л. Крячко // Вопросы образования. – 2007. – № 3. – С. 46-64.

191. Кузнецов В. С. О соотношении фундаментальных и профессиональных составляющих в университетском образовании / В. С. Кузнецов, В. А. Кузнецова // Высшее образование в России. – 1994. – № 4. – С. 35-40.

192. Кузьмина Н. В. Психологическая структура деятельности учителя / Н. В. Кузьмина, Н. В. Кухарев. – Гомель: Изд-во Гомельского гос. ун-та, 1996. – 57 с.

193. Кух А. М. Професійні компетентності вчителя фізики та їх формування / А. М. Кух // Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 3: Фізика і математика у вищій і середній школі. – Вип. 10 : зб. наук. праць. – К. : НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2012. – С. 43-50.

194. Кух А. М. Синергетичний підхід до формування методичних систем фахової підготовки учителів фізики / А. М. Кух // Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія № 3. Фізика і математика у вищій і середній школі : зб. наук. праць. – К. : НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2006. – № 2. – С. 65-69.

195. Кухар Л. О. Конструювання тестів. Курс лекцій : навч. посібник / Л. О. Кухар, В. П. Сергієнко. – Луцьк, 2010. – 182 с.

196. Кучерук І. М. Загальний курс фізики : навч. посібник : у 2-х т. / Кучерук І. М., Горбачук І. Т., Луцик П. П. – К. : Техніка, 1999. – Т.1. Механіка. Молекулярна фізика і термодинаміка. – 536 с. – Т.2. Електрика і магнетизм. – 2001. – 452 с. – Т.3. Оптика. Квантова фізика. – 1999. – 520 с.

197. Ландау Л. Д. Курс теоретической физики : в 10 т. / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – М. : Физматлит, 2004. – Т.1. Механика. – 224 с. – 2003. – Т.2. Теория поля. – 534 с. – 2004 – Т.3. Квантовая механика (нерелятивистская теория). – 800 с. – 2002. – Т.4. Квантовая электродинамика. – 720 с. – 2002. – Т.5. Статистическая физика. – 616 с. – 2001. – Т.6. Гидродинамика. – 732 с. – 2003. – Т.7. Теория упругости. – 260 с. – 2005. – Т.8. Электродинамика сплошных сред. – 652 с. – 2004. – Т.9. Теория конденсированного состояния. – 494 с. – 2002. – Т.10. Физическая кинетика. – 536 с.

198. Ларионов В. В. Проблемно-ориентированная система обучения физике студентов в технических университетах : автореф. дис. на соискание учёной степени д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теория и методика обучения (физика)” / В. В. Ларионов. – Томск, 2008. – 41 с.

199. Лешуков А. П. Концептуальные основы реализации мировоззренческого потенциала специальной подготовки будущих учителей физики в педагогическом вузе : автореф. дис. на соискание учёной степени д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теория и методика обучения и воспитания (физика)” / А. П. Лешуков. – Вологда, 2003. – 36 с.

200. Линник М. И. Формирование системы учебных умений на основе методологических знаний физики: дис. ... кандидата пед. наук : 13.00.02 / М. И. Линник. – М., 1985. – 189 с.

201. Лободина Л. В. Методика формирования системы методологических знаний учителя физики-информатики : автореф. дис. на соискание учёной степени канд. пед. наук : спец. 13.00.08 “Теория и методика профессионального образования” / Лободина Любовь Владимировна. – Тамбов, 2004. – 19 с.

202. Локтев В. М. Теоретична фізика : яка вона [Електронний ресурс] / В. М. Локтев // Світ фізики. – 2008. – № 4. – Режим доступу : <http://migha.ru/nanuv-m-loktyev-sho-take-teoretichna-fizika.html>.

203. Луговий В. І. Європейська концепція компетентнісного підходу у вищій школі та проблеми її реалізації в Україні / В. І. Луговий // Педагогіка і психологія. – 2009. – № 2(63). – С. 15 – 26.

204. Луговий В. І. Педагогічна освіта в Україні: структура, функціонування, тенденції розвитку / В. І. Луговий. – К.: МАУП, 1994. – 194 с.

205. Луценко В. В. Організація самостійної роботи студентів в умовах особистісно орієнтованого навчання : автореф. дис. на здобуття наукового ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.04 “Теорія і методика професійної освіти” / В. В. Луценко. – Харків, 2012. – 18 с.

206. Лучків І. М. Формування наукової картини світу під час вивчення фізики / І. М. Лучків, І. І. Бродін // Фізика та астрономія в школі. – 2001. – № 1. – С. 20-27.

207. Любутина Л. Г. Физическая картина мира. Фундаментальное строение материи / Л. Г. Любутина, В. Б. Нагаев. – М. : Российский гос. ун-т нефти и газа имени И. М. Губкина, 2003. – 50 с.

208. Ляшенко О. І. Взаємозв'язок теоретичного та емпіричного в навчанні фізики : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія і методика навчання (фізика)” / О. І. Ляшенко. – К., 1996. – 50 с.

209. Ляшенко О. І. Компетентність як об'єкт оцінювання навчальних досягнень учнів / О. І. Ляшенко // Зб. наук. праць Кам'янець-Подільського національного університету імені І. Огієнка. Серія Педагогічна. – К.-П. : К.-ПНУ ім. І. Огієнка, 2014. – № 20. – С. 36-39.

210. Ляшенко О. І. Педагогічне тестування [Електронний ресурс] / О. І. Ляшенко. – Режим доступу : [http://lib.iitta.gov.ua/4492/1/Педагогічне\\_тестування.pdf](http://lib.iitta.gov.ua/4492/1/Педагогічне_тестування.pdf).

211. Ляшенко О. І. Про різні підходи до побудови змісту освіти / О. І. Ляшенко, Е. Лодзинська // Дидактичні проблеми фізичної освіти в Україні : матер. наук.-практ. конф., 25-27 червня 1998 р. – Чернігів: ЧДПУ ім. Т. Г. Шевченка, 1998. – С. 99-101.

212. Ляшенко О. І. Трансформація наукової системи знання в навчальну / О. І. Ляшенко // Проблеми освіти. – Вип. 3. – К. : ІСДО, 1995. – С. 70-74.

213. Ляшенко О. І. Якість як феномен освіти / О. І. Ляшенко // Збір. наук. праць Кам'янець-Подільського держ. ун-ту. – КПДУ : ІВВ, 2003. – Вип. 9. – С. 58-60.

214. Магомедова А. И. Формирование основ научного мировоззрения у выпускников основной общеобразовательной школы : автореф. дис. на соискание учёной степени канд. пед. наук : спец. 13.00.01 “Общая педагогика, история педагогики и образования” / А. И. Магомедова. – Махачкала : Дагестан. гос. пед. ун-т, 2001. – 18 с.

215. Майборода В. К. Вища педагогічна освіта в Україні: історія, досвід, уроки (1917 – 1985 рр.) : монографія / В. К. Майборода. – К.: Либідь, 1992. – 195 с.

216. Малинин А. Н. Методические основы изучения теории относительности в курсах физики средних общеобразовательных учреждений и педвузов : автореф. дис. на соискание учёной степени д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теория и методика обучения и воспитания (физика)” / А. Н. Малинин. – М., 2001. – 41 с.

217. Мамаева И. А. Методологически ориентированная система обучения физике в техническом вузе : автореф. дис. на соискание учёной степени д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теория и методика обучения и воспитания (физика)” / И. А. Мамаева. – М., 2006. – 39 с.

218. Мамардашвили К. М. Форма и содержание мышления / К. М. Мамардашвили. – М. : Высшая школа, 1986. – 192 с.

219. Мартинюк О. С. Теоретико-методичні засади виконання комп'ютерно-орієнтованого фізичного експерименту в процесі навчання майбутніх учителів фізики : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія та методика навчання (фізика)” / О. С. Мартинюк. – К., 2015. – 42 с.

220. Мартинюк М. Т. Науково-методичні засади навчання фізики в основній школі : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія та методика навчання (фізика)” / М. Т. Мартинюк. – К., 1999. – 33 с.

221. Масленникова Л. В. Взаимосвязь фундаментальности и профессиональной направленности в подготовке по физике студентов инженерных вузов : автореф. дис. на соискание учёной степени д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теория и методика обучения и воспитания (физика)” / Л. В. Масленникова. – М., 2001. – 31 с.
222. Матвеев А. Н. Атомная физика / А. Н. Матвеев. – М. : Высшая школа, 1989. – 439 с.
223. Матвеев А. Н. Механика и теория относительности / А. Н. Матвеев. – М. : Оникс, 2003. – 432 с.
224. Матвеев А. Н. Молекулярная физика / А. Н. Матвеев. – М.: Высшая школа, 1987. – 360 с.
225. Матвеев А. Н. Оптика / А. Н. Матвеев. – М. : Высшая школа, 1985. – 351 с.
226. Матвеев А. Н. Электричество и магнетизм / А. Н. Матвеев. – М. : Высшая школа, 1983. – 463 с.
227. Матвієнко В. М. Тестовий контроль, його можливості, місце в навчальній роботі та умови ефективного впровадження : навч. посібник / В. М. Матвієнко, П. П. Тонкоглас. – Умань : Агротек, 2006. – 420 с.
228. Махмутов М. И. Принцип профессиональной направленности обучения / М. И. Махмутов // Принципы обучения в современной педагогической теории и практике. – Челябинск : ЧПУ, 1985. – С. 88-100.
229. Мендерецький В. В. Методична система експериментальної підготовки майбутніх учителів фізики : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія та методика навчання (фізика)” / В. В. Мендерецький. – К., 2007. – 34 с.
230. Методика навчання і наукових досліджень у вищій школі : навч. посібник / С. У. Гончаренко, П. М. Олійник та ін. – К. : Вища школа, 2003. – 323 с.
231. Мещерский И. В. Сборник задач по теоретической механике / И. В. Мещерский. – М. : Наука, 1986. – 448 с.
232. Микешина Л. А. Философия науки : учеб. пособие / Л. А. Микешина. – М. : Прогресс-Традиция : МПСИ : Флинта, 2005. – 464 с.
233. Мирзоев О. А. Формирование научного мировоззрения старшеклассников средствами межпредметной связи : автореф. дис. на соискание учёной степени канд.

пед. наук : спец. 13.00.01 “Общая педагогика, история педагогики и образования” / О. А. Мирзоев. – Душанбе : Академия образования Таджикистана, 2014. – 24 с.

234. Мініч Л. В. Дидактичні основи створення модульних навчальних програм з фізики / Л. В. Мініч, Л. Ю. Благодаренко // Науковий часопис НПУ імені М.П.Драгоманова. Серія № 3. Фізика і математика у вищій і середній школі : зб. наук. праць. – К. : НПУ імені М.П.Драгоманова, 2006. – № 2. – С. 81-83.

235. Молодцова В. В. Розвиток самостійної роботи учнів з підручником фізики за допомогою навчального відеозапису : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія та методика навчання (фізика)” / В. В. Молодцова. – К., 2000. – 20 с.

236. Мороз І. В. Педагогічні умови запровадження кредитно-модульної системи організації навчального процесу : монографія / І. В. Мороз. – К. : ТОВ “Освіта України”, 2005. – 278 с.

237. Мороз І. О. Теоретико-методичні засади вивчення термодинаміки і статистичної фізики в педагогічних університетах : монографія / І. О. Мороз. – Харків : ТОВ “Діса плюс”, 2012. – 382 с.

238. Мороз І. О. Основи електродинаміки. Електростатика : навч. посібник / І. О. Мороз. – Суми : Вид-во “МакДен”, 2011. – 162 с.

239. Мороз І. О. Основи електродинаміки. Магнітостатика : навч. посібник / І. О. Мороз. – Суми : Вид-во “МакДен”, 2011. – 162 с.

240. Мощанский В. Н. Формирование мировоззрения учащихся при изучении физики / В. Н. Мощанский. – М. : Просвещение, 1989. – 192 с.

241. Мултановский В. В. Курс теоретической физики. Квантовая механика / В. В. Мултановский, А. С. Василевский. – М. : Дрофа, 2007. – 400 с.

242. Мултановский В. В. Курс теоретической физики. Классическая механика. Основы специальной теории относительности. Релятивистская механика / В. В. Мултановский. – М. : Дрофа, 2008. – 400 с.

243. Мултановский В. В. Курс теоретической физики. Классическая электродинамика / В. В. Мултановский, А. С. Василевский. – М. : Дрофа, 2006. – 352 с.

244. Мултановский В. В. Физические взаимодействия и картина мира в школьном курсе / В. В. Мултановский. – М. : Просвещение, 1977. – 168 с.
245. Навчальний процес у вищій педагогічній школі: навч. посібник / [за заг. ред. акад. О. Г. Мороза]. – К.: НПУ ім. М.П.Драгоманова, 2001. – 337 с.
246. Навчальні плани педагогічних вузів (ЦДАВО України) : на 1923/24 н.р. – ф. 166, оп. 3, спр. 5, л. 27; на 1932/33 н.р. – ф. 166, оп. 10, спр. 19, л. 19; 1944/45 – ф. 166, оп. 15, спр. 30, л. 26; 1946/47 – ф. 166, оп. 15, спр. 170, л. 21; 1948/49 – ф. 166, оп. 15, спр. 436, л. 153; 1956/57 – ф. 166, оп. 15, спр. 1857, л. 25; 1959/60 – ф. 166, оп. 15, спр. 2523, л. 4-5; 1964/65 – ф. 166, оп. 15, спр. 4162, л. 12.
247. Наумов А. И. Профессиональная направленность курса теоретической физики в пединститутах. Содержание и структура : учеб. пособие / А. И. Наумов. – М. : Изд-во МПГИ, 1987. – 96 с.
248. Національна доктрина розвитку освіти України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/347/2002>.
249. Національна доповідь про стан і перспективи розвитку освіти в Україні / НАПН України : [авт. В. П. Андрущенко, І. Д. Бех, М. І. Бурда та ін.] ; за заг. ред. В. Г. Кременя. – К. : Пед. думка, 2011. – 303 с.
250. Національна стратегія розвитку освіти в Україні на 2012 – 2021 рр. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://sevaleoschool18.ucoz.ru/4455.pdf>.
251. Національний освітній глосарій : вища школа / [авт.-уклад.: І. І. Бабин, Я. Я. Болюбаш, В. А. Гармош та ін.] ; за ред. В. Г. Кременя. – К. : ТОВ Видавничий дім “Плеяди”, 2011. – 100 с.
252. Неперервна професійна освіта : проблеми, пошуки, перспективи : монографія / [за ред. І. А. Зязюна]. – К. : Вид-во “Віпол”, 2000. – 636 с.
253. Нечет В. І. Дидактика фізики : теорія особистісно орієнтованого навчання / В. І. Нечет // Фізика та астрономія в школі. – 1996. – № 1. – С. 14-17.
254. Нечет В. І. Дидактична структура аналітичних методів класичної механіки в процесі фундаментальної підготовки фізиків / В. І. Нечет // Зб. наук. праць Кам’янець-Подільського нац. ун-ту імені І. Огієнка. Серія : Педагогічна. – Кам’янець-Подільський : К-П.НУ ім. І. Огієнка, 2013. – № 19. – С. 103-106.

255. Нечет В. І. Принцип професійної спрямованості навчання в системі дидактики фізики вищої педагогічної школи / В. І. Нечет // Науковий часопис НПУ імені М.П.Драгоманова. Серія №3. Фізика і математика у вищій і середній школі : зб. наук. праць. – К. : НПУ ім. М.П.Драгоманова, 2006. – № 2. – С. 83-86.

256. Нечет В. І. Стратегія реформування змісту і технологій фундаментальної підготовки з фізики майбутнього вчителя / В. І. Нечет // Зб. наук. праць Херсонського державного педагогічного університету. Серія: Педагогічні науки. – Херсон : Айлант, 1999. – Вип. № 9. – С. 277-283.

257. Ничкало Н. Г. Філософія сучасної освіти / Н. Г. Ничкало // Педагогіка і психологія. – 1997. – № 3. – С. 105-114.

258. Нісімчук А. С. Сучасні педагогічні технології / А. С. Нісімчук, О. С. Падалка, О. С. Шпак. – К. : Вид. центр “Просвіта”, 2000. – 368 с.

259. Новик И. Б. Системный стиль мышления / И. Б. Новик. – М. : Знание, 1986. – 64 с.

260. Ожегов С. И. Словарь русского языка : 70000 слов / С. И. Ожегов. – М. : Русский язык, 1990. – 917 с.

261. Оленюк І. В. Особистісно орієнтоване навчання фізики : аналіз та акценти / І. В. Оленюк // Зб. наук. праць Кам’янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія : Педагогічна. – Кам’янець-Подільський : К-ПНУ ім. І. Огієнка, 2013. – № 19. – С. 31-34.

262. Ольхова Н. В. Формування світоглядної культури студентів у навчально-виховному середовищі університету : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.07 “Теорія і методика виховання” / Н. В. Ольхова. – Умань : УДПУ імені П. Тичини, 2013. – 23 с.

263. Опанасюк А. С. Сучасна фізична картина світу : навч. посібник / А. С. Опанасюк. – Суми : Вид-во СумДУ, 2005. – 328 с.

264. Опачко М. Формування методологічної компетентності майбутнього вчителя фізики у системі професійної підготовки / М. Опачко // Вісник Львівського університету імені І. Франка. Серія : педагогічна. – Львів : ЛНУ ім. І. Франка, 2009. – Вип. 25. – Ч. 1. – С. 271 – 278.



265. Оришин Ю. М. Теорія і практика удосконалення курсу загальної фізики засобами сучасного навчального фізичного експерименту : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія та методика навчання (фізика)” / Ю. М. Оришин. – К., 2006. – 39 с.

266. Осипов О. Ю. Статистична фізика в задачах / О. Ю. Осипов. – Запоріжжя : ЗДУ, 2002. – 49 с.

267. Павленко А. І. Принципи і зміст періодизації історії дидактики фізики в Україні / А. І. Павленко, М. В. Головка // Збір. наук. праць Кам’янець-Подільського державного університету : Серія педагогічна : Дидактика фізики в контексті орієнтирів Болонського процесу. – К-ПДПУ, 2005. – Вип. 11. – С. 60-63.

268. Павленко А. І. Проблеми фундаменталізації фізичної освіти / А. І. Павленко, В. І. Баштовий // Актуальні проблеми методології та методики навчання фізико-математичних дисциплін : тези доп. міжнар. наук. конф. (м. Київ, 18-19 січня 2013 р.). – К. : НПУ імені М.П.Драгоманова, 2013. – С. 61-63.

269. Павленко А. І. Теоретичні основи методики навчання учнів складанню і розв’язуванню фізичних задач у середній школі : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія та методика навчання (фізика)” / А. І. Павленко. – К., 1997. – 41 с.

270. Павловський М. А. Теоретична механіка : підручник / М. А. Павловський. – К. : Техніка, 2002. – 512 с.

271. Панасенко Е. Самостійна робота студентів у вищому педагогічному навчальному закладі / Е. Панасенко // Рідна школа. – 2007. – № 5. – С. 22-24.

272. Пасічник Ю. А. Проблеми компетентісного підходу при викладанні курсу фізики у середніх і вищих навчальних закладах / Ю. А. Пасічник // Вісник Чернігівського педагогічного університету імені Т. Шевченка. – Чернігів : ЧДПУ ім. Т. Шевченка, 2007. – № 46. – С. 94-97.

273. Пастернак Н. В. Формування системи методологічних знань школярів при навчанні фізики : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія та методика навчання (фізика)” / Пастернак Наталя Василівна. – К. : Укр. держ. пед. ун-т ім. М.П.Драгоманова, 1995. – 21 с.

274. Пастушенко С. М. Методичні питання вивчення фундаментальних фізичних теорій і понять у курсі фізики технічного університету / С. М. Пастушенко, Т. С. Лень // Зб. наук. праць Бердянського державного педагогічного університету. – Бердянськ : БДПУ, 2011. – № 4. – С. 217-224.

275. Петрова Е. Б. Профессионально направленная методическая система подготовки по физике студентов естественнонаучных специальностей педагогических вузов : автореф. дис. на соискание учёной степени д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теория и методика обучения (физика)” / Е. Б. Петрова. – М., 2010. – 42 с.

276. Пехота О. М. Особистісно-орієнтована освіта і технології / О. М. Пехота. – К. : Вид-во “АСК”, 2000. – 208 с.

277. Пидкасистый П. И. Организация учебно-познавательной деятельности студентов / П. И. Пидкасистый. – М. : Педагогическое общество России, 2004. – 112 с.

278. Піменов Д. О. Удосконалення навчального фізичного експерименту з теми “Закони теплового випромінювання” / Д. О. Піменов. О. В. Школа // Теорія та практика навчання фізико-математичних і технологічних дисциплін : зб. наук. праць. – Бердянськ : БДПУ, 2013. – № 1, 2. – С. 91-98.

279. Планк М. Единство физической картины мира / М. Планк. – М. : Наука, 1966. – 288 с.

280. Подольська Є. Освіта в контексті глобалізації: напрямки та механізми реалізації реформ в Україні / Є. Подольська // Вища школа. – 2007. – № 1. – С. 48-55.

281. Подопригора Н. В. Навчання математичних методів фізики у педагогічних університетах / Н. В. Подопригора // Наукові записки. Серія : Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. – Кіровоград : РВВ КДПУ імені В. Винниченка, 2015. – Вип. 5. – Ч. 2. – С. 137-145.

282. Подопригора Н. В. Про навчання експериментальних та теоретичних методів фізики у педагогічному університеті / Н. В. Подопригора // Наукові записки. Серія : Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. – Кіровоград : РВВ КДПУ імені В. Винниченка, 2013. – Вип. 4. – Ч.1. – С. 204-209.

283. Позизейко Г. В. Становление мировоззренческой культуры личности в условиях профессионального образования в вузе : автореф. дис. на соискание

учёной степени канд. пед. наук : спец. 13.00.08 “Теория и методика профессионального образования” / Г. В. Позизейко. – Брянск, 2002. – 21 с.

284. Пометун О. Компетентнісний підхід – найважливіший орієнтир розвитку сучасної освіти / Олена Пометун // Рідна школа. – 2005. – № 1. – С. 65-69.

285. Попова Т. М. Методологічні і дидактичні засади реалізації культурно-історичної компоненти змісту природничо-наукової освіти у загальноосвітній школі : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук : спец. 13.00.09 “Теорія навчання” / Т. М. Попова. – К., 2011. – 44 с.

286. Працьовитий М. В. Вимоги до вчителів математики і фізики ХХІ століття / М. В. Працьовитий, В. Д. Сиротюк // Науково-дослідна робота в системі підготовки фахівців-педагогів у природничій та технологічній галузях : матер. IV Всеукр. наук.-практ. конф., 11 – 13 вересня 2013 р. – Бердянськ : БДПУ, 2013. – С. 156-158.

287. Пригожин И. От существующего к возникающему / И. Пригожин. – М. : Наука, 1985. – 328 с.

288. Програми для фізико-математичних факультетів педагогічних інститутів : зб. № 2 / [за заг. ред. М. І. Шкіля та Г. П. Грищенка]. – К., 1992. – 144 с.

289. Професійно-педагогічна освіта: сучасні концептуальні моделі та тенденції розвитку : монографія / [О. А. Дубасенюк, О. Є. Антонова, С. С. Вітвіцька та ін.]. – Житомир : Вид-во ЖДУ імені І. Франка, 2008. – 380 с.

290. Пурьшева Н. С. Интерпретации физической картины мира / Н. С. Пурьшева, Р. В. Гурина // Знание. Понимание. Умение. – 2011. – № 2. – С. 50-55.

291. Ракитов А. И. Принципы научного мышления / А. И. Ракитов. – М. : Наука, 2005. – 256 с.

292. Раков С. А. Формування математичних компетентностей учителя математики на основі дослідницького підходу в навчанні з використанням інформаційних технологій : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія та методика навчання (інформатика)” / С. А. Раков. – Харків, 2005. – 44 с.

293. Растьогін М. Ю. Формування уявлень фізичної картини світу в учнів основної школи в процесі навчання фізики : автореф. дис. на здобуття наук. ступ.

канд. пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія та методика навчання (фізика)” / М. Ю. Растьогін. – Кіровоград : КДПУ імені В. Винниченка, 2011. – 23 с.

294. Реутова Л. П. Система формирования и развития профессионально-педагогического мировоззрения учителя : дис. ... доктора пед. наук : 13.00.08 / Реутова Людмила Петровна. – Майкоп, 2006. – 398 с.

295. Розенберг М. Розвиток методики навчання фізики в УРСР / М. Розенберг // Методика викладання фізики : республік. наук.-метод. збірник. – К. : Рад. шк., 1967. – Вип. 3. – С. 3-24.

296. Рубинштейн С. Л. О мышлении и путях его исследования / С. Л. Рубинштейн. – М. : Изд-во АН СССР, 1958. – 147 с.

297. Савельев И. В. Курс общей физики : учеб. пособие в 3-х т. / И. В. Савельев. – М. : Наука. – 1987. – Т.1. Механика. Молекулярная физика. – 432 с. – Т.2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. – 1988. – 496 с. – Т.3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. – 1987. – 320 с.

298. Савельев И. В. Основы теоретической физики : в 2-х т. / И. В. Савельев. – СПб. : Лань, 2005. – Т.1: Механика. Электродинамика. – 491 с. – Т.2: Квантовая механика. Статистическая физика. – 432 с.

299. Савченко В. Ф. Методика навчання фізики у старшій школі : навч. посібник / [В. Ф. Савченко, М. П. Бойко, М. М. Дідович та ін.]. – К. : Видав. центр “Академія”, 2011. – 294 с.

300. Сагарда В. В. Система подготовки педагога в условиях университетского образования : дис. ... доктора пед. наук в форме научного доклада : 13.00.01 / В. В. Сагарда. – К., 1992. – 51 с.

301. Садовий М. І. Теоретичні та методичні основи становлення та розвитку фундаментальних ідей дискретності та неперервності в курсі фізики загальноосвітньої школи : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія та методика навчання (фізика)” / М. І. Садовий. – К., 2001. – 37 с.

302. Садовников Н. В. Фундаментализация современного вузовского образования [Электронный ресурс] / Н. В. Садовников. – Режим доступа : <http://www.portalus.ru/modules/shkola/rus>.

303. Самойленко П. И. Инновационные процессы в дидактике физики : практический аспект / П. И. Самойленко, А. В. Сергеев, А. В. Школа. – Специалист, 1996. – № 2. – С. 37-39.

304. Самойленко П. И. Инновационные процессы в дидактике физики : теоретический аспект / П. И. Самойленко, А. В. Сергеев, А. В. Школа. – Специалист, 1996. – № 1. – С. 26-28.

305. Свідзинський А. В. Математичні методи теоретичної фізики / А. В. Свідзинський. – К. : Вид-во імені Олени Теліги, 1998. – 442 с.

306. Селевко Г. К. Компетентности и их классификация / Г. К. Селевко // Народное образование. – 2004. – № 4. – С. 138-143.

307. Селевко Г. К. Энциклопедия образовательных технологий : в 2 т. / Г. К. Селевко. – М. : НИИ школьных технологий, 2006. – Т.1. – 816 с. – Т.2. – 816 с.

308. Сенько Ю. В. Формирование научного стиля мышления учащихся / Ю. В. Сенько. – М. : Знание, 1986. – 80 с.

309. Сергеев О. В. Мотивоване управління самостійною діяльністю студентів / О. В. Сергеев // Наукові записки. Серія : Педагогічні науки. – Кіровоград : РВЦ КДПУ імені В. Винниченка, 2002. – Вип. 42. – С. 198-202.

310. Сергеев А. В. Становление и развитие истории методики преподавания физики в средней школе как научной дисциплины : дис. ... доктора пед. наук : 13.00.02 / А. В. Сергеев. – Запорожье, 1989. – 370 с.

311. Сергеев О. В. Фундаменталізація освіти у вищій школі / О. В. Сергеев // Теорія та методика навчання фундаментальних дисциплін у вищій школі : зб. наук. праць. – Кривий Ріг : Вид. відділ НметАУ, 2005. – С. 4-7.

312. Сергієнко В. П. Реалізація компетентнісного підходу в підготовці майбутнього вчителя фізики : стан і перспективи [Електронний ресурс] / В. П. Сергієнко // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2009. – № 6 (14). – Режим доступу : <http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/download/222/208>.

313. Сергієнко В. П. Становлення і розвиток фізичної освіти у вищих педагогічних навчальних закладах України / В. П. Сергієнко, А. В. Касперський // Дидактика фізики в контексті Болонського процесу : зб. наук. праць Кам'янець-

Подільського державного університету. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський : К-ПДПУ, 2005. – Вип. 11. – С. 80-85.

314. Сергієнко В. П. Теоретичні і методичні засади навчання загальної фізики в системі фахової підготовки вчителя : дис. ... доктора пед. наук : 13.00.02 / Сергієнко Володимир Петрович. – К., 2004. – 516 с.

315. Сериков В. В. Личностно-ориентированное образование / В. В. Сериков // Педагогика. – 1994. – № 5. – С. 16-20.

316. Серова Ф. Г. Сборник задач по теоретической физике : учеб. пособие / Ф. Г. Серова, А. А. Янкина. – М. : Просвещение, 1988. – 192 с.

317. Сиротюк В. Д. Методика перевірки сформованості наукового світогляду учнів загальноосвітніх навчальних закладів / В. Д. Сиротюк // Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. – Кіровоград : РВВ КДПУ імені В. Винниченка, 2013. – Вип. 4. – Ч. 1. – С. 231-235.

318. Сиротюк В. Д. Теоретико-методичні засади використання дидактичних засобів у навчанні фізики в школах інтенсивної педагогічної корекції : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія та методика навчання (фізика)” / В. Д. Сиротюк. – К., 2005. – 44 с.

319. Сікорський П. Кредитно-модульна технологія у вищих навчальних закладах / П. Сікорський // Шлях освіти. – 2004. – № 3. – С. 29-34.

320. Скиба О. П. Стиль наукового мислення : методологічний і культурно-історичний виміри : автореф. дис. на здобуття наук. ступ. канд. філософ. наук : 09.00.02 “Діалектика і методологія пізнання” / О. П. Скиба. – К. : КНУ імені Т. Г. Шевченка, 2011. – 17 с.

321. Скороход Т. В. Організація самостійної роботи студентів як важливий чинник професійної підготовки фахівців з вищою освітою / Т. В. Скороход, С. П. Величко // Наукові записки. Серія : Педагогічні науки. – Кіровоград : РВЦ КДПУ імені В. Винниченка, 2002. – Вип. 60. – Ч. 2. – С. 338-343.

322. Слостенин В. А. Методологическая культура учителя / В. А. Слостенин, В. Э. Тамарин // Педагогика. – 1990. – № 7. – С. 82-88.

323. Смирнова-Трибульська Є. М. Теоретико-методичні основи формування інформативних компетентностей учителів природничих дисциплін у галузі дистанційного навчання : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія та методика навчання (фізика)” / Є. М. Смирнова-Трибульська. – К., 2008. – 44 с.

324. Соболева Н. И. Мировоззрение и жизненный путь личности / Н. И. Соболева. – К. : Наукова думка, 1989. – 120 с.

325. Солуха І. В. Тестовий контроль у процесі навчання фізики (на матеріалі теоретичної фізики) : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія та методика навчання (фізика)” / І. В. Солуха. – К., 1999. – 20 с.

326. Сосницька Н. Л. Вимоги до професійної підготовки вчителя фізики в умовах особистісно-орієнтованого навчання / Н. Л. Сосницька // Вісник Житомирського держ. ун-ту імені І. Франка. – 2003. – № 12. – С. 89-92.

327. Сосницька Н. Л. Фізика як навчальний предмет у середній загальноосвітній школі України : історико-методологічні і дидактичні аспекти : монографія / Н. Л. Сосницька. – К. : НПУ імені М.П. Драгоманова, 2005. – 399 с.

328. Сосницька Н. Л. Формування і розвиток змісту шкільної фізичної освіти в Україні (історико-методологічний контекст) : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія та методика навчання (фізика)” / Н. Л. Сосницька. – К., 2008. – 44 с.

329. Сосницька Н. Л. Формування методологічної культури майбутнього вчителя фізики / Н. Л. Сосницька // Зб. наук. праць Бердянського державного педагогічного університету. Серія : Педагогічні науки. – Бердянськ : БДПУ, 2012. – № 3. – С. 208-215.

330. Спирин Л. Ф. Профессиограмма общепедагогическая / Л. Ф. Сирин. – М. : Рос. пед. агентство, 1997. – 33 с.

331. Спирина О. Н. Формирование ценностно-мировоззренческих ориентаций студентов педагогического вуза : автореф. дис. на соискание учёной степени канд. пед. наук : спец. 13.00.08 “Теория и методика профессионального образования” / Спирина Ольга Николаевна. – Армавир, 2007. – 20 с.

332. Степин В. С. Научная картина мира в культуре техногенной цивилизации / В. С. Степин, Л. Ф. Кузнецова. – М. : ИФРАН, 1994. – 274 с.

333. Стучинська Н. В. Інтеграція фундаментальної та фахової підготовки майбутніх лікарів у процесі вивчення фізико-математичних дисциплін : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія та методика навчання (фізика)” / Стучинська Наталя Василівна. – К., 2008. – 42 с.

334. Субетто А. И. Проблемы фундаментализации и источников формирования содержания высшего образования : грани государственной политики / А. И. Субетто. – Кострома, 1995. – 332 с.

335. Сумський В. І. Методика і теорія застосування ЕОМ у навчанні фізики в педагогічних закладах : монографія / В. І. Сумський. – Вінниця : ВДПУ, 2003. – 380 с.

336. Суровкина С. В. Теоретико-методологические основы развития естественнонаучного мышления учащихся в процессе обучения физике : автореф. дис. на соискание учёной степени д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теория и методика обучения и воспитания (физика)” / С. В. Суровкина. – Челябинск, 2006 – 48 с.

337. Сусь Б. А. Дидактичні та методичні основи організації самостійної навчальної діяльності курсантів при вивченні курсу загальної фізики у вищих технічних військових закладах : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія і методика навчання (фізика)” / Б. А. Сусь. – К., 1998. – 42 с.

338. Сусь Б. А. Проблеми дидактики фізики у вищій школі / Б. А. Сусь, М. І. Шут. – 2-ге вид., виправ. і доп. – К. : ВЦ “Просвіта”, 2003. – 155 с.

339. Суханов А. Д. Концепции современного естествознания / А. Д. Суханов, О. Н. Голубева. – М. : Изд-во “Агар”, 2000. – 325 с.

340. Сухомлинська О. Методологія дослідження історико-педагогічних реалій другої половини ХХ століття / О. Сухомлинська // Шлях освіти, 2007. – № 4. – С. 6-12.

341. Сухомлинський В. А. Серце віддаю дітям / В. А. Сухомлинський. – К. : Рад. школа, 1988. – 220 с.

342. Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання у підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми : зб. наук. праць / [ред. кол. : І.А. Зязюн (голова) та ін.]. – Київ – Вінниця : ТОВ фірма “Планер”, 2004. – Вип. 7. – 497 с.



343. Теоретична фізика. Програма навчальної дисципліни підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр” напряму 6.040203 Фізика\* для студентів вищих педагогічних закладів освіти : навч. видання / М. І. Шут, О. В. Школа. – Бердянськ : БДПУ, 2014. – 70 с.

344. Теорія і практика запровадження компетентнісного підходу до навчання історії в школі : монографія / [К. Баханов, С. Баханова, О. Барінець та ін.] ; за заг. ред. проф. К. Баханова. – Донецьк : ЛАНДОН-XXI, 2012. – 520 с.

345. Тестов В. А. Фундаментальность образования: современные подходы / В. А. Тестов // Педагогика. – 2006. – № 4. – С. 3-9.

346. Тихомиров О. К. Психология мышления : учеб. пособие / О. К. Тихомиров. – М. : Академия, 2005. – 288 с.

347. Тичина І. І. Сучасна модульна модель викладання фізики / І. І. Тичина // Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 3: Фізика і математика у вищій і середній школі. – К. : Вид-во НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2006. – № 2. – С. 93-94.

348. Тищук В. І. Канонічний навчальний фізичний експеримент / В. І. Тищук, О. М. Желюк // Зб. наук. праць Кам'янець-Подільського державного педагогічного університету. Серія педагогічна : Дидактика природознавчих дисциплін та освітніх технологій. – Кам'янець-Подільський : К.-ПДПУ, 1999. – Вип. 5. – С. 198-202.

349. Токарева Т. Ю. Формирование культуры профессионального мышления бакалавра в вузе как развитие его творческого потенциала [Электронный ресурс] / Т. Ю. Токарева. – Режим доступа : <http://elibrary.ru/download/50248086.pdf>.

350. Томилин К. А. Фундаментальные физические постоянные в историческом и методологическом аспектах / К. А. Томилин. – М. : Физматлит, 2006. – 368 с.

351. Точиліна Т. М. Науково-теоретичні засади створення навчально-методичного комплексу з курсу загальної фізики для вищих технічних навчальних закладів : автореф. дис. на здобуття наукового ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія та методика навчання (фізика)” / Т. М. Точиліна. – К., 2006. – 23 с.

352. Трифонова О. М. Взаємозв'язки принципів науковості та наочності в умовах кредитно-модульної системи навчання квантової фізики студентів вищих навчальних закладів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія та методика навчання (фізика)” / О. М. Трифонова. – Кіровоград, 2009. – 22 с.

353. Трофимова Е. И. Проектирование и применение информационных образовательных технологий профессиональной подготовки учителя физики : автореф. дис. на соискание учёной степени д-ра пед. наук : спец. 13.00.01 “Общая педагогика, история педагогики и образования”, спец. 13.00.08 “Теория и методика профессионального образования” / Е. И. Трофимова. – Елец, 2005. – 38 с.

354. Трофимова С. Ю. Курс общей физики: методологические основания / С. Ю. Трофимова // Высшее образование в России. – 2002. – № 1. – С. 88-91.

355. Тупилко О. В. Формирование методологической культуры учителя в профессиональной деятельности : автореф. дис. на соискание учёной степени канд. пед. наук : спец. 13.00.08 “Теория и методика профессионального образования” / О. В. Тупилко. – Красноярск, 2006. – 18 с.

356. Уэст П. Введение в суперсимметрию и супергравитацию / П. Уэст. – М. : Мир, 1989. – 328 с.

357. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 011200 Физика (квалификация бакалавр) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [www.bsu.ru/content/pages2/602/011200.62.pdf](http://www.bsu.ru/content/pages2/602/011200.62.pdf).

358. Федорович А. Розвиток вищої педагогічної школи України у другій половині ХХ ст. / А. Федорович // Людинознавчі студії : збір. наук. праць Дрогобицького державного педагогічного університету імені І. Франка. – Дрогобич : РВВ ДДПУ ім. І. Франка, 2009. – Вип. 19 : Педагогіка. – С. 17-30.

359. Федорченко А. М. Теоретична фізика : у 2 т. / А. М. Федорченко. – К. : Вища школа, 1992. – Т.1: Класична механіка і електродинаміка. – 535 с. – Т.2: Квантова механіка, термодинаміка і статистична фізика. – 1993. – 416 с.

360. Фейман Р. Характер физических явлений / Р. Фейман. – М. : Наука, 2008. – 256 с.

361. Философский словарь / [под ред. И. Т. Фролова]. – М. : Республика, 2001. – 719 с.

362. Фурман А. В. Модульно-розвивальне навчання : принципи, умови, забезпечення : монографія / А. В. Фурман. – К. : Правда Ярославичів, 1997. – 340 с.

363. Фуштей О. В. Формування професійної компетентності майбутніх учителів фізики засобами мультимедіа : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.04 “Теорія і методика проф. світи” / О. В. Фуштей. – Вінниця, 2012. – 25 с.

364. Хайрулліна Ю. О. Світоглядна культура особистості: структурно-функціональний аналіз : монографія / Ю. О. Хайрулліна. – К. : Вид-во НПУ імені М. П. Драгоманова, 2011. – 235 с.

365. Ходусов А. Н. Методологическая культура как условие совершенствования и обогащения профессиональной подготовки учителя [Электронный ресурс] / А. Н. Ходусов. – Режим доступа : <http://kursk-psychol.narod.ru/gazetka/xix-uman.htm>.

366. Храмов Ю. А. Научные школы в физике / Ю. А. Храмов ; [под ред. В. Г. Барьяхтара]. – К. : Наукова думка, 1987. – 400 с.

367. Хуторской А. В. Ключевые компетенции как компонент личностно-ориентированной парадигмы образования / А. В. Хуторской // Ученик в общеобразовательной школе. – М. : ИОСО РАО, 2002. – С. 135-157.

368. Хуторской А. В. Современная дидактика : учебник для вузов / А. В. Хуторской. – СПб. : Питер, 2001. – 533 с.

369. Чалий О. В. Проблема впровадження кредитно-модульної системи оцінки діяльності студентів у вищій школі України // Педагогічна і психологічна наука в Україні : у 5 т. / АПН України ; ред. рада В. Г. Кремень [та ін.] / О. В. Чалий. – Т. 4. Педагогіка і психологія вищої школи. – К. : Пед. думка, 2007. – С. 168-178.

370. Чалий О. В. Синергетичні принципи освіти та науки / О. В. Чалий. – К. : Знання, 2000. – 253 с.

371. Червова А. А. Педагогические основы совершенствования преподавания физики в высших военных учебных заведениях : автореф. дис. на соискание учёной степени д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теория и методика обучения и воспитания (физика)” / А. А. Червова. – М., 1996. – 37 с.

372. Червонный М. А. Принцип историзма при формировании естественнонаучного мировоззрения на уроках физики : автореф. дис. на соискание учёной степени канд. пед. наук : спец. 13.00.02 “Теория и методика обучения физики” / М. А. Червонный. – Томск, 1999. – 19 с.

373. Черных К. Ф. Экология теоретической физики / К. Ф. Черных. – М. : ИТРК, 2011. – 72 с.

374. Читалин Н. А. Фундаментализация профессионального образования / Н. А. Читалин // Профессиональное образование (Казанский педагогический журнал). – 2000. – № 2 (19). – С. 11-15.

375. Чобітько М. Г. Теоретико-методологічні засади особистісно орієнтованої професійної підготовки майбутніх учителів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук : спец. 13.00.04 “Теорія та методика професійної освіти” / М. Г. Чобітько; АПН України. Ін-т пед. освіти і освіти дорослих. – К., 2007. – 43 с.

376. Чумак М. Є. Створення моделі навчання курсу теоретичної фізики “Електродинаміка” на основі задачного підходу в педагогічних університетах / М. Є. Чумак, М. А. Слюсаренко // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. Серія : Педагогічні науки. – Чернігів : ЧНПУ ім. Т. Г. Шевченка. – Вип. 109. – С. 281-285.

377. Шарко В. Д. Застосування тестів в модульній технології навчання / В. Д. Шарко, Н. Н. Давиденко // Зб. наук. праць Херсонського державного університету. Серія : Педагогічні науки. – Херсон : Айлант, 1999. – № 9. – С. 233-237.

378. Шарко В. Д. Теоретичні засади методичної підготовки вчителя фізики в умовах неперервної освіти : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія та методика навчання (фізика)” / В. Д. Шарко. – К., 2006. – 44 с.

379. Шаронова Н. В. Теоретические основы и реализация методологического компонента методической подготовки учителя физики : автореф. дис. на соискание учёной степени д-ра пед. наук : спец. 13.00.02 “Теория и методика обучения (физика)” / Н. В. Шаронова. – М. : МПУ. 1997. – 19 с.

380. Шатковська Г. І. Дидактичні принципи, умови і закономірності фундаменталізації навчання студентів / Г. І. Шатковська // Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. Серія : Педагогічні науки. – Бердянськ : БДПУ, 2014. – Вип. 1. – С. 283-289.

381. Шатковська Г. І. Фундаменталізація як стратегічний напрям модернізації змісту освіти у вищій школі / Г. І. Шатковська // Наукові записки. Серія : Педагогічні науки. – Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2012. – Вип. 108. – Ч. 2. – С. 154-159.

382. Шевченко О. С. Тестування як засіб діагностики креативного мислення старшокласників у процесі навчання фізики : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.02 “Теорія та методика навчання (фізика)” / О. С. Шевченко. – К., 2010. – 19 с.

383. Шинкарук В. І. Категоріальна структура наукового світогляду / В. І. Шинкарук // Філософська думка. – 1980. – № 2. – С. 16-25.

384. Шишкін Г. О. Методична система формування інтегрованих знань з фізики в системі підготовки вчителів технологій : монографія / Г. О. Шишкін. – Донецьк : ЛАНДОН-XXI, 2014. – 365 с.

385. Школа О. В. Взаємозв'язок і наступність курсів загальної і теоретичної фізики у підготовці майбутніх учителів фізики / О. В. Школа // Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. Серія : Педагогічні науки : зб. наук. праць. – Вип. 2. – Бердянськ : ФО-П Ткачук О.В., 2015. – С. 335-343.

386. Школа О. В. Використання елементів історизму у викладанні термодинаміки і статистичної фізики / О. В. Школа // Наукові записки. Серія : Педагогічні науки. – Кіровоград : РВВ КДПУ імені В. Винниченка, 2012. – Вип. 108. – Ч. 2. – С. 159-164.

387. Школа О. В. Використання методів теорії ймовірностей у розв'язуванні задач курсу теоретичної фізики / О. В. Школа // Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія № 3. Фізика і математика у вищій і середній школі. – Вип. 11: зб. наук. праць. – К. : НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2013. – С. 53-62.

388. Школа О. В. Від фізичної лабораторії до першої кафедри теоретичної фізики в Україні / О. В. Школа // XVIII Всеукр. наук. конф. молодих істориків науки, техніки і освіти та спеціалістів, присвячена 150-річному ювілею В. І. Вернадського : матер. конф. (м. Київ, 26 квітня 2013 р.). – К. : Центр досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки імені Г. М. Доброва НАН України, 2013. – С. 376-381.

389. Школа О. В. Еволюція фізичної картини світу в курсі теоретичної фізики / О. В. Школа // Зб. наук. праць Херсонського державного університету. Серія : Педагогічні науки. – Херсон : ХДУ, 2014. – Вип. 66. – С. 92-100.

390. Школа О. В. З когорти творців теоретичної фізики в Україні (до 110-річчя з дня народження В. С. Міліянчука) / О. В. Школа // Наука України як фактор національної безпеки : матеріали XX Всеукр. наук. конф. молодих істориків науки, техніки і освіти та спеціалістів (м. Київ, 17 квітня 2015 р.) ; [відп. ред. О. Я. Пилипчук]. – К. : Центр досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки імені Г. М. Доброва НАН України, 2015. – С. 196-199.

391. Школа О. В. Інноваційні технології навчання фізики у вищій педагогічній школі : теоретичний аспект / О. В. Школа // Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія № 5. Педагогічні науки : реалії та перспективи. – Вип. 50 : зб. наук. праць. – К. : Вид-во НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2013. – С. 297-303.

392. Школа О. В. Історичні аспекти розвитку університетської фізичної освіти в Україні (друга половина XX – початок XXI століття) / О. В. Школа // Massachusetts Review of Science and Technologies. – Massachusetts : “MIT Press” (USA), 2015. – № 2 (12), (July – December). – Vol. 6. – P. 413-419.

393. Школа О. В. Комп'ютерне моделювання в курсі “Термодинаміка і статистична фізика” засобами MATHCAD / О. В. Школа // Моделювання у навчальному процесі з фізики : зб. доповідей Всеукр. наук.-практ. конф. (м. Луцьк, 17-18 жовтня 2010 р.). – Луцьк : Волинський нац. ун-т ім. Л. Українки, 2010. – Вип. 5 – С. 88-91.

394. Школа А. В. Логика построения курса теоретической физики в педагогическом университете / А. В. Школа // *Austrian Journal of Humanities and Social Sciences*. – Vienna : “East West” Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH, 2014. – № 9–10. – pp. 144-149.

395. Школа О. В. Методика використання навчального фізичного експерименту в системі професійної підготовки майбутнього вчителя фізики / О. В. Школа // *Теорія та практика навчання фізико-математичних і технологічних дисциплін* : зб. наук. праць. – Бердянськ : БДПУ, 2011. – № 2. – С. 153-159.

396. Школа О. В. Методика навчання теоретичної фізики як предмет науково-методичних досліджень / О. В. Школа // *Yale Review of Education and Science*. – Yale : “Yale University Press” (USA), 2015. – № 1 (16), (January-June). – Vol. 5. – P. 146-153.

397. Школа О. В. Методичне обґрунтування першого закону термодинаміки в курсі термодинаміки і статистичної фізики / О. В. Школа // *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія № 5. Педагогічні науки : реалії та перспективи*. – Вип. 34 : зб. наук. праць. – К. : НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2012. – С. 213-218.

398. Школа О. В. Методичні особливості вивчення статистичних розподілів Гіббса в курсі теоретичної фізики / О. В. Школа // *Педагогічні науки : теорія, історія, інноваційні технології* : наук. журнал. – Суми : СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2013. – № 6 (32). – С. 412-424.

399. Школа О. В. Методичні підходи до вивчення розподілу Максвелла-Больцмана в курсі теоретичної фізики / О. В. Школа // *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т. Шевченка. Серія : Педагогічні науки*. – Чернігів : ЧНПУ, 2013. – Вип. 109. – С. 294-298.

400. Школа О. В. Методичні рекомендації до доведення та аналізу теореми Ліувілля в статистичній термодинаміці [Електронний ресурс] / О. В. Школа // *Вісник Національної академії Державної прикордонної служби України. Серія : Педагогічні науки*. – Хмельницький : Національна академія ДПСУ, 2013. – № 5. – Режим доступу : [http://www.irbis-nbu.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbu/Vnadps/2013/5/13.pdf](http://www.irbis-nbu.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbu/Vnadps/2013/5/13.pdf).

401. Школа А. В. Методологические знания как фактор фундаментализации профессиональной подготовки будущего учителя физики / А. В. Школа // Revista “Psihologie. Pedagogie specială. Asistența socială” a fost fondată de Facultatea de Psihologie și Psihopedagogie specială a Universității Pedagogice de Stat “Ion Creangă” din Chișinău, Moldova. – 2015. – № 39. – С. 89-96.

402. Школа О. В. Модель методичної системи навчання теоретичної фізики в педагогічному університеті / О. В. Школа // Зб. наук. праць Бердянського державного педагогічного університету. Серія : Педагогічні науки. – Бердянськ : БДПУ, 2013. – № 3. – С. 174-182.

403. Школа О.В. Навчально-методичний комплекс з теоретичної фізики : теоретичні та практичні аспекти створення / О. В. Школа // Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія № 3. Фізика і математика у вищій і середній школі. – Вип. 16: зб. наук. праць. – К. : НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2015. – С. 58-67.

404. Школа О. В. Науково-педагогічна діяльність професора М. М. Шіллера – першого завідувача кафедри теоретичної фізики в Україні / О. В. Школа // XIX Всеукр. наук. конф. молодих істориків науки, техніки і освіти та спеціалістів, присвячена 95-річному ювілею НАН України : матер. конф. (м. Київ, 18 квітня 2014 р.). – К. : Центр досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки імені Г. М. Доброва НАН України, 2014. – С. 228-231.

405. Школа О. В. Основи термодинаміки і статистичної фізики : збірник задач : [навч. посібник] / О. В. Школа. – Донецьк: “Юго-Восток”, 2008. – 168 с.

406. Школа О. В. Основи термодинаміки і статистичної фізики : навч. посібник / О. В. Школа. – Донецьк: Юго-Восток, 2009. – 375 с.

407. Школа О. В. Основні елементи професіограми вчителя фізики / О. В. Школа // Теоретико-методичні засади фахової підготовки вчителів фізики та математики в умовах освітнього інформаційного середовища : монографія / [Н. Л. Сосницька, О. В. Школа, В. В. Ачкан та ін.]. – Донецьк : ЛАНДОН-XXI, 2012. – 241 с. (Вступ. – С. 5-12. – Розділ 1. – С. 41-60. – Висновки. – С. 237-240).

408. Школа О. В. Питання й тестові завдання з методологічним змістом у навчанні теоретичної фізики / О. В. Школа // Problems and prospects of territories'



socio-economic development : collections of materials of the 4<sup>th</sup> international scientific conference (Opole, Poland, 29 april – 3 may 2015). – Opole : Publishing House “WSZiA”, 2015. – P. 173-176.

409. Школа О. В. Практика у вищому навчальному закладі: робоча програма і методичні рекомендації для магістрів-фізиків : [навч. посібник] / О. В. Школа. – Донецьк : Юго-Восток, 2011. – 56 с.

410. Школа О. В. Принципи періодизації та основні періоди розвитку дидактики фізики в Україні / О. В. Школа // Зб. наук. праць Бердянського держ. пед. ун-ту. Серія : Педагогічні науки. – Бердянськ : БДПУ, 2009. – № 1. – С. 45-52.

411. Школа О. В. Принципи прогнозування фізичної освіти у вищій педагогічній школі України / О. В. Школа // Cambridge Journal of Education and Science, “Cambridge University Press”, 2015. – № 2 (14), (July – December). – Vol. 6. – P. 104-111.

412. Школа О. В. Проблемні питання курсу “Термодинаміка і статистична фізика” / О. В. Школа // Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія № 3. Фізика і математика у вищій і середній школі. – Вип. 10 : зб. наук. праць. – К. : НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2012. – С. 145-151.

413. Школа О. В. Проект модульної навчальної програми з курсу теоретичної фізики для студентів напряму підготовки Фізика\* педагогічних університетів / О. В. Школа // Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія № 3. Фізика і математика у вищій і середній школі. – Вип. 13 : зб. наук. праць. – К. : НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2014. – С. 42-51.

414. Школа О. В. Професійна спрямованість курсу теоретичної фізики в педагогічному університеті / О. В. Школа // Наукові записки. Серія : Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. – Кіровоград : РВВ КДПУ імені В. Винниченка, 2015. – Вип. 8. – Ч. 2. – С. 159-164.

415. Школа О. В. Професіограма сучасного вчителя фізики як об'єкт педагогічного проектування / О. В. Школа // Зб. наук. праць Кам'янець-Подільського національного університету імені І. Огієнка. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський : К.-ПНУ ім. І. Огієнка, 2015. – Вип. 21 : Дидактика

фізики як концептуальна основа формування компетентнісних і світоглядних якостей майбутнього фахівця фізико-технологічного профілю. – С. 161-165.

416. Школа О. В. Психолого-педагогічні аспекти навчання теоретичної фізики / О. В. Школа // Наукові записки. Серія : Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. – Кіровоград : РВВ КДПУ імені В. Винниченка, 2014. – Вип. 5. – Ч. 2 – С. 178-183.

417. Школа О.В. Результати експериментальної перевірки ефективності методичної системи навчання теоретичної фізики в педагогічному університеті / О.В.Школа // Педагогічні науки : теорія, історія, інноваційні технології : наук. журнал. – Суми : СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2016. – № 1 (55). – С. 163-171.

418. Школа О. В. Світоглядна культура майбутнього вчителя фізики як професійно значимий феномен / О. В. Школа // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. Серія: Педагогічні науки. – Чернігів : ЧНПУ ім. Т. Г. Шевченка, 2014. – Вип. 116. – С. 176-180.

419. Школа О. В. Системно-діяльнісний підхід до організації самостійної роботи студентів з курсу теоретичної фізики / О.В.Школа // Фізика та астрономія в рідній школі. – 2016. – № 1. – С. 2-6.

420. Школа О. В. Теоретичні та методичні особливості використання сучасних інформаційних технологій у навчанні теоретичної фізики / О. В. Школа // Вісник Житомирського державного університету імені І. Франка. Серія : Педагогічні науки. – Житомир : ЖДУ імені І. Франка, 2016. – Вип. № 1 (83). – С. 153-159.

421. Школа О.В. Термодинаміка і статистична фізика : збірник тестових завдань : [навч. посібник] / Олександр Школа. – Бердянськ : ФО-П Ткачук О. В., 2016. – 61 с.

422. Школа О. В. Технологічний підхід у навчанні фізики як феномен сучасної педагогічної освіти / О. В. Школа // Efektivni nástroje modernich věd : materiály IX mezinárodní vědecko-praktická konference (Praha, Czech Republic, 27 april – 5 may, 2013). – Praha : Publishing House “Education and Science”, 2013. – Dil 24 : Pedagogika. – P. 10-14.

423. Школа О. В. Удосконалення навчального фізичного експерименту з теми “Дослідження теплового розширення твердих тіл” / О. В. Школа // Наукові записки. Серія : Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. – Кіровоград : РВВ КДПУ імені В. Винниченка, 2011. – Вип. 2. – С. 189-195.

424. Школа О. В. Формування наукового світогляду майбутнього вчителя фізики як стратегічна мета його професійної підготовки / О. В. Школа // Фізика та астрономія в рідній школі. – 2015. – № 2 (119). – С. 6-10.

425. Школа О. В. Формування наукового стилю мислення майбутніх учителів фізики у навчанні теоретичної фізики / О. В. Школа // Наукові записки. – Вип. 9. – Серія : Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. Ч. 2. – Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2016. – С.219 – 227.

426. Школа О. В. Формування поняття ентропії в курсі термодинаміки і статистичної фізики / О. В. Школа // Зб. наук. праць Уманського державного педагогічного університету ім. П.Тичини. Серія : Педагогічні науки ; [відп. ред. М. Т. Мартинюк]. – Умань : ПП Жовтий О.О., 2013. – Ч. 1. – С. 360-368.

427. Школа О. В. Фундаментальна підготовка майбутнього вчителя фізики в умовах сучасної парадигми освіти / О. В. Школа // Зб. наук. праць Бердянського державного педагогічного університету. Серія : Педагогічні науки. – Бердянськ : БДПУ, 2012. – № 4. – С. 303-309.

428. Школа О. В. Шляхи підвищення ефективності навчання квантової механіки у вищій школі / О. В. Школа // Мир науки и инноваций. – 2015. – Вып. 1(1). – Т. 7. – С. 81-89.

429. Шут М. І. Історія фізичних досліджень в Україні у навчанні фізики: навч.- метод. посіб. / М. І. Шут, Л. Ю. Благодаренко, В. М. Андріанов. – К. : Шкіл. світ., 2008. – Ч.1. – 79 с. – (Б-ка “Шкіл. світу”. Спецвипуск : Фізика № 3, січень 2008). – Ч.2. – 47 с. (Б-ка “Шкіл. світу”. Спецвипуск : Фізика № 4, лютий 2008).

430. Шут М. І. Мова фізики : довідковий навч. посібник / М. І. Шут, П. В. Бережний, А. В. Касперський. – К. : НПУ ім. М.П.Драгоманова, 2000. – 37 с.

431. Шут М. І. Фундаментальна підготовка з фізики майбутніх учителів і навчальний процес в контексті Болонського процесу / М. І. Шут, Ю. А. Пасічник //

Болонський процес : тенденції, проблеми, перспективи ; [за ред. В. П. Андрущенко]. – К. : НПУ імені М. П. Драгоманова, 2004. – С. 168-186.

432. Щедровицкий Г. П. Процессы и структуры в мышлении : курс лекций / Г. П. Щедровицкий. – М. : Путь, 2003. – Т. 6. – 320 с.

433. Эйнштейн А. О методе теоретической физики : сб. науч. трудов / А. Эйнштейн. – М. : Наука, 1967. – Т. 4. – 600 с.

434. Эйнштейн А. Эволюция физики / А. Эйнштейн, Л. Инфельд. – М. : Наука, 1965. – 326 с.

435. Экспертные оценки в научно-техническом прогнозировании / Г. М. Добров, Ю. В. Ершов, Е. И. Левин, Л. П. Смирнов. – К. : Наукова думка, 1974. – 160 с.

436. Энциклопедии. 100 великих учёных : Людвиг Больцман [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://murzim.ru/jenciklopedii/100-velikih-uchjonyh/15304-lyudvig-bolcman.html>.

437. Юхновський І. Р. Основи квантової механіки / І. Р. Юхновський. – К. : Либідь, 2002. – 392 с.

438. Юцявичене П. А. Теория и практика модульного обучения / П. А. Юцявичене. – Каунас : Швиеса, 1989. – 272 с.

439. Якиманская И. С. Технология личностно-ориентированного обучения в современной школе / И. С. Якиманская. – М. : Сентябрь, 2000. – 176 с.

440. Shkola O. Worldview aspect of the course of theoretical physics in professional training of future teachers of physics / O. Shkola // Nauka i studia. – Przemysl : Sp.z.o.o Poland, 2015. – № 2(133). – Pedagogiczne nauki. – P. 65-70.

## ДОДАТКИ

## Додаток А.1

## Взаємозв'язок і наступність вивчення основних елементів класичної механіки як фундаментальної фізичної теорії в курсах загальної і теоретичної фізики

Наслідки

- **пояснення:** різних видів механічного руху і взаємодії тіл, зв'язку законів збереження з властивостями симетрії простору й часу, гравітаційної взаємодії, стаціонарного руху рідин і газів, механізму поширення пружних хвиль, руху точки в НІСВ, єдності простору й часу в СТВ (*симетрії функцій Лагранжа і Гамільтона та їх зв'язку із законами збереження, властивостей руху точки в центральном-симетричному полі, закономірностей малих коливань системи, особливостей руху суцільного середовища, пружного розсіяння частинок, обертального руху твердого тіла за Ейлером і Лагранжем, поширення звуку в ізотропному пружному середовищі, інваріантності інтервалу між подіями, меж застосування класичної механіки*);
- **розв'язання** навчальних задач з класичної механіки стандартним або оригінальним способами з використанням відповідного математичного апарату;
- **застосування** законів у техніці: робота механічних приладів і установок, гіроскопи, рух космічної техніки та ін.

Ядро

- **законо:** Ньютона, Гука, Кеплера, всесвітнього тяжіння, руху абсолютно твердого тіла, Паскаля, Архімеда, релятивістський закон додавання швидкостей (*основні рівняння аналітичної механіки Лагранжа, Гамільтона, Гамільтона-Якобі; диференціальні рівняння малих коливань системи, релятивістське узагальнення другого закону Ньютона*);
- **законо збереження:** маси, імпульсу, моменту імпульсу, механічної енергії;
- **принципи:** відносності Галілея, незалежності дії сил, далекодії, еквівалентності, Гюйгенса-Френеля, перетворення Лоренца (*віртуальних переміщень, Даламбера, екстремальної дії, Гамільтона для суцільного середовища*);
- **постулати:** ізотропності та однорідності простору, однорідності часу; Ейнштейна (*ідеальності зв'язків*);
- **теореми:** Штейнера (*додавання швидкостей і прискорень, Даламбера-Ейлера, Пуансо, Нетер, Кьоніга, Томсона*);
- **константи:** гравітаційна стала, швидкість світла;

Основа

- **емпіричний базис:** спостереження механічного руху тіл: інерція, вільне падіння, невагомість, коливання маятника; ефект Доплера (*досліди Фізо, Майкельсона-Морлі*);
- **система фізичних понять:** механічний рух, система відліку, радіус-вектор, траєкторія, шлях, переміщення, швидкість, прискорення, маса, сила, імпульс, робота, потужність, енергія, пара сил, момент сили та інерції, модуль пружності, коефіцієнт в'язкості, резонанс, релятивістський імпульс (*секторна швидкість, центр мас системи, віртуальні переміщення й робота; узагальнені координати, швидкості та сили; фазовий простір і траєкторія, функція дії, зведена маса, фінітний та інфінітний руху, траєкторія розсіяння, тензор інерції, інтеграли вільного обертання тіла, тензори напружень і деформацій, потоки імпульсу та енергії, інтервал між подіями, чотиривимірний простір, чотиривимірні тензори, релятивістська енергія*);
- **моделі:** матеріальна точка, абсолютно тверде тіло, гармонічний осцилятор, математичний і фізичний маятники, суцільне середовище;
- диференціальне та інтегральне числення, елементи лагранжевого і гамільтонового формалізмів, варіаційного числення, математичний і векторний аналіз.

## Взаємозв'язок і наступність вивчення основних елементів електродинаміки як фундаментальної фізичної теорії в курсах загальної і теоретичної фізики

Наслідки

- **пояснення:** механізму електризації тіл, взаємодії електричних зарядів та елементів струму, поляризації діелектриків, природи та особливостей електричного струму в різних середовищах, механізму термоелектричних явищ, намагнічування магнетиків, природи діа-, пара- і феромагнетизму; явища електромагнітної індукції, самоіндукції; механізму власних електричних коливань, закономірностей у колі змінного струму, властивостей та закономірностей випромінювання й поширення е/м хвиль (*фізичного змісту системи рівнянь Максвелла для е/м поля у вакуумі та їх релятивістської коваріантності, відносного характеру електричного і магнітного полів, релятивістського характеру електродинамічних явищ, взаємозв'язку маси та енергії тіла, гравітації та геометрії простору, меж застосування класичної та релятивістської електродинаміки*);
- **розв'язання** навчальних задач з електродинаміки стандартним або оригінальним способами з використанням відповідного математичного апарату;
- **застосування** законів у техніці: робота джерел електроструму, електровимірювальних приладів, напівпровідникових діодів і транзисторів, генераторів змінного струму, осцилографів, трансформаторів та ін.

Ядро

- **закони:** Кулона, Ома, Джоуля-Ленца, Відемана-Франца, Фарадея для електролізу, Ампера, Біо-Савара-Лапласа, е/м індукції, повного струму (*система рівнянь Максвелла для е/м поля у вакуумі та середовищі, матеріальні рівняння, рівняння е/м хвилі*);
- **закони збереження:** електричного заряду (*заряду в коваріантній формі, імпульсу, моменту імпульсу та енергії в замкненій системі "частинки е/м поле"*);
- **принципи:** близькодії, суперпозиції електричного та магнітного полів, радіозв'язку і радіолокації (*причинності, локальності, відносності, інваріантності відносно просторових зсувів і поворотів, еквівалентності*);
- **постулати:** ізотропності та однорідності простору, однорідності часу; Ейнштейна;
- **теорема:** Остроградського-Гауса, про циркуляцію напруженості магнітного поля;
- **правила:** Кірхгофа, Ленца, свердлика, лівої та правої руки;
- **константи:** заряд і маса електрона, діелектрична і магнітна стала, стала Фарадея, швидкість світла у вакуумі;

Основа

• **емпіричний базис:** досліди Кулона, Йоффе і Міллікена, Томсона, Мандельштама і Папалексі, Толмена і Стюарта, Ома, Джоуля, Ерстеда, Ампера, Фарадея з електролізу та е/м індукції, Роуланда і Ейхенвальда, Герца, Лебедева; ефект Холла, термоелектричні ефекти, скін-ефект (*ефект Доплера в електродинаміці, діамагнітний ефект*);

• **система фізичних понять:** електричний заряд, діелектрична і магнітна проникності/сприйнятливості середовища, напруженість і потенціал електричного поля, електричний і магнітний диполі, електроємність, сила і густина струму, напруга, електропровідність і опір провідника, сторонні сили, ЕРС, робота та потужність електроструму, термоелектронна емісія, напруженість та індукція магнітного поля, магнетики, магнітний гістерезис, магнітний потік, індукційний струм, самоіндукція, індуктивність, змінний струм, струми Фуко, коливальний контур, єдине е/м поле, струм зміщення, е/м хвилі (*скалярний і векторний потенціали е/м поля, потік і циркуляція векторного поля, чотиривимірний струм, тензор та інваріанти е/м поля, вектор і тензор поляризованості речовини, тензор кривизни простору й часу в СТВ*);

• **моделі:** точковий і неперервно розподілений електричні заряди, електричний і магнітний диполі, рамка зі струмом, моделювання електричного струму в різних середовищах, е/м поле, е/м хвиля;

• диференціальне та інтегральне числення; математичний, векторний і тензорний аналіз.

## Взаємозв'язок і наступність вивчення основних елементів квантової механіки як фундаментальної фізичної теорії в курсах загальної і теоретичної фізики

Наслідки

- **пояснення:** закономірностей рівноважного теплового випромінювання, фотоэффекту, кількісних характеристик процесів випромінювання і поглинання світла, передумов створення квантової теорії матерії, дифракції електронів і хвиль де Бройля; особливостей опису стану в квантовій механіці та фізичного змісту хвильової функції, механізму утворення спектральних серій випромінювання атомів водню, періодичної системи елементів Менделєєва, механізмів рентгенівського, люмінесцентного, спонтанного та індукованого випромінювання, зонної теорії твердих тіл, експериментальних методів ядерної фізики (*власні функції і значення операторів та їх фізична інтерпретація, властивості стаціонарних станів, основні положення теорії зображень, збурень, квантових переходів, розсіяння; класифікація елементарних частинок, фізична сутність сильної та слабкої взаємодії, межі застосування квантової механіки*);
- **розв'язання** навчальних задач з квантової механіки стандартним або оригінальним способами з використанням відповідного математичного апарату;
- **застосування** законів у техніці: фотоелемент, оптичний пірометр, квантовий генератор, скануючий мікроскоп, прискорювачі заряджених частинок, ядерні реактори та ін.

Ядро

- **закони:** фотоэффекту, Кірхгофа, Стефана-Больцмана, Віна, Мозлі, кубів Дебая, радіоактивного розпаду (*збереження ймовірності*);
- **закони збереження:** енергії та імпульсу в квантовій механіці;
- **рівняння:** Ейнштейна для фотоэффекту, Шредінгера (*неперервності, Гейзенберга, Клейна-Гордона-Фока, Дірака, Паулі*);
- **принципи:** відповідності, квантово-механічний принцип суперпозиції, причинності в квантовій механіці, Паулі (*тотожності частинок, варіаційний принцип в теорії збурень*);
- **співвідношення** невизначеностей Гейзенберга;
- **постулати:** Бора; **теореми:** (Еренфеста);
- **правила:** Прево, зміщення, Стокса (*відбору для випромінювання/поглинання світла атомом*);
- **константи:** швидкість світла у вакуумі, стала Планка, стала Стефана-Больцмана, стала Віна, стала Рідберга; маси спокою електрона, протона, нейтрона; заряд електрона і протона; перший борівський радіус;

Основа

• **емпіричний базис:** досліди Герца, Столетова з фотоэффекту, Девіссона і Джермера, Резерфорда, Франка і Герца, Штерна і Герлаха, Пулюя з рентгенівського випромінювання; ефекти Комптона, Мессбауера;

• **система фізичних понять:** квант світла (фотон) та його маса, імпульс і енергія; корпускулярно-хвильовий дуалізм, хвилі де Бройля, хвильова функція, потенціальні яма і бар'єр, спектральні серії випромінювання, квантові числа, спин, магнетон Бора, енергетичні зони, рівень та енергія Фермі, люмінесценція, фонон, надпровідність, надплинність; масове число, енергія зв'язку та дефект маси ядра; ізотопи, ядерні сили, радіоактивність, період напіврозпаду, ядерні реакції, термоядерний синтез, елементарні частинки, кварки (*ермітові і комутуючі оператори фізичних величин, матриця густини, квантові дужки Пуассона, гільбертовий функціональний простір, збурення, ферміони та бозони, пружне розсіяння, частинки й античастинки, спин-орбітальна взаємодія*);

• **моделі:** абсолютно чорне та сіре тіло, гармонічний осцилятор, атом Резерфорда-Бора, ідеальний кристал;

• диференціальне та інтегральне числення, алгебра квантово-механічних операторів фізичних величин, формалізм Гамільтона, елементи теорії ймовірностей і математичної статистики.

## Взаємозв'язок і наступність вивчення основних елементів термодинаміки і статистичної фізики як фундаментальної фізичної теорії в курсах загальної і *теоретичної* фізики

Наслідки

- **пояснення:** основних положень МКТ будови речовини, ізопроесів для ідеального газу, фізичної сутності законів термодинаміки, розподілу Максвелла-Больцмана, далекого та ближнього порядку будови тіл, теплофізичних властивостей реальних газів, рідин і твердих тіл; механізму агрегатних перетворень речовини; фазових переходів, явищ переносу, методів отримання та властивостей вакууму (*особливостей т/д і статистичного методів вивчення теплових явищ, статистичне обґрунтування законів термодинаміки, загальних умов рівноваги та стійкості т/д систем, фізичної сутності розподілів Гіббса, особливостей застосування статистичного методу до квантових систем, властивостей бозе- та фермі-газів, механізму броунівського руху, загальних принципів самоорганізації відкритих нерівноважних систем, межі застосування термодинаміки і статистичної фізики*);
- **розв'язання** типових задач з термодинаміки і статистичної фізики стандартним або оригінальним способами з використанням відповідного математичного апарату;
- **застосування** законів у техніці: робота теплових двигунів, холодильних машин, двигун внутрішнього згорання, парова турбіна, реактивний двигун, нанотехнології та ін.

Ядро

- **закони:** Бойля-Маріотта, Гей-Люсака, Шарля; термодинаміки, зростання ентропії, Фур'є, Фіка, Дюлонга і Пті;
- **закони збереження:** енергії для теплових процесів;
- **рівняння:** стану термічне й калоричне; Клапейрона-Менделєєва, теплового балансу, Майєра, Пуассона, нерівність та інтеграл Клаузіуса, Ван-дер-Ваальса, Клапейрона-Клаузіуса (*Гіббса-Гельмгольца, т/д тотожності Максвелла, співвідношення Еренфеста, стану виродженого бозе- та фермі-газів, Ейнштейна-Смолуховського, Боголюбова, кінетичне рівняння Больцмана співвідношення взаємності Онсагера*);
- **розподіли:** Максвелла-Больцмана (*статистичні розподіли Гіббса, Фермі-Дірака та Бозе-Ейнштейна*);
- **постулати:** Клаузіуса, Кельвіна (*ергодична гіпотеза*);
- **принципи:** (*Ле Шательє - Брауна, інваріантності ймовірності, рівноймовірності мікростанів макроскопічної системи, детальної рівноваги, правило фаз Гіббса*);
- **теорема:** Карно, Нернста, (*Ліувілля, рівнорозподіл енергії за ступенями вільності молекули та віріал, Н-теорема Больцмана*);
- **константи:** стала Больцмана, число Авогадро, універсальна газова стала;

Основа

• **емпіричний базис:** агрегатні перетворення речовини, фазові переходи і критичні явища, явища переносу, надплинності й надпровідності, досліди Броуна, Авенаріуса і Надеждіна, Джоуля-Томсона, Ламмерта, Перена, Штерна (*ефект Бенара*);

• **система фізичних понять:** атом, молекула, кількість речовини, абсолютна температура, т/д рівновага, рівноважний і нерівноважний стани, ступені вільності молекули, внутрішня енергія, кількість теплоти, теплоємність, робота газу, ізопроеси, цикл Карно, вакуум, фазовий і критичний стани речовини, поверхневий натяг, аморфні кристали, гомогенна й гетерогенна системи, фаза, критична й потрійна точки, метастабільні стани (*ентропія, статистична вага та т/д ймовірність, т/д потенціали, т/д коефіцієнти, функція розподілу ймовірностей, матриця густини, дисперсія і флуктуація випадкової величини, макроскопічна система, статистичний ансамбль Гіббса, статистична рівновага, статистична сума та інтеграл, критерій виродження газу, бозе-конденсація, інтеграл зіткнень, дисипативні структури, синергетика, динамічний хаос*);

• **моделі:** термодинамічна система, ідеальний газ, ідеальний тепловий двигун, ізольована система, ідеальна рідина, абсолютно тверде тіло, *квантовий осцилятор і ротатор, моделювання явищ переносу*;

• диференціальне та інтегральне числення, елементи теорії ймовірностей і математичної статистики.



## Додаток Б.1

*Приклад розв'язання типової задачі курсу “Термодинаміка і статистична фізика” з використанням методів теорії ймовірностей*

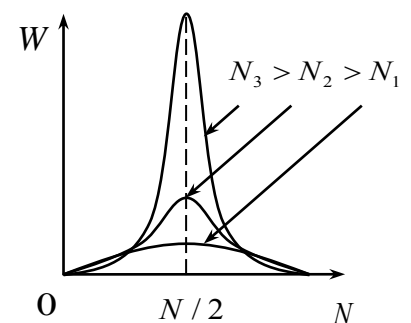
*Задача.* У прямокутній посудині об'єму  $V$  за відсутності силового поля міститься  $N$  молекул ідеального газу. 1). Яким числом способів вони можуть бути розподілені між половинами посудини? Встановити вираз для розрахунку ймовірності кожного з можливих варіантів розподілу. 2). Знайти ймовірності станів системи у випадках, якщо газ складається з двох, чотирьох, восьми частинок. 3). Довести, що рівномірний розподіл молекул газу між половинами посудини є найімовірнішим. Чи зростає ймовірність флуктуацій із збільшенням числа частинок?

*Розв'язання:* 1). Розглядаємо найбільш загальний випадок розподілу молекул газу між двома довільними частинами об'єму посудини. Нехай об'єм  $V_1$  містить  $N_1$ , а об'єм  $V_2$  –  $N_2$  молекул. Фіксуємо положення всіх частинок, проведемо всі можливі перестановки останніх. Оскільки при цьому числа  $N_1$  і  $N_2$  в об'ємах  $V_1$  та  $V_2$  не змінюються, то в результаті отримуємо всі можливі комбінації молекул –  $N!$ . Серед них будуть і такі, що можна отримати одну з іншої в результаті перестановки частинок або в межах тільки об'єму  $V_1$ , або – об'єму  $V_2$ . Такі перестановки не приводять до нових розподілів молекул за цими об'ємами, при цьому число перестановок останніх у межах об'єму  $V_1$  дорівнює  $N_1!$ , для іншого об'єму –  $N_2!$ . Поділивши повну кількість перестановок молекул на  $N_1!N_2!$ , отримаємо число  $\Omega$  усіх розподілів молекул за об'ємами  $V_1$  і  $V_2$  з певними числами заповнення  $N_1$  та  $N_2$ :  $\Omega(N_1, N_2) = N! / (N_1! N_2!)$ . Цей вираз дозволяє визначати статистичну вагу  $\Omega$  (термодинамічну ймовірність) будь-якого з макроскопічних станів системи. Знайдемо ймовірність шуканого розподілу. Ймовірність потрапляння певної молекули в об'єм  $V_1$  дорівнює  $p = V_1 / (V_1 + V_2)$ , в об'єм  $V_2$  –  $q = V_2 / (V_1 + V_2)$ . Ймовірність того, що  $N_1$  фіксованих молекул опиняться в об'ємі  $V_1$ , а інші  $N_2$  молекул – в об'ємі  $V_2$  є складною випадковою подією, для якої згідно теореми множення ймовірностей маємо:  $W = p^{N_1} q^{N_2}$ . Помножив останню ймовірність на число розподілів  $\Omega$ , знаходимо:

$$W = \frac{N!}{N_1! N_2!} \left( \frac{V_1}{V_1 + V_2} \right)^{N_1} \left( \frac{V_2}{V_1 + V_2} \right)^{N_2}.$$

Отриманий результат дозволяє знаходити ймовірність будь-якого з варіантів розподілу молекул ідеального газу між частинами об'єму, в якому він перебуває. Так, зокрема, доцільним, на нашу думку, є аналіз разом зі студентами цікавого результату щодо розподілу молекул між половинами посудини. Нехай спочатку молекули газу перебувають, наприклад, у її лівій половині. Приберемо уявну перегородку – газ почне поширюватися. При цьому ймовірність стану коли газ, поширюючись, збереться до іншої половини посудини дорівнюватиме у випадку: а) однієї молекули  $W = 1/2$ ; б) двох молекул  $W = 1/2^2 = 1/4$ ; в) якщо  $N = 4$ , то  $W = 1/2^4 = 1/16$ . У загальному випадку для газу з  $N$  частинок імовірність дорівнюватиме  $W = 1/2^N$ . Якщо взяти реальне число молекул газу в  $1 \text{ см}^3$  за нормальних умов ( $N_L = 3 \cdot 10^{19}$  – число Лошмідта), то ймовірність такої події дорівнюватиме  $W = 1/2^{3 \cdot 10^{19}}$ , а це практично нуль. Отже, студенти мають чітко усвідомлювати, що *тільки через величезну кількість частинок реальних макроскопічних систем теплові процеси в природі є практично необоротними. При цьому зворотні процеси в принципі можливі, але їх імовірність, як бачимо, надзвичайно мала.*

2). Розрахунок імовірності станів розподілу молекул газу між половинами посудини згідно загального виразу у студентів не викликає труднощів. У випадку двох молекул:  $W(0,2) = W(2,0) = 1/4$ ;  $W(1,1) = 2/4 = 1/2$ . Для  $N = 4$  маємо:  $W(0,4) = W(4,0) = 1/16$ ;  $W(1,3) = W(3,1) = 1/4$ ;  $W(2,2) = 3/8$ . У випадку восьми молекул:  $W(0,8) = W(8,0) = 1/128$ ;  $W(1,7) = W(7,1) = 1/16$ ;  $W(2,6) = W(6,2) = 7/32$ ;  $W(3,5) = W(5,3) = 14/32$ ;  $W(4,4) = 70/128$ . Для кращого розуміння студентами отриманих результатів їх слід обов'язково продемонструвати графічно. Якщо відкладати вздовж осі абсцис число молекул, наприклад, у лівій половині посудини, то графік розподілу ймовірностей матиме вигляд, представлений на рисунку. Як бачимо, *рівномірний розподіл молекул газу між половинами посудини є найімовірнішим, при цьому ця тенденція значно посилюється зі збільшенням числа частинок системи.*



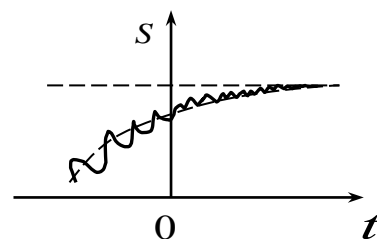
3). У випадку рівності частин посудини за умови  $N_1 = N_2 = N/2$  загальний вираз для розрахунку ймовірності спрощується. Враховуючи відому формулу Стірлінга  $[N! \approx (N/e)^N]$ , маємо:  $W = \frac{N!}{N_1! N_2!} \cdot \frac{1}{2^{N_1}} \cdot \frac{1}{2^{N_2}} \approx \frac{(N/e)^N}{(N/2e)^N} \cdot \frac{1}{2^N} \approx 1$ . Аналіз отриманого результату має виняткове значення в статистичній теорії макросистем, оскільки дозволяє зробити ряд

важливих висновків, які обов'язково повинні стати предметом обговорення студентів на практичному занятті, тому йому слід приділити особливу увагу.

*Висновок 1.* У стані теплової рівноваги молекули газу повинні в середньому рівномірно розподілятися в об'ємі, який він займає. Ідеальна хаотичність руху молекул приводить до цілком сталого значення середньої густини газу за всім об'ємом (вагою газу ми нехтуємо, оскільки дія сили тяжіння приводить до складного розподілу густини). Якщо в об'ємі  $V$  виділити малий об'єм  $\nu$  ( $\nu \ll V$ ), то за теплової рівноваги в ньому буде перебувати в середньому однакове число молекул. Завдяки цьому можна записати пропорцію:  $\bar{n}/N = \nu/V$ , звідки  $\bar{n} = N(\nu/V)$ . Отже, в об'ємі, який в  $k$  разів менший даного, перебуватиме в середньому в  $k$  разів менше молекул. Проте, якщо цей об'єм достатньо малий коли  $n$  не дуже велике, у ньому може спостерігатись коливання числа частинок, і тоді такі рівні об'єми можуть містити одночасно різне число молекул.

*Висновок 2.* Отриманий результат свідчить про те, що в макроскопічному масштабі практично з повною достовірністю можна вважати, що рівні об'єми ідеального газу містять однакове число молекул, тобто густина газу скрізь однакова. Цей висновок наводить на думку про практичну непорушність другого закону термодинаміки для макросистем, причиною якого є величезна кількість частинок, з яких вони складаються. У статистичній теорії цей закон має наочний зміст: замкнена система за рахунок теплового руху частинок переходить до таких станів, які мають найбільшу ймовірність, тобто реалізуються більшим числом способів. З рівноважного стану система самовільно не виходить, оскільки йому відповідає найбільша т/д ймовірність; внутрішній рух частинок в системі не припиняється, однак зміна мікростанів відбувається таким чином, що макроскопічний стан системи в цілому залишається сталим. При цьому дійсні значення параметрів стану системи (густина, концентрація, температура, тиск, енергія тощо) близькі до середніх, тобто рівновага т/д системи – рівновага статистична. Отже, *сукупність величезного числа молекул має властивості, якими не володіє кожна молекула окремо. Хоча рух кожної молекули підлягає законам механіки, рух сукупності молекул є вже нова, якісно відмінна від механічної, форма руху матерії.* Усвідомлення студентами цього результату має важливе значення у розумінні фізичної сутності одного з фундаментальних принципів статистичної термодинаміки – закону про необоротність теплових процесів у природі (закону зростання ентропії).

*Висновок 3.* Отриманий результат обумовлює статистичне трактування рівноважного стану замкненої системи як найімовірнішого за певних зовнішніх умов. Через внутрішній рух частинок системи рівноважний стан не є нерухомим, застиглим, однозначно визначеним. У цьому стані система перебуває найбільший час, тому ми спостерігаємо його частіше від інших. Проте спостереження виявляють часті малі відхилення від рівноваги – флуктуації. Як бачимо з рисунку, значні відхилення взагалі можливі, але трапляються дуже рідко. Отже, статистична теорія передбачає існування флуктуацій, тобто явищ, які проходять зі зменшенням ентропії (термодинаміка таких процесів не розглядає). Статистично трактується й перехід системи від нерівноважних станів до рівноважного. За статистичною теорією такий процес не є жорстко детермінованим і не обов'язково проходить весь час у бік рівноважного стану: він супроводжується малими відхиленнями від основного напрямку. Повільне зростання ентропії має місце лише в середньому, завдяки загальній тенденції в зміні станів системи (див. рис.). Отже, статистика показує, що закон зростання ентропії не є абсолютним законом природи.



Таким чином, процес розв'язування наведеної типової задачі подібний невеликому науковому дослідженню. Як свідчить досвід, проведений аналіз кінцевого результату та шляхів його отримання сприяє ефективному розв'язуванню цілого ряду наступних задач теми “Елементи теорії ймовірностей у статистичній термодинаміці”. Наведемо кілька прикладів таких задач.

1. У прямокутній посудині знаходиться газ. Протягом якого часу  $\tau$  всі його молекули, рухаючись хаотично, зберуться в одній з половин посудини, якщо  $T$  – загальний час спостереження? Розглянути випадки, коли газ складається з: а) однієї; б) двох; в) чотирьох; г) восьми; д)  $N$  молекул.

2. Оцінити ймовірність того, що в одній з половин прямокутної посудини з газом перебуватиме  $1/3$  усіх його молекул.

3. У замкненій посудині об'ємом  $V$  знаходиться  $N$  молекул ідеального газу. Яка ймовірність того, що в об'ємі  $v \ll V$ : а) зберуться всі  $N$  молекул; б) не буде жодної; чому повинен дорівнювати цей об'єм, щоб імовірність такої події була близькою до  $10^{-2}$ ?

4. Оцінити ймовірність того, що густина повітря в об'ємі  $v = 0,1 \text{ мм}^3$  вашої кімнати буде у два рази більше звичайної густини. Яким повинен бути цей об'єм, щоб імовірність такої події була достатньою?

*Приклад розв'язання типової задачі курсу “Квантова механіка”  
з використанням методів теорії ймовірностей*

*Задача.* Частинка перебуває в одновірній прямокутній потенціальній ямі шириною  $l$  з безмежно високими стінками в основному стані. Оцінити ймовірність її перебування у середній третині ями.

*Розв'язання:* 1). Розглядаємо загальний випадок руху частинки в одновірному прямокутному ящику з непроникними стінками:  $U(x) = \begin{cases} 0, & (0 < x < l); \\ \infty, & (x < 0, x > l). \end{cases}$

Стаціонарне рівняння Шредінгера у цьому випадку матиме вигляд:  $-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2\psi(x)}{dx^2} = E\psi(x)$  з граничними умовами, що забезпечують непроникність стінок:

$\psi(0) = \psi(l) = 0$ . Після заміни  $k^2 = \frac{2mE}{\hbar^2}$  отримаємо лінійне однорідне диференціальне рівняння другого порядку:  $\psi'' + k^2\psi = 0$  для  $(0 < x < l)$ . Загальний розв'язок цього рівняння добре відомий студентам:  $\psi(x) = C \sin(kx + \delta)$ , де  $k$  і  $\delta$  – сталі, які однозначно визначаються з граничних умов:  $\psi(0) = C \sin \delta = 0$ , тобто  $\delta = 0$ ;  $\psi(l) = 0$ , звідки  $kl = n\pi$ , де  $(n = 1, 2, 3, \dots)$ . Сталу  $C$  знаходять, використовуючи відомий з теорії ймовірностей вираз

умови нормування густини ймовірностей:  $\int_0^l dW = 1$ , тобто  $\int_0^l |\psi(x)|^2 dx = 1$ , звідки  $C = \sqrt{\frac{2}{l}}$ .

Остаточно отримаємо вирази для власних значень енергії та хвильової функції частинки, що перебуває на  $n$ -му енергетичному рівні в одновірній прямокутній потенціальній ямі

шириною  $l$  з безмежно високими стінками:  $E_n = \frac{\pi^2 \hbar^2}{2ml^2} n^2$ ;  $\psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{l}} \sin\left(\frac{\pi n}{l} x\right)$ .

Усвідомленню студентами фізичної сутності отриманих результатів сприятиме їх обов'язкова подальша наочна інтерпретація. Графіки власних функцій, густини ймовірності знаходження частинки та схеми її енергетичних рівнів зображено на рисунках Б.1.1-3. Як бачимо, спектр енергії частинки, що рухається в обмеженому об'ємі простору, дискретний (рис. Б.1.3, квантується кінетична енергія,  $E_n > 0$ ) і невироджений (кожному енергетичному рівню  $E_n$  відповідає лише одна власна функція  $\psi_n$ ), причому, відповідно до принципу невизначеностей Гейзенберга, характерний масштаб енергії

$\sim \hbar^2 / ml^2$ . Хвильова функція основного стану  $\psi_1(x)$  на проміжку  $0 < x < l$  не має вузлів, вона є дійсною і додатною. Наступна функція  $\psi_2(x)$ , що описує перший збуджений стан, має один вузол за  $x = l/2$  (рис. Б.1.1) і т.д.

2). Імовірність перебування частинки в певному інтервалі ( $x_1 < x < x_2$ )

визначають згідно відомої формули теорії ймовірностей:  $W = \int_{x_1}^{x_2} f(x) dx$ . У нашому

випадку шукана ймовірність чисельно дорівнює заштрихованій площині (рис. Б.1.2):

$$W = \int_{x_1}^{x_2} |\psi(x)|^2 dx = \frac{2}{l} \int_{l/3}^{2l/3} \sin^2\left(\frac{2\pi n}{l} x\right) dx = 0,61. \text{ Аналіз отриманих вище результатів}$$

дозволяє зробити ряд важливих висновків, які обов'язково повинні стати предметом обговорення студентів на практичному занятті.

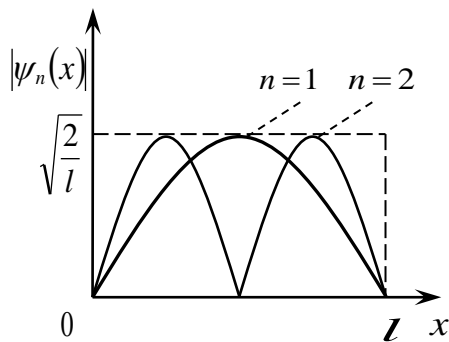


рис. Б.1.1

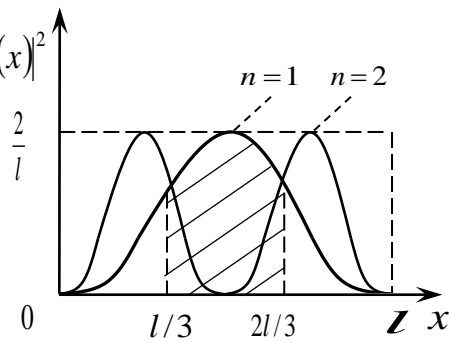


рис. Б.1.2

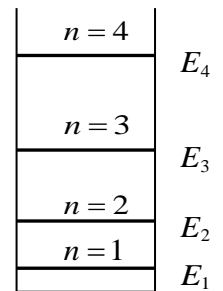


рис. Б.1.3

**Висновок 1.** Згідно рисунку Б.1.2 можна отримати цікавий результат: середнє значення координати частинки, що перебуває в одновимірній потенціальній ямі в основному стані дорівнює  $l/2$ . Цей результат можна підтвердити, використовуючи відому з теорії ймовірностей формулу для розрахунку середнього значення випадкової величини:

$$\bar{x} = \int_0^l x dW = \int_0^l x |\psi_n(x)|^2 dx = \frac{2}{l} \int_0^l x \sin^2\left(\frac{\pi n}{l} x\right) dx = \frac{1}{l} \int_0^l x \left(1 - \cos\frac{2\pi n}{l} x\right) dx = \frac{l}{2}.$$

Отриманий результат свідчить про те, що серед усіх можливих положень частинки, яка рухається в обмеженому об'ємі простору, ця відстань є найімовірнішою, але вона не є абсолютною, однозначно визначеною. Як бачимо з рисунку Б.1.2, інші її положення також мають право на існування; значні відхилення (флуктуації) від найімовірнішого відповідно до принципу невизначеностей взагалі можливі, але трапляються дуже рідко. З підвищенням енергетичного стану частинки ситуація значно ускладнюється, що

можна пояснити періодичністю густини ймовірності хвильової функції. Згідно рис. Б.1.2 виходить, що в збудженому стані з  $n=2$  частинку не можна виявити посередині ями; разом з тим вона може однаково часто перебувати як у її лівій, так і правій половині. Така поведінка частинки, звичайно, несумісна з уявленням про її траєкторію. Звертаємо увагу студентів на те, що кожна мікрочастинка, володіючи корпускулярно-хвильовими властивостями, не має абсолютно визначеної координати, вона виявляється ніби “розмитою у просторі”. Нагадаємо, що згідно класичних уявлень усі положення частинки в потенціальній ямі рівноймовірні.

*Висновок 2.* Згідно виразу власних значень енергії частинки, що перебуває в одномірній прямокутній потенціальній ямі з безмежно високими стінками, віддаль між сусідніми енергетичними рівнями:  $\Delta E_n = E_{n+1} - E_n = \frac{\pi^2 \hbar^2}{2ml^2} (2n+1) \approx \frac{\pi^2 \hbar^2}{ml^2} n$ . Якщо взяти  $m$  порядку маси молекули, а  $l \sim 10$  см (молекули газу в посудині), виходить:  $\Delta E_n \approx 10^{-20} n$  (eB). Настільки щільно розташовані енергетичні рівні будуть практично сприйматися як суцільний спектр енергії, так що хоча квантування енергії у принципі має місце, але на характері руху частинок воно не позначатиметься. Аналогічний результат отримуємо, якщо взяти  $m$  порядку маси електрона за тих самих розмірів ями (вільні електрони в металі):  $\Delta E_n \approx 10^{-16} n$  (eB). Проте зовсім інший результат виходить для електрона, якщо область, у межах якої він рухається, буде порядку атомних розмірів ( $\sim 10^{-10}$  м). У цьому випадку  $\Delta E_n \approx 10^2 n$  (eB), так що дискретність енергетичних рівнів буде досить помітною.

Аналіз студентами отриманих формул і висновків під час розв’язування наведеної вище типової задачі є надзвичайно важливим, оскільки сприятиме не тільки усвідомленню фізичної сутності розглядуваних явищ, але й розв’язуванню цілої групи наступних задач курсу, що передбачають визначення ймовірності перебування частинки у певних межах одно-, дво- та тривимірної потенціальної ями для будь-якого її енергетичного стану, різниці певних енергетичних рівнів, проходження частинки крізь “низький” та “високий” потенціальний бар’єри, визначення коефіцієнтів прозорості потенціального бар’єру певної ширини та ін.

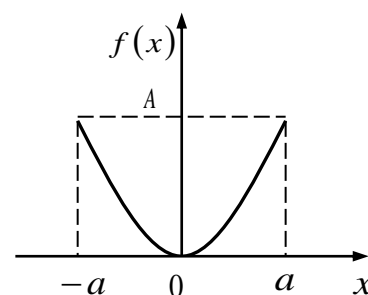
## Додаток Б.2

Приклади завдань до самостійних і контрольних робіт з дисципліни  
 “Термодинаміка і статистична фізика”

## 1 варіант

1. У прямокутній посудині знаходиться ідеальний газ з 6 молекул. 1). Яким числом способів вони можуть бути розподілені між половинами посудини? Який стан розподілу найімовірніший? 2). У скільки разів різняться ймовірності станів (1,5) та (4,2)?

2. Знайти дисперсію, флуктуацію та відносну флуктуацію випадкової величини  $x$ , графік функції розподілу ймовірностей якої представлений на рисунку.

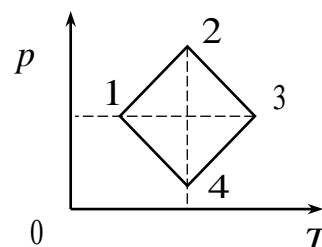


3. Чим різняться між собою рівноважний і нерівноважний стани газу? Чому замкнена система (ідеальний газ) завжди рано чи пізно переходить у рівноважний стан? Чи залежить цей перехід від кількості частинок системи?

## 2 варіант

1. Представити замкнений процес для ідеального газу у двох інших діаграмах.

2. Знайти приріст ентропії  $\Delta S_m$  моля одноатомного ідеального газу при нагріванні від 0 до  $273^\circ\text{C}$  у випадках сталого: а) об'єму, б) тиску.



3. Чи справедливо співвідношення:  $\left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_T = V - T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$ .

## 3 варіант

1. Поясніть фізичну сутність терміну “критерій виродження газу”? За яких умов можна говорити про вироджений ідеальний газ?

2. Скільки відсотків  $\eta$  вільних електронів в металі за  $T=0\text{K}$  мають кінетичну енергію, що перевищує половину максимальної?

3. Визначити зміну молярної внутрішньої енергії кристала  $\Delta U_m$  під час нагрівання на  $\Delta T = 2\text{K}$  від температури  $T_1 = \theta_D / 2$ .



## АНКЕТА МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ ФІЗИКИ

## В.1. ПИТАННЯ Й ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ З ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ:

1. Як у класичній механіці називають принцип з таким формулювання: “жодними фізичними дослідами, проведеними всередині інерціальної системи відліку, неможливо визначити рухається ця система рівномірно й прямолінійно чи перебуває у стані спокою” ?

1) інваріантності; 2) відносності; 3) подібності; 4) відповідності.

2. Твердження про граничний перехід перетворень Лоренца у перетворення Галілея за умови  $v \ll c$  у класичній механіці називають принципом ...

1) інваріантності; 2) відносності; 3) подібності; 4) відповідності.

3. Який із законів Ньютона найголовніший ?

4. Який із законів збереження вважають векторним ?

1) закон збереження імпульсу; 2) закон збереження енергії;  
3) обидва закони; 4) жодний із законів.

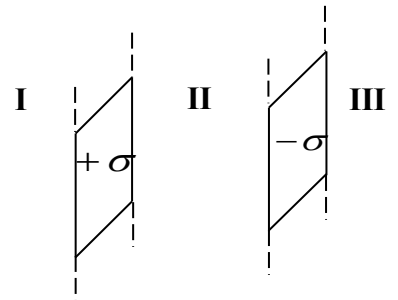
5. Яка з наведених формул є виразом основного закону релятивістської динаміки ?

1)  $\vec{F} = \Delta \vec{p} / \Delta t$ ; 2)  $m = m_0 / \sqrt{1 - (v/c)^2}$ ; 3)  $E = mc^2$ ; 4)  $\vec{F} = m_0 \vec{a}$ .

6. Що таке електричний заряд – властивість чи фізичний об'єкт ?

7. Електричне поле утворено двома нескінченими паралельними пластинами, що несуть однаковий рівномірно розподілений за поверхнею протилежний заряд (див. рис.). У якій області простору сконцентроване електричне поле ?

1) в області простору I;  
2) в області простору II;  
3) в області простору III;  
4) в областях простору I та III;  
5) електричне поле в областях простору I-III відсутнє.



8. Чому рівняння Максвелла вважають фундаментальними ?

9. Який вираз свідчить про відсутність магнітних зарядів у природі ?

1)  $\oint_S \vec{E} d\vec{S} = \frac{Q}{\epsilon_0}$ ; 2)  $\epsilon_i = -\frac{d\Phi}{dt}$ ; 3)  $\oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0$ ; 4)  $\oint_L \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 \sum_{i=1}^N I_i$ .

10. Яке з наведених нижче тверджень є вірним ?

1) швидкість електромагнітних хвиль у вакуумі залежить від довжини хвилі;  
2) вектор магнітної індукції поля електромагнітної хвилі спрямований у бік її поширення;  
3) електромагнітна хвиля є поперечною хвилею;  
4) для поширення електромагнітних хвиль потрібне пружне середовище.

**11. Властивості мікрочастинок у квантовій фізиці якісно різняться із звичайними класичними властивостями макрооб'єктів, до них відносять ...**

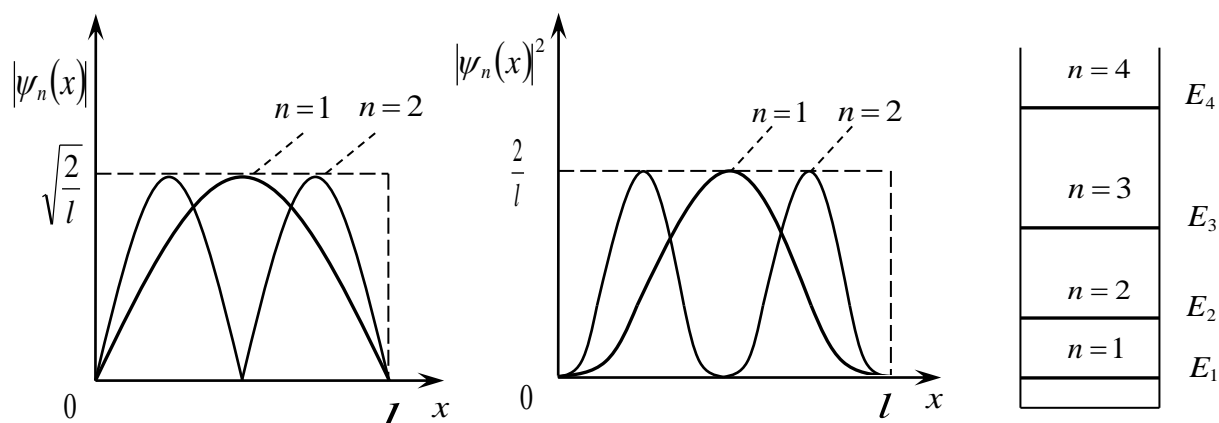
- 1) корпускулярно-хвильовий дуалізм і дискретність різних фізичних параметрів;
- 2) “спинові” властивості та принцип Паулі;
- 3) співвідношення Гейзенберга;
- 4) усі вище перелічені.

**12. Яке з наведених нижче тверджень квантової механіки помилкове ?**

- 1) неможливо одночасно виміряти імпульс та координату мікрочастинки;
- 2) рівняння Шредінгера – основне рівняння нерелятивістської квантової механіки;
- 3) всі ферміони мають напівцілий спін;
- 4) хвильова функція мікрочастинки має імовірнісний зміст;
- 5) у квантовій фізиці немає місця законам, які керують змінами індивідуального об'єкту з часом; замість цього ми маємо закони, які керують змінами ймовірності з часом.

**13. На рисунку зображено графіки власних хвильових функцій, густини ймовірності та схеми енергетичних рівнів мікрочастинки, що перебуває в одновимірній прямокутній потенціальній ямі шириною  $l$  з безмежно високими стінками. Яке з наведених тверджень у даному випадку помилкове ?**

- 1) згідно класичних уявлень усі положення частинки в потенціальній ямі рівномірні;
- 2) середнє значення координати частинки в основному стані дорівнює  $l/2$ ;
- 3) у збудженому стані з  $n=2$  частинка з однаковою ймовірністю може перебувати як у лівій, так і правій половині;
- 4) спектр енергії частинки дискретний і невироджений (кожному енергетичному рівню  $E_n$  відповідає лише одна власна хвильова функція  $\psi_n$ );
- 5) ймовірність перебування частинки всередині потенціальної ями з кожним наступним збудженим станом зростає;
- 6) чим менше область локалізації частинки, тим більшою є її енергія.



**14. Взаємодія, що забезпечує зв'язок нуклонів в атомному ядрі:**

- 1) електромагнітна; 2) сильна; 3) гравітаційна; 4) слабка.

**15. Симетрія у світі фізичних об'єктів породжує як наслідок ...**

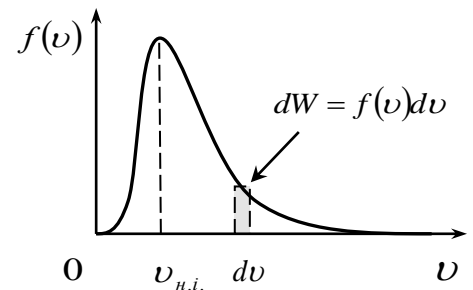
- 1) збереження тих чи інших фізичних величин об'єктів;
- 2) відповідну їм інваріантність властивостей;
- 3) абсолютність усіх фізичних властивостей;
- 4) відносність усіх фізичних властивостей.

**16. Внутрішня енергія тіла збільшиться, якщо ...**

- 1) його сховати до теплоізолюваної шафи; 2) підняти на 5 м;
- 3) надати тілу швидкість 5 м/с; 4) нагріти на 5 °С.

**17. Що визначає функція розподілу молекул ідеального газу за швидкостями  $f(v)$  ?**

- 1) число молекул, які мають певне значення швидкості;
- 2) число молекул, швидкості яких перебувають у певному інтервалі;
- 3) відносне число (долю) молекул газу, які мають певне значення швидкості;
- 4) відносне число (долю) молекул газу, швидкості яких перебувають у певному інтервалі.

**18. Поведінку якої термодинамічної системи описує канонічний розподіл Гіббса (для**

**густини ймовірностей розподілу станів:  $\omega(E) = e^{\frac{\Psi-E}{kT}}$  ) ?**

- 1) адіабатично ізолювана система з фіксованою енергією;
- 2) ізотермічна система, яка обмінюється енергією з оточуючими тілами певної температури, тобто “система в термостаті”;
- 3) система, яка обмінюється з оточуючими тілами як енергією, так і частинками, тобто перебуває з ними у тепловому та дифузійному контакті;
- 4) вірної відповіді немає.

**19. Яка з наведених формул розкриває статистичний зміст ентропії ?**

- 1)  $dS = \frac{\delta Q}{T}$ ; 2)  $S = k \ln W$ ; 3)  $\Delta S = \int_1^2 \frac{dQ}{T}$ ; 4)  $\lim_{T \rightarrow 0} S = 0$ .

**20. За якої умови (згідно критерію виродження газу) співпадають статистики Максвелла-Больцмана, Фермі-Дірака та Бозе-Ейнштейна ?**

- 1) велика маса частинок; 2) мала густина газу;
- 3) висока температура; 4) мала швидкість руху молекул газу.

**В.2. ПИТАННЯ Й ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ ІЗ СВІТОГЛЯДНИМ ЗМІСТОМ  
У НАВЧАННІ ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ:**

1. Чи вірите Ви в існування інопланетян, у телекінез й телепатію, долю, прикмети, гадання й чаклунство, “віщі сни” (якщо так, підкреслити необхідне) ?

2. Чи заважають релігійні переконання науковому пізнанню закономірностей навколишнього світу ?

3. Який світогляд можна вважати науковим ?

4. Що являє собою сучасна фізична картина світу ? Чому вона змінюється ?

5. Які фундаментальні фізичні теорії Вам відомі ? Чому саме ці теорії Ви вважаєте фундаментальними ? Що є об’єктом та предметом їх вивчення ?

6. Навести приклади вирішальних (фундаментальних) експериментів у фізиці.

7. Навести приклади фундаментальних фізичних понять, ідей, законів.

8. Які з фізичних констант є фундаментальними ? У чому полягає їх фундаментальність ?

9. Що таке електромагнітна хвиля – фізичний об’єкт чи процес ?

10. Чи можна зупинити фотон ?

11. Чи існує межа поділу матерії ?

**12. Розташувати фундаментальні фізичні теорії відповідно історії їх виникнення.**

1) квантова механіка;

2) класична механіка Ньютона;

3) феноменологічна термодинаміка;

4) класична електродинаміка і спеціальна теорія відносності.

**13. Поставити у відповідність властивості симетрії простору й часу з лівої колонки таблиці закону збереження у правій колонці.**

1. Однорідність часу.	А. Закон збереження імпульсу.
2. Однорідність простору.	Б. Закон збереження енергії.
3. Ізотропність простору.	В. Закон збереження моменту імпульсу.

**14. Що забезпечує цілісність атомів, молекул, макроскопічних тіл ?**

1) гравітаційні сили; 2) ядерні сили; 3) пружні сили; 4) електромагнітні сили.

**15. Яке з наведених тверджень щодо фундаментальних наукових понять “простір – час” помилкове ?**

1) вони існують незалежно та поза свідомістю людини;

2) вони пізнаються та оцінюються людиною;

3) вони єдині, утворюючи чотиривимірний континуум;

4) вони абсолютні, тобто незалежні одне від одного.

**16. Реальний тепловий процес завжди є ...**

1) адіабатним; 2) рівноважним; 3) необоротним; 4) стаціонарним.

**17. Синергетику і теорію дисипативних структур відносять до наук:**

1) соціально-економічного напрямку; 2) фізичного напрямку;  
3) міждисциплінарного напрямку; 4) хіміко-біологічного напрямку.

**18. Згідно загальної періодизації історії розвитку фізичних картин світу поставити у відповідність їх вихідні філософські ідеї та авторів-засновників.**

1. Механістична. 2. Електромагнітна. 3. Квантово-польова. 4. Еволюційно-синергетична.	А). Континуалізм. Б). Нелінійність, самоорганізація та глобальний еволюціонізм. В). Класичний атомізм і механіцизм. Г). Синтез атомізму і континуалізму.	1). М. Планк, Н. Бор, Л. де Бройль, В. Гейзенберг, П. Дірак та ін. 2). Г. Галілей, І. Ньютон та ін. 3). Г. Хакен, І. Прігожин та ін. 4). М. Фарадей, Дж. Максвел, А. Ейнштейн та ін.
--	---	---

**19. Поставити у відповідність фізичним картинам світу їх основні принципи.**

А). Механістична. Б). Електромагнітна. В). Квантово-польова. Г). Еволюційно-синергетична.	1) симетрії; 2) відповідності; 3) відносності Галілея; 4) збереження; 5) принцип Паулі; 6) доповнюваності; 7) суперпозиції; 8) причинності; 9) еквівалентності інертної та гравітаційної мас тіла; 10) нелінійності, відкритості та самоорганізації систем; 11) відносності Ейнштейна; 12) глобальний еволюціонізм.
--	---

**20. Поставити у відповідність фундаментальними фізичним взаємодіям їх основні характеристики.**

Назва	Радіус дії, м	Загальна характеристика
1. Гравітаційна. 2. Електромагнітна. 3. Сильна. 4. Слабка.	$\approx 10^{-18}$ $\approx 10^{-15}$ $\infty$ $\infty$	<b>А.</b> Має універсальний характер і може виступати як тяжіння або відштовхування; забезпечує цілісність атомів, молекул і макроскопічних тіл. <b>Б.</b> Діє тільки в мікросвіті, є короткодіючою та описує взаємоперетворення елементарних частинок; квантами поля взаємодії є проміжні векторні бозони. <b>В.</b> Має універсальний характер, властива для всіх матеріальних об'єктів, але суттєвою є тільки за наявності масивних тіл, тобто виявляється на макроскопічних відстанях. <b>Г.</b> Забезпечує зв'язок між нуклонами в ядрі та кварків в адронах; квантами поля взаємодії є глюони.

**В.3. ПИТАННЯ Й ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ ІЗ МЕТОДОЛОГІЧНИМ ЗМІСТОМ****У НАВЧАННІ ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ:**

1. Що таке “методологія” ?
2. У чому полягає сутність методів наукового пізнання природи ? Яким чином фізичні знання отримують статус наукового ?

3. Якими елементами наукових знань оперує наука-фізика ? Якою є логічна структура фізичного знання ?

4. З чого “складається” фундаментальна фізична теорія ? Чи достатньо одних лише емпіричних фактів для побудови теорій ?

5. У чому полягає спільність і різниця понять: “закон”, “принцип”, “постулат” ?

6. Які принципи діалектико-матеріалістичного пізнання природи Вам відомі ?

**7. Поставити у відповідність методам наукового пізнання наведені категорії.**

А). Теоретичні.	1) спостереження; 2) експеримент; 3) аналіз; 4) синтез; 5) абстрагування;
Б). Емпіричні.	6) дедукція; 7) індукція; 8) моделювання; 9) конкретизація; 10) порівняння; 11) узагальнення; 12) ідеалізація; 13) формалізація; 14) вимірювання.

**8. Наукова теорія може бути визнана цілком задовільною, якщо вона:**

- 1) пояснює більше половини наявних фактів;
- 2) базується на здоровому глузді;
- 3) її довгий час вважали вірною; з нею майже всі згодні;
- 4) вона пояснює всі відомі явища певної галузі.

**9. Висловлення гіпотези в структурі наукового пізнання – це початок ...**

- 1) математичного аналізу проблеми;
- 2) теоретичного рівня пізнання;
- 3) мисленевого експерименту;
- 4) емпіричного узагальнення фактів.

**10. Аналіз, синтез, абстрагування, індукція, дедукція, аналогія, класифікація відносяться до ... методів пізнання:**

- 1) загальнонаукових; 2) логічних; 3) емпіричних; 4) теоретичних;

**11. Який з етапів циклу наукового пізнання відсутній (гіпотеза → моделювання → теоретичне обґрунтування → наслідки → експеримент) ?**

- 1) математичні розрахунки;
- 2) виділення головного, суттєвого у досліджуваному об’єкті;
- 3) емпіричні факти;
- 4) узагальнення та систематизація попередніх знань.

**12. Поставити у відповідність елементам наукових знань з лівої колонки таблиці навчальну інформацію окремих змістових модулів курсу з правої колонки.**

1. Фізичне явище.	– механічний рух, матеріальна точка, прискорення, узагальнені координати, абсолютно тверде тіло, збереження імпульсу,
2. Фізичне поняття.	математичний маятник, резонанс, чотиривимірний імпульс;
3. Фізична величина.	– електризація тіл, точковий заряд, збереження електричного заряду,
4. Фізичний принцип.	суперпозиції електростатичних полів, густина струму, електромагнітна
5. Фізична модель.	індукція, електромагнітне поле, чотиривимірний інтервал між подіями;
6. Фізичний закон.	– абсолютно чорне тіло, фотоефект, хвильова функція вільної

	частинки, потенціальний бар'єр, корпускулярно-хвильовий дуалізм, спін, показник заломлення світла, дифракція електронів, відповідності; – т/д система, абсолютна температура, ентропія, критичний стан речовини, броунівський рух, фазовий ансамбль Гіббса, зростання ентропії для ізольованих т/д систем, молекулярне розсіяння світла, надпровідність.
--	--

**13. Який з принципів відносять до класичного природознавства:**

- 1) доповнюваності; 2) принцип відносності Галілея;
- 3) близькодії; 4) еквівалентності гравітаційної та інертної мас.

**14. Який з принципів відносять до некласичного природознавства:**

- 1) еквівалентності інерціальних систем відліку; 2) збереження;
- 3) абсолютності простору і часу; 4) невизначеності Гейзенберга.

**15. Який з принципів відносять до постнекласичного природознавства:**

- 1) детермінізму Лапласа; 2) єдності та взаємозв'язку простору й часу;
- 3) відповідності; 4) глобального еволюціонізму.

**16. Поставити у відповідність основним етапам розвитку природознавства (класичний, некласичний, постнекласичний) їх основні ідеї.**

1). Випадковість природі невласлива; уявлення про ймовірність тієї чи іншої події принципово другорядні.

2). Випадковість – фундаментальна властивість природи; необхідним є ймовірнісне прогнозування результатів вимірювання.

3). Основу складає концепція коєволюції (спільної еволюції) природних систем, що спирається на поняття: системність, самоорганізація, історичність і глобальний еволюціонізм.

4). Вплив на об'єкт дослідження з боку оточення є флуктуаційно-неконтрольованим; визначення його фізичних характеристик потребує врахування умов спостереження або методу пізнання.

5). Основу складають теорії порядку й хаосу, передусім синергетика, включаючи нерівноважну термодинаміку й нелінійну динаміку, а також теорія інформації.

6). Усе: матерія, енергія, фізичні характеристики мікрооб'єктів – виступають дискретними величинами, і неможливо виміряти жодну з них, не змінюючи її.

7). Пояснити фізичне явище означає побудувати його наочно-механічну модель.

8). Об'єктивна невизначеність фізичних характеристик мікрооб'єктів та у зв'язку з цим необхідність використання двох класів понять, які взаємно доповнюють один одного.

**17. У рамках концепції моделювання в загальному природознавстві поставити у відповідність ідеальним і матеріальним моделям їх короткі характеристики, наведені нижче:**

1). Можуть бути описовими, абстрактними й математичними. Математичний формалізм надає моделі евристичний характер.

2). Використовуються в натурному експерименті, за допомогою якого дослідник “задає конкретні питання природі та її конкретним проявам”.

**18. Основним методологічним принципам сучасної фізики з лівої колонки таблиці поставити у відповідність їх загальнонауковий зміст з правої колонки.**

1. Принцип доповнюваності. 2. Принцип невизначеностей. 3. Принцип відповідності. 4. Принцип простоти. 5. Принцип симетрії.	<b>А.</b> Існує обмеження на одночасне точне уявлення об'єкта пізнання за допомогою окремих “проекцій”. <b>Б.</b> Будь-яке природне явище не може бути однозначно й повністю визначено та вимагає для цього використання принаймні двох груп додаткових понять, що взаємно виключають один одного. <b>В.</b> Будь-яка нова більш загальна теорія повинна включати в себе в якості граничного випадку попередні. <b>Г.</b> Незмінність (інваріантність) фізичних параметрів системи за деяких перетворень, що вказує на певний закон збереження. <b>Д.</b> Організація та впорядкованість наукових понять, принципів, законів і теорій про об'єкт пізнання на основі якнайменшої кількості незалежних припущень.
--	---

**19. Поставити у відповідність характер фізичних закономірностей у природі з лівої колонки таблиці їх загальнонауковий зміст з правої колонки.**

1. інамічні закономірності. 2. статистичні закономірності.	<b>А.</b> Закономірності (або теорії), в яких зв'язки всіх фізичних величин однозначні. <b>Б.</b> Закономірності (або теорії), в яких однозначно пов'язані тільки ймовірності певних значень тих чи інших фізичних величин; зв'язки між самими величинами неоднозначні.
---	--

**20. Згідно загальної структури наукової теорії (основа, ядро, наслідки) розкрити коротко зміст відповідних складових однієї з фундаментальних фізичних теорій (класична механіка, термодинаміка і статистична фізика, електродинаміка, квантова механіка і теорія поля).**

#### В.4. ПИТАННЯ ФАХОВОГО СПРЯМУВАННЯ:

1. Чи плануєте Ви після отримання вищої освіти працювати за фахом ?
2. Навести три основні характеристики професіограми сучасного вчителя фізики.
3. Якими, на Вашу думку, є стратегічні цілі навчання фізики в загальноосвітній школі ?
4. Чи повинен вчитель фізики формувати науковий світогляд і відповідний стиль мислення своїх учнів засобами навчального предмету ? З яких компонентів, на Вашу думку, “складається” науковий світогляд особистості ?

**5. Яке з наведених означень відповідає сутності поняття “науковий стиль мислення” особистості ?**

- 1) система вимог до процесів розумової діяльності та його результатів;
- 2) найхарактерніші ознаки наукового підходу до пізнання природи в певну історичну епоху;



3) сукупність норм і правил пізнання, що протистоїть повсякденному, поверхневому сприйняттю навколишнього світу;

4) власний варіант відповіді...

**6. Яка з фундаментальних теорій вивчається найповніше в шкідльному курсі фізики ?**

1) класична механіка; 2) термодинаміка і статистична фізика;

3) класична електродинаміка; 4) квантова механіка.

**7. Розв'язування задач з фізики використовують для ...**

1) висування проблеми і створення проблемної ситуації, повідомлення нових знань;

2) закріплення, узагальнення і повторення матеріалу; перевірки глибини і міцності знань;

3) формування практичних умінь і навичок учнів, розвиток їх творчих здібностей;

4) усі зазначені вище.

**8. У чому полягає основна функція навчального фізичного експерименту ?**

1) слугує джерелом знань; 2) виступає методом навчання;

3) є видом наочності; 4) усі зазначені вище варіанти.

**9. Удосконаленню власної педагогічної діяльності найбільшою мірою сприятиме ...**

1) використання готових методичних рекомендацій;

2) використання педагогічних ідей та окремих елементів досвіду педагогів-новаторів;

3) дискусії з науковцями, колегами-практиками з актуальних педагогічних проблем;

4) власний варіант відповіді...

10. Чи займаєтеся Ви самоосвітою й самовихованням ? З чого вони складаються ? Читаєте додаткову психолого-педагогічну, науково-методичну літературу з фізики ? Яким джерелам віддаєте перевагу ?

11. Оцініть рівень розвитку особистісних якостей у навчанні теоретичної фізики (за 5-ти бальною шкалою).

№ з/п	Якості особистості	Оцінка (в балах від 0 до 5)
1.	Пізнавальна активність у досягненні високих освітніх результатів.	
2.	Ставлення до наукових знань та процесу їх здобуття.	
3.	Розуміння спеціальної/предметної компетентності як провідної фахової цінності.	
4.	Самопізнання і самооцінка фахових та особистісних якостей.	
5.	Відповідальність, дисциплінованість, наполегливість.	
6.	Прагнення до самоосвіти й самовдосконалення.	

12. Що найбільш приваблює Вас у навчально-пізнавальній діяльності з курсу теоретичної фізики ? (яскрава індивідуальність викладача, можливість пізнання себе і власних здібностей, спілкування з ровесниками, професійне самовизначення, творча самореалізація, відчуття власної індивідуальності та самобутності, відчуття згуртованості та єдності з колективом, отримання морального задоволення, проведення вільного часу).

## АНКЕТА ВЧИТЕЛЯ ФІЗИКИ

*Шановний учитель!*

*Просимо відповісти на ряд питань анкети, мета якої – з'ясувати Вашу позицію щодо важливості формування у студентів – майбутніх учителів фізики – системних світоглядних і методологічних знань з курсу теоретичної фізики. Ці дані будуть корисними для подальшого удосконалення системи фахової підготовки студентів.*

*Заздалегідь дякуємо за допомогу!*

**1. Якими, на Вашу думку, є стратегічні цілі навчання фізики в загальноосвітній школі ?**

**2. Чи повинен вчитель фізики формувати науковий світогляд і відповідний стиль мислення своїх учнів засобами предмету ?**

**3. З яких компонентів “складається” науковий світогляд особистості ?**

**4. Що являє собою сучасна фізична картина світу ?**

**5. Який з наведених означень відповідає, на Вашу думку, сутності поняття “науковий стиль мислення” ?**

1) система вимог до процесів розумової діяльності та його результатів;

2) найхарактерніші ознаки наукового підходу до пізнання природи в певну історичну епоху;

3) сукупність норм і правил пізнання, що протистоять повсякденному, поверхневому сприйняттю навколишнього світу;

4) власний варіант відповіді...

**6. Які види навчально-пізнавальної діяльності сприяють, на Ваш погляд, формуванню наукового стилю мислення учнів ?**

1) різні види самостійних робіт, лабораторні роботи, демонстраційний експеримент;

2) процес розв'язування проблемних ситуацій;

3) вивчення нового теоретичного матеріалу;

4) розв'язання практичних задач;

5) власний варіант відповіді...

**7. На скільки важливими у навчанні фізики є уміння й навички володіння самим вчителем логічними прийомами індукції/дедукції ?**

1) полегшує процес сприйняття та засвоєння учнями навчального матеріалу;

- 2) сприяють раціональному використанню часу на уроці;
- 3) дають можливість розвивати практичні уміння й навички учнів;
- 4) власний варіант відповіді...

**8. Чи вважаєте Ви, що сформованість наукового стилю мислення більшою мірою визначається тим, наскільки учні володіють мовою фізичної науки ?**

- 1) дуже часто; 2) іноді; 3) дуже рідко; 4) власний варіант відповіді.

**9. За яким показником, на Ваш погляд, слід оцінювати рівень сформованості наукового світогляду учнів ?**

- 1) уміння навести означення фізичного явища, величини, принципу, закону;
- 2) розв'язування нестандартних завдань;
- 3) самостійне оволодіння навчальним матеріалом;
- 4) власний варіант відповіді...

**10. Удосконаленню власної педагогічної діяльності сприятиме найбільшою мірою ?**

- 1) використання готових методичних рекомендацій;
- 2) використання педагогічних ідей та окремих елементів досвіду педагогів-новаторів;
- 3) дискусії з науковцями, колегами-практиками з актуальних педагогічних проблем;
- 4) власний варіант відповіді...

**11. Чи займаєтеся Ви самоосвітою й самовихованням ? З чого вона складається ?  
Читаєте додаткову психолого-педагогічну, науково-методичну літературу з фізики ?  
Яким джерелам при цьому віддасте перевагу ?**

## Додаток Е.1

## Світогляд особистості та його основні характеристики



Додаток Е.2

Мислення та його основні характеристики



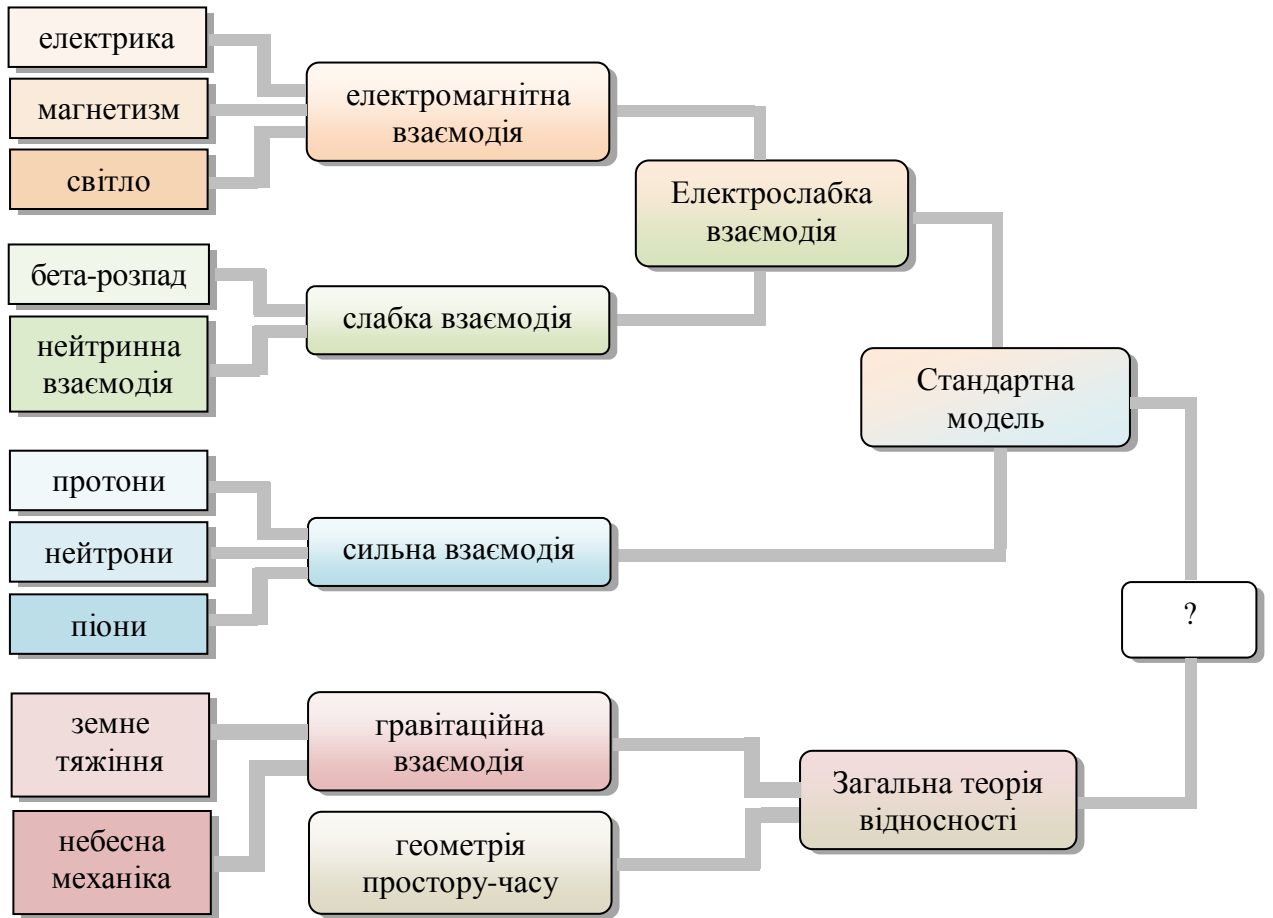
Додаток Е.3

Специфіка функціональної активності півкуль головного мозку

ЛІВА ПІВКУЛЯ	ПРАВА ПІВКУЛЯ
<b>сприймання, емоції</b>	
дискретне, аналітично-розсудливе; центр позитивний емоцій	цілісне, емоційно-чутливе; центр негативних емоцій
<b>пам'ять</b>	
довільна (на слова, цифри, формули)	примусова (зорово-наочна, образно-емоційна)
<b>мова</b>	
смісловий бік мови (читання й рахунок)	інтонаційний бік мови (міміка, жестикуляція)
<b>мислення</b>	
раціональне, абстрактно-логічне, формальне	емоційне, наочно-образне
<b>переробка інформації</b>	
повільна в поняттях, словесно-знакова, логічно-послідовна	швидка в образах, миттєвий чутливий аналіз складних сигналів
<b>діяльність</b>	
орієнтування в часі	орієнтування у просторі

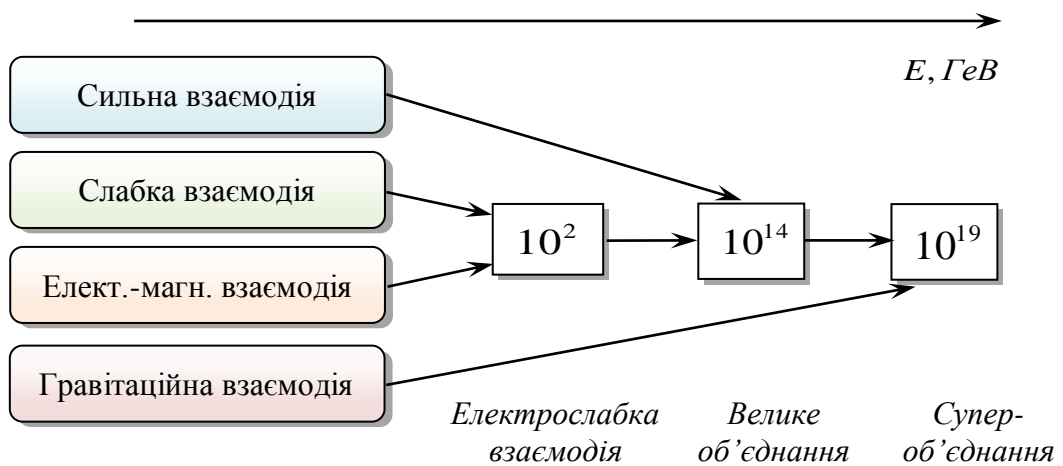
Додаток Ж.1

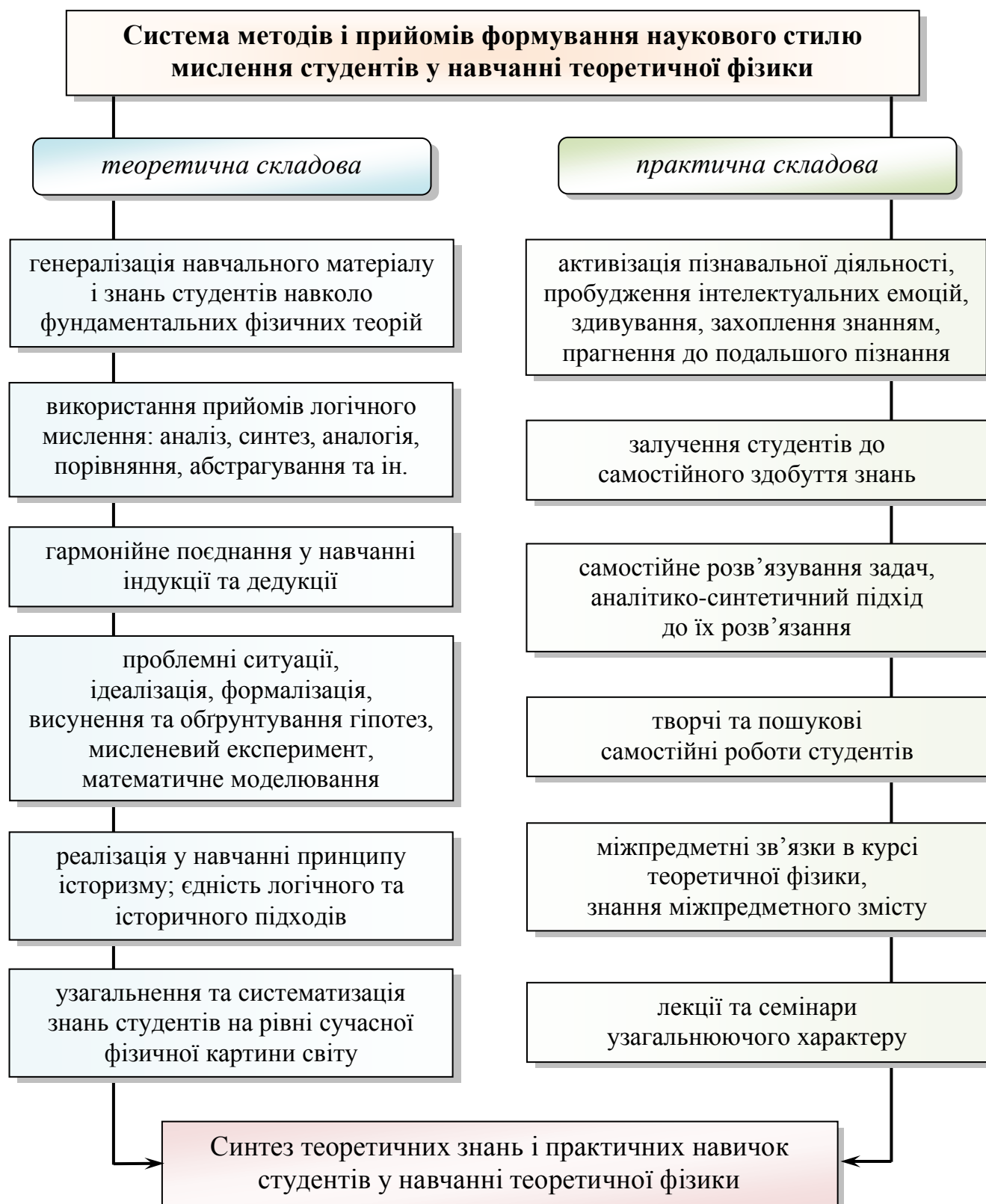
Схема Великого об'єднання



Додаток Ж.2

“Енергетична” схема об'єднання фундаментальних фізичних взаємодій





## Додаток К

*Розрахунок результатів впровадження методичної системи навчання  
теоретичної фізики майбутніх учителів фізики за допомогою  
критерію  $\chi^2$  Пірсона та Вілкоксона-Мана-Уїтні*

№ з/п	Прізвище студента	Оцінка за комплексну контрольну роботу
<b>Контрольна група</b>		
1.	Адонін В.Г.	75/добре
2.	Алфьоров Р.І.	80/добре
3.	Арсеменко К.А.	60/задовільно
4.	Афоніна А.В.	75/добре
5.	Баранова О.С.	90/відмінно
6.	Башакіна О.В.	55/задовільно
7.	Борисенко А.В.	70/добре
...		
201.	Ястремська Я.О.	80/добре
<b>Експериментальна група</b>		
1.	Акіменко П.Ю.	70/добре
2.	Алексєєв Ю.В.	55/задовільно
3.	Артюх О.Д.	65/добре
4.	Ахбаш О.В.	90/відмінно
5.	Бабенко В.П.	85/добре
6.	Биков О.В.	75/добре
7.	Воробйова О.С.	70/добре
...		
214.	Яремчук С.О.	90/відмінно

### Критерій $\chi^2$ Пірсона

За результатами виконання студентами контрольних та експериментальних груп комплексної контрольної роботи з курсу “Термодинаміка і статистична фізика” передбачалася перевірка гіпотези про відсутність відмінностей якості освітніх результатів у випадку викладання навчального курсу за різними методиками [114]. Результати виконання ККР студентами обох вибірок представимо у вигляді таблиці 2×4:

Групи	Категорія 1 “незадовільно” (0 – 49 балів)	Категорія 2 “задовільно” (50 – 64)	Категорія 3 “добре” (65 – 89)	Категорія 4 “відмінно” (90 – 100)	$\Sigma$
Контрольні	$O_{11} = 16$	$O_{12} = 91$	$O_{13} = 72$	$O_{14} = 22$	201
Експериментальні	$O_{21} = 10$	$O_{22} = 71$	$O_{23} = 92$	$O_{24} = 41$	214
$\Sigma$	26	162	164	63	415



Умови застосування зазначеного критерію: обидві вибірки випадкові, незалежні, незалежними є члени кожної вибірки. Позначимо  $p_{1i}$  ( $i = 1, 2, 3, 4$ ) – імовірність виконання контрольної роботи студентами 1 вибірки (контрольні групи) на оцінку  $i$ ;  $p_{2i}$  – імовірність виконання роботи студентами 2 вибірки (експериментальні групи) на оцінку  $i$ . Тоді на основі даних таблиці можна перевірити нульову гіпотезу  $H_0$  про рівність ймовірностей попадання об'єктів першої і другої вибірки в кожну з  $i$  категорій, тобто:  $p_{1i} = p_{2i}$  для всіх  $C = 4$  категорій ( $p_{11} = p_{21}; p_{12} = p_{22}; p_{13} = p_{23}; p_{14} = p_{24}$ ), за альтернативною  $H_1: p_{1i} \neq p_{2i}$  хоча б для однієї з  $C = 4$  категорій.

Оскільки абсолютні частоти результатів виконання студентами контрольної роботи більше 10, для перевірки нульової гіпотези на основі даних таблиці  $2 \times 4$  розраховуємо значення статистики критерію  $\chi_{емп}^2$ :

$$\chi_{емп}^2 = \frac{1}{n_1 \cdot n_2} \sum_{i=1}^C \frac{(n_1 O_{2i} - n_2 O_{1i})^2}{O_{1i} + O_{2i}},$$

де  $n_1, n_2$  – об'єми вибірок.

$$\chi_{емп}^2 = \frac{1}{201 \cdot 214} \left[ \frac{(201 \cdot 10 - 214 \cdot 16)^2}{16 + 10} + \frac{(201 \cdot 71 - 214 \cdot 91)^2}{91 + 71} + \frac{(201 \cdot 92 - 214 \cdot 72)^2}{72 + 92} \oplus \right]$$

$$\left[ \oplus \frac{(201 \cdot 41 - 214 \cdot 22)^2}{22 + 41} \right] = 11,63.$$

За таблицею критичних значень статистики Пірсона для  $\alpha = 0,05$  і числа ступенів вільності  $\nu = C - 1 = 4 - 1 = 3$  знаходимо  $\chi_{табл}^2 = 7,815$ . Звідси маємо нерівність  $\chi_{емп}^2 > \chi_{табл}^2$  ( $11,63 > 7,815$ ), тобто у відповідності з правилом прийняття рішення отримані результати дають право відхилити нульову гіпотезу та прийняти у якості вірної альтернативну. Іншими словами, отримані результати виконання студентами контрольних та експериментальних груп комплексної контрольної роботи з дисципліни “Термодинаміка і статистична фізика” свідчать про те, що якість освітніх результатів студентів експериментальних груп вища, а, отже, нова методика викладання навчального курсу є ефективною й результативною.

### Критерій Вілкоксона-Мана-Уїтні

Усі результати виконання контрольної роботи студентами обох вибірок об'єднуємо в одну групу ( $N = 415$ ), записуємо в ряд за зростанням значень і проводимо ранжування. Перевіряємо гіпотезу  $H_0: P(X < Y) = 1/2$  за альтернативної  $H_1: P(X < Y) \neq 1/2$ . Гіпотеза  $H_0$  передбачає, що оцінки студентів першої вибірки (змінна  $X$ ) з однаковою ймовірністю (що дорівнює 0,5) статистично більші чи менші оцінок студентів другої вибірки, тобто оцінки студентів першої вибірки в середньому (статистично) не більше і не менше оцінок студентів другої вибірки.

На основі даних складеної таблиці розраховуємо значення статистики критерію, попередньо визначив суму рангів вибірки меншого об'єму  $\left[ S = \sum_{j=1}^{201} R(x_j) \right] = 36814$ .

Мінімальне із значень  $n_1 = 201$  та  $n_2 = 214$  позначаємо як  $n = 201$ , звідки за корекційною формулою знаходимо:

$$T = S - \frac{n(n+1)}{2} = 36814 - \frac{201 \cdot 202}{2} = 16513.$$

Критичне значення статистики критерію знаходимо за формулою, що враховує корекцію на приписування однакових рангів співпадаючим значенням змінних  $X$  та  $Y$  для рівня значущості  $\alpha = 0,05$  (квантіль нормального розподілу у цьому випадку

$x_{\alpha/2} = 1,96$ ):  $W_{\alpha/2} = \frac{n_1 \cdot n_2}{2} + x_{\alpha/2} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12} - \sum K}$ , де сума  $K$  для всіх ланцюгів співпадаючих значень обох вибірок – 10178.

$$W_{\alpha/2} = \frac{201 \cdot 214}{2} + 1,96 \sqrt{\frac{201 \cdot 214 \cdot 416}{12} - 10178} \approx 23892.$$

Таким чином, маємо нерівність:  $T_{em} < W_{\alpha/2}$  ( $16513 < 23892$ ). Згідно правила прийняття рішень, нульова гіпотеза  $H_0$  відхиляється на рівні значущості  $\alpha = 0,05$  і приймається альтернативна  $H_1$ . Іншими словами, прийняття цієї гіпотези дозволяє зробити висновок про відмінність законів розподілу змінних  $X$  та  $Y$  або про відмінність освітніх результатів виконання студентами контрольних та експериментальних груп комплексної контрольної роботи з курсу “Термодинаміка і статистична фізика”.

## АНКЕТА ЕКСПЕРТА

Шановний експерте!

Просимо відповісти на ряд питань анкети, мета якої – з'ясувати Вашу позицію щодо ефективності методичної системи навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики. Ці дані будуть корисними для подальшого удосконалення системи фахової підготовки студентів. Заздалегідь дякуємо за допомогу!

1. Назва установи \_\_\_\_\_
2. Прізвище, ім'я, по-батькові \_\_\_\_\_
3. Посада \_\_\_\_\_
4. Вчене звання, ступінь \_\_\_\_\_
5. Науково-педагогічний стаж \_\_\_\_\_
6. Дата і місце проведення експертизи \_\_\_\_\_

1. Оцініть відносну значущість кожної з вимог до методичної системи навчання курсу теоретичної фізики в педагогічному університеті, в основу якої покладено принцип єдності фундаментальної та фахової спрямованості підготовки майбутніх учителів фізики (за 100 - бальною шкалою).

№ з/п	Вимога	Оцінка відносної значущості (в балах від 0 до 100)
1.	Дидактична відповідність.	
2.	Інформаційно-змістова відповідність.	
3.	Методично-експериментальне забезпечення.	
4.	Інноваційність технології.	

2. Підкресліть необхідні числові значення у шкалі оцінок джерел аргументації виставлених балів виконання вимог до методичної системи.

№ з/п	Джерело аргументації	Ступінь впливу джерела		
		В (висока)	С (середня)	Н (низька)
1.	Проведений теоретичний аналіз.	0,8	0,5	0,2
2.	Практичний досвід.	1,0	0,6	0,2
3.	Інтуїція.	0,05	0,05	0,05

3. Укажіть ступінь володіння проблемою дослідження за шкалою від 0 до 1.

**4. Чи вважаєте Ви ефективною розроблену методичну систему навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики ?**

- а) так;
- б) частково так;

- в) ні;
- г) важко оцінити.

**5. Чи сприяє розроблена методична система досягненню стратегічної освітньої мети навчального курсу: всебічний розвиток особистості майбутнього вчителя фізики засобами навчальної дисципліни та набуття ним фахової компетентності ?**

- а) так;
- б) частково так;
- в) ні;
- г) важко оцінити.

**6. Чи сприяє розроблена методична система інтеграції фундаментальності та фахової спрямованості навчання теоретичної фізики ?**

- а) так;
- б) частково так;
- в) ні;
- г) важко оцінити.

**7. Чи сприяє розроблена методична система формуванню наукового світогляду і відповідного стилю мислення студентів ?**

- а) так;
- б) частково так;
- в) ні;
- г) важко оцінити.

**8. Чи є розроблена методична система навчання теоретичної фізики ефективною у формуванні цілісних, системних, методологічно важливих знань студентів з основ фундаментальних фізичних теорій ?**

- а) так;
- б) частково так;
- в) ні;
- г) важко оцінити.

**9. Які переваги пропонованої методичної системи, на Вашу думку, є найвагомішими ?**

- а) формування у студентів цілісної системи спеціальних/предметних знань;
- б) підвищення мотивації студентів до навчання й самоосвіти;
- в) формування основ фахової компетентності;
- в) зміщення акцентів у бік інтелектуального розвитку студентів;
- г) полегшує розуміння сутності фізичних явищ і процесів; основних наукових фактів, понять, принципів, законів і теорій;
- в) підвищення пізнавального інтересу студентів до виконання дослідницьких проектів;
- д) інші переваги (вказіть які).

**10. Які труднощі виникли у Вас під час роботи за новою методикою ?**

**11. Ваші побажання і пропозиції щодо покращення системи навчання навчальної дисципліни “Теоретична фізика” в педагогічному університеті.**

## Додаток Л.2

Результати експертного оцінювання відносної значущості вимог до методичної системи навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики

Вимога ( $C_j$ ) Експерт ( $M_i$ )	I	II	III	IV	коефіцієнт аргументації ( $K_{арг}$ )	ступінь ознайомлення з проблемою ( $K_{оз}$ )	$\rho_i$	$\rho_i - \bar{\rho}$	$(\rho_i - \bar{\rho})^2$
1	85	85	90	80	1В	0,9	9,74	2,09	4,37
2	80	85	80	80	2В	1,0	5,32	-2,33	5,43
3	90	80	85	85	2В	1,0	7,15	-0,5	0,25
4	90	85	80	80	1В	0,9	6,42	-1,23	1,51
5	85	80	85	85	2В	1,0	5,87	-1,78	3,17
6	80	75	80	80	2В	1,0	9,77	2,12	4,49
7	90	85	80	80	2В	1,0	6,42	-1,23	1,51
8	80	75	80	75	2С	0,8	11,4	3,79	14,36
9	75	75	80	75	2В	0,9	14,1	6,48	41,99
10	80	80	85	85	1В	0,8	7,3	-0,35	0,12
11	80	85	85	85	1С	0,9	6,71	-0,94	0,88
12	85	85	80	80	2В	1,0	3,16	-4,49	20,16
13	85	85	85	90	2В	0,9	9,53	1,88	3,53
14	80	80	80	75	1С	0,9	8,51	0,86	0,74
15	80	85	80	85	2В	0,9	6,59	-1,06	1,12
16	95	85	85	80	2В	1,0	11,14	3,49	12,18
17	90	90	85	80	3	0,7	9,19	1,54	2,37
18	85	85	85	80	1С	0,7	3,41	-4,24	17,98
19	85	85	70	75	1С	0,8	13,81	6,16	37,95
20	85	85	80	80	1С	0,7	3,16	-4,49	20,16
21	80	85	85	85	1В	0,6	6,71	-0,94	0,88
22	85	90	85	80	1В	0,7	7,3	-0,35	0,12
23	90	85	85	85	1С	0,6	7,58	-0,07	0,01
24	85	85	80	80	1С	0,7	3,16	-4,49	20,16
середнє	<b>84,38</b>	<b>83,33</b>	<b>82,29</b>	<b>81,04</b>	<b>0,756</b>	<b>0,85</b>	<b>7,65</b>	-	<b>8,98</b>

Алгоритм розрахунку основних показників експертного оцінювання [435, с.78]:

1). Визначення абсолютної похибки оцінок  $i$ -го експерта встановленим вимогам:  $\rho_i = \sum_{j=1}^n \sqrt{(C_{ij} - \bar{M}_j)^2} = \sqrt{(C_{1j} - \bar{M}_1)^2 + (C_{2j} - \bar{M}_2)^2 + (C_{3j} - \bar{M}_3)^2 + (C_{4j} - \bar{M}_4)^2}$ , де  $n$  – кількість вимог ( $n = 4$ ). Зокрема, для першого експерта маємо:

$$\rho_1 = \sqrt{(85 - 84,38)^2 + (85 - 83,33)^2 + (90 - 82,29)^2 + (80 - 81,04)^2} = 9,74.$$

Аналогічно розраховуємо  $\rho_i$  та  $(\rho_i - \bar{\rho})^2$  для інших експертів та їх середні значення.

2). Вибіркова дисперсія індивідуальних бальних оцінок експертами  $j$ -вимоги:

$$D_j = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (C_{ij} - \bar{M}_j)^2.$$

Для першої вимоги:  $D_1 = 180,412 / 23 = 7,844$ . Аналогічно для інших вимог знаходимо:  $D_2 = 12,062$ ;  $D_3 = 21,236$ ;  $D_4 = 9,336$ .

3). Середнє квадратичне відхилення та коефіцієнт варіації думок експертів розраховують відповідно:  $\sigma_j = \sqrt{D_j}$  та  $\nu_j = \sigma_j / \overline{M_j}(\%)$ . У нашому випадку ці параметри приймають значення:

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= \sqrt{7,844} = 2,8; & \nu_1 &= 2,8 / 84,38 = 3,32\%; \\ \sigma_2 &= \sqrt{12,062} = 3,47; & \nu_2 &= 3,47 / 83,33 = 4,16\%; \\ \sigma_3 &= \sqrt{21,236} = 4,61; & \nu_3 &= 4,61 / 82,29 = 5,6\%; \\ \sigma_4 &= \sqrt{9,336} = 3,06; & \nu_4 &= 3,06 / 81,04 = 3,78\%.\end{aligned}$$

4). Дисперсія генеральної сукупності:  $\delta^2 = \frac{(1 - \overline{r_c})^2 + (2 - \overline{r_c})^2 + \dots + (n - \overline{r_c})^2}{k = n - 1}$ , де  $k = n - 1 = 3$ ,  $\overline{r_c} = (n + 1) / 2$  – середній ранг оцінювання експертами усіх вимог. У нашому випадку  $\overline{r_c} = 2,5$ , звідки маємо:

$$\delta^2 = \frac{(1 - 2,5)^2 + (2 - 2,5)^2 + (3 - 2,5)^2 + (4 - 2,5)^2}{3} = 1,67.$$

5). Коефіцієнт конкордації (узгодженості думок експертів):  $W = 1 - S_i^2 / \delta^2$ , де

$$S_i^2 = \frac{(\overline{\rho_i} - \overline{\rho})^2}{m - 1} = \frac{8,98}{23} = 0,39, \text{ звідки маємо: } W = 1 - \frac{0,39}{1,67} = 0,77.$$

6). Статистична значущість показника узгодженості думок експертів:

$$\chi_{emn}^2 = \frac{12 \sum_{i=1}^m d_i^2}{m \cdot n \cdot (n + 1) - \frac{1}{m - 1} \cdot \sum_{j=1}^n T_j}, \text{ де сума квадратів відхилень } d_i^2 = \sum_{i=1}^m S_i^2 - \frac{(\sum S_i)^2}{m};$$

показників  $T_j$  однакових рангів оцінок, наданих  $j$ -м експертом:  $T_j = \sum_{j=1}^{L_j} (m_{ij}^3 - m_{ij})$ ;

$L_j$  – кількість груп однакових рангів,  $m_{ij}$  – кількість об'єктів, які утворюють групу однакових рангів.

За результатами розрахунків отримали значення:  $\chi_{emn}^2 = 70,84$ . Згідно таблиці критичних точок розподілу Пірсона з урахуванням числа ступенів вільності ( $\nu = m - 1 = 23$ ) та рівня значущості  $\alpha = 0,05$  знаходимо:  $\chi_{кр}^2 = 35,17$ . Оскільки

$\chi_{emn}^2 > \chi_{кр}^2$ , припущення про коректність рівня узгодженості думок експертів є справедливим.



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**БЕРДЯНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

вул. Шмідта, 4, м. Бердянськ, Запорізька обл. 71100  
E-mail: rector@bdpu.org; www.bdpu.org

Тел. +38(06153) 3-62-44, факс +38(06153) 4-74-68  
Код ЄДРПОУ 02125220

28.12.2015 № 87-08/157

На № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

**Довідка**

про впровадження результатів дисертаційної роботи  
докторанта кафедри теорії та методики навчання фізики і астрономії  
Національного педагогічного університету імені М.П.Драгоманова  
Школи Олександра Васильовича за темою

**“Теоретико-методичні засади навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики”**  
спеціальність 13.00.02 – теорія та методика навчання (фізика)

Школа Олександр Васильович протягом 2012-2015 н.р. здійснював впровадження результатів дисертаційної роботи за темою “Теоретико-методичні засади навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики” у навчально-виховний процес Бердянського державного педагогічного університету під час вивчення курсу “Теоретична фізика” студентами напряму підготовки 6.040203 Фізика\* (спеціальність “фізика”).

У контексті наукового дослідження було апробовано авторську модель методичної системи навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики на основі органічного поєднання принципів фундаментальності та фахової спрямованості, реалізації діяльнісного, особистісно зорієнтованого і компетентнісного підходів, раціонального поєднання традиційних та інноваційних технологій навчання, спрямованих на саморозвиток і самовдосконалення майбутніх педагогів. Було впроваджено навчально-методичний комплекс з курсу теоретичної фізики (на прикладі розділу “Термодинаміка і статистична фізика”), який реалізує загальні концептуальні засади цілісної методичної системи навчання дисципліни відповідно до вимог державного галузевого стандарту вищої освіти в умовах кредитно-трансферної системи організації навчально-виховного процесу в педагогічному виші. Навчально-методичний комплекс містив модульну типову і робочу програми, навчально-методичні посібники для вивчення теоретичного матеріалу, практикум із розв’язування задач, творчі завдання до самостійної та індивідуальної роботи, засоби діагностики якості навчальних досягнень студентів.

Використання результатів дисертаційної роботи О.В.Школи дозволило підвищити ефективність формування предметної компетентності майбутніх учителів фізики засобами навчальної дисципліни як в особистісному, так і фаховому аспектах, зокрема: рівні їх мотивації, ціннісного відношення до знань та процесу їх здобуття, активності й самостійності на аудиторних заняттях, системності й міцності фундаментальних знань, адекватній самооцінці та дієвості здобутих знань. Аналіз навчальної успішності студентів засвідчив позитивну динаміку формування предметної компетентності майбутніх учителів фізики за розробленими автором критеріями, зокрема: кількість студентів експериментальних груп з високим рівнем предметної компетентності збільшилася на 7% порівняно з контрольними, достатнім – на 11%; для низького і середнього рівнів цей показник зменшився на 18%. Результати проведеного педагогічного дослідження засвідчили ефективність і результативність запропонованої автором цілісної методичної системи навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики.

Перший проректор університету,  
доктор педагогічних наук, професор

І.Т. Богданов

Завідувач кафедри фізики,  
доктор фізико-математичних наук, професор

В.В.Кідалов





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](mailto:zv@znu.edu.ua), Код ЄДРПОУ 02125243

30.12.2015 № 01-15/675  
на № \_\_\_\_\_

Довідка

про впровадження результатів дослідження Школи Олександра Васильовича  
“Теоретико-методичні засади навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики”  
спеціальність 13.00.02 – теорія та методика навчання (фізика)

Матеріали дисертаційної роботи О.В.Школи впроваджувалися в навчальний процес Запорізького національного університету протягом 2012–2015 н.р. при підготовці майбутніх учителів фізики за напрямком 6.040203 Фізика\*. На базі вищого навчального закладу було апробовано модель цілісної методичної системи навчання теоретичної фізики, що передбачала створення оптимальних дидактичних умов, за яких усвідомлення майбутнім учителем фізики фундаментальних наукових знань сприяла всебічному розвитку особистості, мала діяльнісний характер та була органічно включена в процес формування його предметної компетентності.

Підготовлений дисертантом навчально-методичний комплекс з курсу теоретичної фізики (на прикладі розділу “Термодинаміка і статистична фізика”), що містив модульну типову й робочу програми дисципліни, навчальні посібники: “Основи термодинаміки і статистичної фізики”, “Основи термодинаміки і статистичної фізики. Збірник задач”, “Основи термодинаміки і статистичної фізики: збірник тестових завдань”; педагогічний програмний засіб тестового контролю якості навчальних досягнень студентів, його експериментально-методичне та інформаційне забезпечення одержало позитивне схвалення викладачів у ході апробації. Розроблена модель сприяла підвищенню рівня фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики, що зафіксовано результатами їх навчальних досягнень як предметного, так і особистісного характеру. Так, зокрема внаслідок впровадження авторської методичної системи приріст середнього балу успішності студентів з навчальної дисципліни склав 11 %, коефіцієнта залишкових знань – 12 %, коефіцієнта мотивації і зацікавленості – 24 %, коефіцієнт міцності знань досяг значення 0,81.

За результатами використання доробку наукового дослідження О.В.Школи вдалося якісно змінити динаміку формування предметної компетентності майбутніх педагогів за основними параметрами (ціннісно-мотиваційним, когнітивним, операційно-діяльнісним, рефлексивним), що сукупно характеризують інтегровану здатність сучасного вчителя фізики якісно здійснювати свою професійну діяльність.

Довідка видана для подання до спеціалізованої вченої ради із захисту дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук за спеціальністю 13.00.02 – теорія та методика навчання (фізика).

Проректор з наукової роботи



Г.М.Васильчук





26.02.2016

№ 15

На №

від

## ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертації  
“Теоретико-методичні засади навчання теоретичної фізики майбутніх учителів  
фізики” на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук  
за спеціальністю 13.00.02 – теорія та методика навчання (фізика)  
ШКОЛИ ОЛЕКСАНДРА ВАСИЛЬОВИЧА

Матеріали дисертаційної роботи докторанта кафедри теорії та методики навчання фізики і астрономії Національного педагогічного університету імені М.П.Драгоманова Школи Олександра Васильовича впроваджувалися в навчально-виховний процес підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр” за напрямом 6.040203 Фізика\* Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка протягом 2012 – 2015 рр. Педагогічний експеримент проходив на базі фізико-математичного факультету з метою перевірки достовірності розроблених концептуальних положень та ефективності функціонування відкритої методичної системи навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики в умовах сучасного розвитку фізичної освіти.

У контексті наукового дослідження було впроваджено авторський навчально-методичний комплекс з курсу теоретичної фізики (на прикладі розділу “Термодинаміка і статистична фізика”), який реалізує загальні концептуальні засади цілісної методичної системи навчання дисципліни відповідно до вимог державного галузевого стандарту вищої освіти. Навчально-методичний комплекс містив типову і робочу програми дисципліни, навчально-методичні посібники для вивчення теоретичного матеріалу, практикум розв'язування задач, творчі завдання до самостійної та індивідуальної роботи, засоби діагностики якості навчальних досягнень студентів.

Використання результатів наукової роботи О.В.Школи позитивно вплинуло на когнітивні, діяльнісні та особистісні характеристики підготовки майбутніх учителів фізики. Так, зокрема, відповідно до розроблених автором критеріїв кількість студентів експериментальних груп з високим рівнем предметної компетентності збільшилася на 9% порівняно з контрольними, достатнім – на 12%; для низького і середнього рівнів цей показник зменшився на 21%. Результати проведеного педагогічного дослідження засвідчили ефективність запропонованої автором цілісної методичної системи навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики, що сприяє підвищенню рівня та якості їх фундаментальної підготовки, особистісному та фаховому зростанню й самоствердженню.

Вважаємо за доцільне допрацювати питання термодинаміки, розширивши поняття термодинамічних потенціалів та ввівши до розгляду приклади визначення роботи, зокрема для процесів перемагнічення речовин, зміни вільної енергії поверхні рідини тощо.

Результати впровадження матеріалів дисертаційної роботи було обговорено і схвалено на засіданні кафедри фізики (протокол №7 від 25 лютого 2016 року).

Проректор з наукової роботи,

доктор фізико-математичних наук, професор



  
І.М. Конет



Міністерство освіти і науки України

**КІРОВОГРАДСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ВИННИЧЕНКА**

вул. Шевченка, 1, м. Кіровоград, 25006, тел. (0522) 22-18-34, факс (0522) 24-85-44  
E-mail: mails@kspu.kr.ua, код ЄДРПОУ 02125415

Від 20.01.2016 № 01-н  
На № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

**ДОВІДКА**  
**про впровадження результатів докторської дисертації**  
**Школи Олександра Васильовича**  
**"Теоретико-методичні засади навчання теоретичної фізики**  
**майбутніх учителів фізики"**  
**спеціальність 13.00.02 - теорія та методика навчання (фізика)**

Теоретико-методичні та практичні результати дисертаційної роботи Школи Олександра Васильовича впроваджувалися у навчальний процес фізико-математичного факультету Кіровоградського державного педагогічного університету імені В.Винниченка протягом 2012-2015 н.р. при підготовці фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня "бакалавр" за напрямом 6.040203 Фізика\*. У контексті наукового дослідження було апробовано авторську модель методичної системи навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики на основі органічного поєднання принципів фундаментальності та фахової спрямованості, реалізації діяльнісного, особистісно зорієнтованого і компетентісного підходів, раціонального поєднання традиційних та інноваційних технологій навчання, спрямованих на самовдосконалення, самореалізацію й самоствердження особистості майбутніх педагогів.

Матеріали дисертації О.В.Школи використовувалися при підготовці навчально-методичного забезпечення дисципліни для студентів денної та заочної форм навчання (модулі: "Класична механіка і основи механіки суцільних середовищ"; "Електродинаміка"; "Квантова механіка"; "Термодинаміка і статистична фізика"). Підготовлений автором навчально-методичний комплекс з курсу теоретичної фізики, що містить модульну типову й робочу програми, навчальні посібники, педагогічний програмний засіб тестового контролю, якості навчальних досягнень студентів, отримав позитивне схвалення викладачів кафедри фізики та методики її викладання у ході апробації та підтвердив його відповідність сучасним освітнім вимогам.

Розробка і впровадження в навчально-виховний процес фізико-математичного факультету КДПУ імені В.Винниченка авторської науково обґрунтованої методичної системи навчання курсу теоретичної фізики дало змогу підвищити рівень та якість фундаментальної підготовки майбутніх учителів фізики, сприяло набуттю ними предметної компетентності, формуванню цілісних уявлень про сучасну фізичну картину світу, методологію наукового пізнання, розвитку їх інтелектуальних і творчих здібностей, професійному зростанню й самоствердженню.

Довідка видана для подання до спеціалізованої вченої ради із захисту дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук за спеціальністю 13.00.02 - теорія та методика навчання (фізика).

**Проректор з наукової роботи університету**

**С. П. Михида**





**УКРАЇНА**  
**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені І.І. МЕЧНИКОВА**

65082, Україна, м. Одеса, вул. Дворянська, 2      тел. (048) 723-52-54  
 E-mail: rector@onu.edu.ua      факс (048) 723-35-15

30.12.2015 № 06.09-01-2725

на № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

**ДОВІДКА**

**про впровадження результатів дослідження Школи Олександра Васильовича  
 “Теоретико-методичні засади навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики”  
 спеціальність 13.00.02 – теорія та методика навчання (фізика)**

Матеріали дисертаційної роботи докторанта кафедри теорії та методики навчання фізики і астрономії Національного педагогічного університету імені М.П.Драгоманова Школи Олександра Васильовича впроваджувалися в навчальний процес Одеського національного університету імені І.І.Мечникова протягом 2012–2015 н.р. при підготовці фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр” за напрямом 6.040203 Фізика (галузь знань: 0402 – фізико-математичні науки). Педагогічний експеримент проходив на базі кафедри теоретичної фізики фізичного факультету ОНУ з метою перевірки достовірності концептуальних положень та ефективності функціонування розробленої науково обґрунтованої методичної системи навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики в умовах сучасного розвитку фізичної освіти. Пропонована методична система передбачала реалізацію головного освітнього завдання навчальної дисципліни “Теоретична фізика”: засвоєння студентом фундаментальних наукових знань (інваріантного ядра сучасної фізичної науки) повинно сприяти розвитку особистості, має носити діяльнісний характер та бути органічно включено в процес формування його предметної компетентності.

Розроблений дисертантом навчально-методичний комплекс з курсу теоретичної фізики (на прикладі розділу “Термодинаміка і статистична фізика”), що містив модульну типову й робочу програми дисципліни, навчальні посібники: “Основи термодинаміки і статистичної фізики”, “Основи термодинаміки і статистичної фізики. Збірник задач”, “Основи термодинаміки і статистичної фізики: збірник тестових завдань”; педагогічний програмний засіб тестового контролю якості навчальних досягнень студентів використовувався у підготовці навчально-методичного забезпечення дисципліни для студентів-фізиків денної форми навчання та отримав позитивне схвалення викладачів кафедри теоретичної фізики в ході апробації. Розроблена докторантом модель методичної системи навчання теоретичної фізики сприяла підвищенню рівня фундаментальної підготовки студентів, що зафіксовано результатами їх навчальних досягнень як предметного, так і особистісного характеру, зокрема: приріст середнього балу успішності студентів кафедри теоретичної фізики фізичного факультету ОНУ склав 14 %, коефіцієнта залишкових знань – 11 %, коефіцієнта мотивації і зацікавленості – 21 %, коефіцієнт міцності знань досяг значення 0,81.

Довідка видана для подання до спеціалізованої вченої ради із захисту дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук за спеціальністю 13.00.02 – теорія та методика навчання (фізика).

Проректор з наукової роботи  
 ОНУ ім. І.І.Мечникова



В.О.Іваниця



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛТАВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ В.Г.КОРОЛЕНКА**

вул. Остроградського, 2, м. Полтава, 36003  
телефон 56-23-13 факс 2-58-67  
E-mail: [allmail@pnpu.edu.ua](mailto:allmail@pnpu.edu.ua)  
код ЗКПО 31035253

*25.12.2015 № 5011/01-55/05*

**Д О В І Д К А**  
**про впровадження результатів докторської дисертації**  
**Школи Олександра Васильовича**  
**“Теоретико-методичні засади навчання теоретичної фізики майбутніх учителів**  
**фізики”** зі спеціальності 13.00.02 – теорія та методика навчання (фізика)

Школа Олександр Васильович у 2012-2015 н. р. здійснював упровадження результатів дисертаційної роботи за темою “Теоретико-методичні засади навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики” у навчально-виховний процес фізико-математичного факультету Полтавського національного педагогічного університету імені В. Г. Короленка.

Основні положення педагогічного дослідження використовувалися у процесі фахової підготовки майбутніх учителів фізики за напрямом 6.040203 Фізика\*. Зокрема, практичне застосування мали: модель цілісної методичної системи навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики, спрямованої на всебічний розвиток особистості та набуття ними предметної компетентності, а також комплекс дидактичних матеріалів, що містив методичне та інформаційне забезпечення викладання дисципліни (модульна типова й робоча програми, навчально-методичні посібники для вивчення теоретичного матеріалу, практикум із розв’язування задач, творчі завдання до самостійної та індивідуальної роботи, засоби діагностики якості навчальних досягнень студентів). Упровадження розробленої методичної системи навчання теоретичної фізики засвідчило позитивну динаміку формування предметної компетентності майбутніх учителів фізики за всіма основними показниками (ціннісно-мотиваційним, когнітивним, операційно-діяльним, рефлексивним), а також підтвердило стійкість отриманих результатів протягом кількох років. Доведено, що реалізація запропонованих дисертантом теоретико-методичних засад навчання теоретичної фізики майбутніх учителів фізики сприяє підвищенню рівня та якості їх фундаментальної підготовки, особистісному зростанню, самовдосконаленню й самоствердженню.

Довідка видана для подання до спеціалізованої вченої ради із захисту дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук за спеціальністю 13.00.02 – теорія та методика навчання (фізика).

Проректор із наукової роботи



Кравченко Л. М.